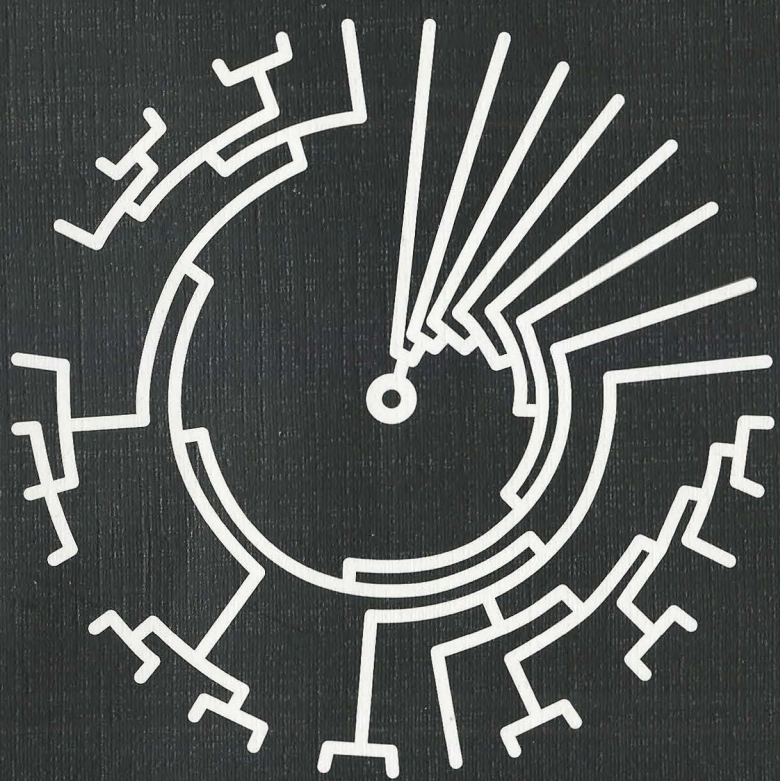
EVRENİN KARANLIĞINDA EVRİMİN IŞIĞI

GİNKO BİLİM

EVRENİN KARANLIĞINDA
EVRİMİN IŞIĞI

HAZIRLAYAN: ÇAĞRI MERT BAKIRCI



GİNKO BİLİM

Hasan'a sevgilerimle...



Evrimin ışığında aydınlanan,
modern bilime heyecan duyan herkese...

Bu kitabın ilk basımı Nisan 2017'de Muaf Kitap, ikinci basımı Eylül 2017'de
Kor Kitap tarafından yayımlanmıştır.

GİNKO BİLİM - 11

EVRENİN KARANLIĞI EVRİMİN IŞIĞI
MODERN BİLİMİN BÜTÜNLEŞTİRİCİ HARCI EVRİME DİSİPLİNLER ARASI BİR BAKIŞ

HAZIRLAYAN • **ÇAĞRI MERT BAKIRCI**

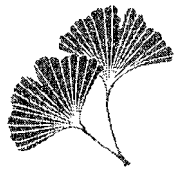
KAPAK ve İÇ TASARIM • **DEVRİM KOÇLAN**

ISBN 978-605-81111-1-0
Birinci Basım KASIM 2018

© Ginko Kitap Ltd. Şti. 2018

Baskı: Ezgi Matbaacılık Tekstil Pors. İnş. San. Tic. Ltd. Şti.
Sanayi Cd. Altay Sk. No. 14 Yenibosna / İstanbul • Sertifika No. 12142
T: 0212 452 23 02 • www.ezgimatbaa.net

Ginko: Osmanağa Mah. Ali Suavi Sk. No: 10 D. 3 Kadıköy / İstanbul • Sertifika No: 35054
T: 0216 449 20 99 • F: 0216 449 21 00
www.ginkokitap.com • posta@ginkokitap.com



EVRENİN KARANLIĞINDA EVRİMİN IŞIĞI

- MODERN BİLİMİN BÜTÜNLEŞTİRİCİ HARCI EVRİME DİSİPLİNLER ARASI BİR BAKIŞ -

HAZIRLAYAN

ÇAĞRI MERT BAKIRCI

YAZARLAR

M. ÇİSEL KEMAHLI AYTEKİN

ÇAĞRI MERT BAKIRCI

METİN BERBEROĞLU

MEHMET ALİ DÖKE

GÜLŞAH GÜLER

FREDDY CAN IGIEBOR

GÜRHAN ÖZTÜRK

VOLKAN SARIGÜL

MEHMET ARİF SÖKMEN

GİNKO BİLİM

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ 7

YAZARLAR 19

BÖLÜM I - EVRİMSEL BİYOLOJİ

Modern Bilimi Değiştiren Saha 23

Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM II / MATEMATİKSEL EVRİM / VE POPÜLASYON GENETİĞİ

Evrimin Teorisi ve Matematiği 73

Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM III / JEOLOJİ VE PALEONTOLOJİ

Yaşamın ve Biyolojinin Başlangıç Noktası! 117

Volkan Sarıgül

BÖLÜM IV / EKOLOJİ

Çevreden Bağımsız Bir Evrim Düşünülemez! 151

M. Çisel Kemahlı Aytekin - Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM V / BOTANİK

Ufak Bir Tohumun İçindeki Evren... 199

Freddy Can Igiebor

BÖLÜM VI / ETOLOJİ

Hayvan Davranışları Penceresinden Evrimi Anlamak 243

Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM VII / ENTOMOLOJİ

Böceklerin Bilinmeyen Dünyası 295

Gürhan Öztürk - Çağrı Mert Bakırcı - Mehmet Ali Döke

BÖLÜM VIII / ANTROPOLOJİ

İnsanı Anlamak... 347

Gülşah Güler - Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM IX / ARKEOLOJİ

Kuyruksuz Maymunların Kültürel Yolculuğu 411

Mehmet Arif Sökmen - Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM X / EVRİMSEL TIP

Vücudumuzda Damga Gibi Taşıdığımız Evrimin İzleri... 459

Metin Berberoğlu - Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM XI / EVRİMSEL MÜHENDİSLİK

Biyolojinin Sınırları Ötesine Taşan Evrim... 515

Çağrı Mert Bakırcı

BÖLÜM XII / İNSAN ZEKÂSININ EVRİMİ

Tek Örnek Üzerinden Tüm Kitabı Toparlamak... 569

Çağrı Mert Bakırcı

SONSÖZ 613

ÖNSÖZ

Evrim, insanlık tarihi boyunca türümüz tarafından keşfedilmiş en nefes kesici doğa yasalarından biridir. Evrim, sadece *"Biz kimiz?"* sorusuna nihai bir yanıt vermeyi başararak başka hiçbir teorinin yapamadığı kadar güçlü bir açıklamayı net bir şekilde ortaya koymakla kalmamış; aynı zamanda yeryüzündeki bütün canlılığın ortak bir köken ilişkisine dayandığı gerçeğini göstererek insanlığın sanıldığı gibi diğer canlılardan "ayrı" veya "üstün" bir yere sahip olmadığını anlamamızı mümkün kılmıştır. Dahası, felsefenin sınırlarında kalacağı varsayılan "varlık problemini" nihai olarak bilimin sınırlarına çekmiş ve en azından biyolojik sınırlar çerçevesinde nereden geldiğimiz sorusuna nihai bir cevap bulmamızı sağlamıştır. Dolayısıyla türümüzün ve canlılığın bütün çeşitliliğinin kökenini merak eden bir kişinin, evrimsel biyolojiyi incelemesi bir zorunluluktur.

Ne yazık ki evrimin bilimsel düşünüşte yarattığı devrimsel fırtına, bilimsel gelişmeler ile halk arasındaki köprünün daha da yıkılmasına, halkın modern bilimsel gelişmelerden yoksun bir şekilde yaşantısını sürdürmesine neden olmuştur. Bunun en net göstergelerinden biri, evrimsel biyoloji karşısında argüman açısından son derece zayıf, yüksek perdeden konuşma bakımındansa aşırı cüretkar bir aydınlanma ve ilerleme karşıtı direnişin varlığıdır. Halk arasında birçok insan halen akademik bir arka plandan tamamen yoksun bir şekilde evrim "yasa" mıdır "teori" midir, kanıtı var mıdır, ara türleri gösteren fosiller bulunmuş mudur, şu veya bu fosil sahte midir gibi konuları tartışmayı sürdürmektedir. Buna karşılık bilim camiasının pratik olarak tamamı evrimin bir doğa yasası olduğunu kabul etmekte, Evrim Teorisi'nin de bu yasayı açıklayan en güçlü bilimsel kuram olduğu konusunda anlaşmaktadır. Halk ile bilim camiası arasındaki bu uçurumu kapatabilecek en güçlü modern araç "popüler bilim" olarak bilinen sahadır. İşte bu kitabın amacı, aşırı hızlı bilimsel gelişmeler karşısında bilimsel anlayış ve kavrayış konusunda okurlarımıza katkı sağlamak; onlara modern evrimsel biyolojinin bulunduğu noktayı son derece kısa ve özlü bir şekilde de olsa aktarmaktır. Böylelikle okurlarımızın tekrardan modern bilimle bağlantı kurabilmesi yolunda önemli bir köprü olabilmeyi hedeflemekteyiz.

Evrimsel biyoloji adıyla andığımız bilim sahası, Evrim Teorisi isimli teoriyi geliştirmek, dallandırmak, budaklandırmak, diğer bilim dallarıyla işbirliği içinde geliştirmek için birlikte çalışmalar yürüten bilim insanlarını barındıran, karşılıklı ilişki içindeki disiplinlerden oluşan (interdisipliner), çok yönlü (multidisipliner) bir araştırma sahasıdır. Günümüzde evrime ve genel olarak evrim bilimine katkı sağlayan bilim insanları, sadece biyolog olmanın artık çok ötesindedir. Evrimsel biyo-

lojiden öğrendiklerimizi yalnızca temel bilimler değil, mühendislik, ekonomi ve tıp gibi uygulamalı bilimler de kendi sahalarında kullanmakta ve kendi bulguları aracılığıyla evrimsel biyolojiye de ellerinden geldiğince katkı sunmaya çalışmaktadır. Evrimle tamamen alakasız gibi gözüken temel bilim ve uygulamalı bilim dallarının bile evrimden öğrenip, evrime katkı sağladıkları düşünülecek olursa, evrimin bilimsel temellerinin sağlamlığının ve bilimin engin okyanusu içindeki vazgeçilmez konumunun tartışılır herhangi bir tarafı bulunmamaktadır.

Bu kitabı okumaya karar veren kişinin muhtemelen hak vereceği gibi, evrimin şu anda bilimsel temelde reddedilebilir herhangi bir tarafı bulunmamaktadır. Evrim, bir doğa yasası olarak "reddedilebilir" bir unsur değildir. Evrim, bir gözlemdir. Var olanın ifadesidir. Cisimlerin birbirine doğru hareket etme meyli olarak tanımlanabilecek olan "kütleçekimi"ni reddedemezsiniz. Hastalıkların önemli bir bölümünün temelinde yattığını bildiğimiz mikrobik canlıların varlığını reddedemezsiniz. Tüm maddenin yapıtaşları olan atom altı parçacıkların varlığını reddedemezsiniz. Çünkü bunların hepsi, tıpkı evrim gibi birer *doğa yasası*dır, birer *olgudur*. Bu durumda akla gelen soru işareti, bilimsel bir argümanın "çürütülebilir ve test edilebilir" olması koşuludur. Bu konuda en sık düşülen hata, doğaya yönelik gözlemlerimiz sonucunda keşfettiğimiz ve evrenimizin dokusundan ötürü bu şekilde var olan doğa yasaları ile onları açıklamak amacıyla geliştirdiğimiz hipotezler ve teorileri birbirine karıştırmaktır. Çürütülebilir ve yanlışlanabilir olan şey hipotezler ve teorilerdir. Kendisini bizlerin gözlemlerinden tamamen bağımsız olarak sürdüren, evrenin kendi dokusundan ötürü var olan olay ve olgular çürütülebilir veya test edilebilir olmak zorunda değildir. Doğa yasaları deney ve gözlemlerle fark edilebilir unsurlardır. Bu özellikleri bakımından evrende süregelen olay ve olguların *"ne"* olduklarına dair bir ifadeden ibaret oldukları söylenebilir. Bunun ötesinde bize pek bir bilgi veremezler; sadece durumun bir izahı olarak anlaşılmalıdırlar.

Öte yandan, doğa yasalarını açıklayan bilimsel açıklamalar bütünlerine ise *teori* demekteyiz. Örneğin kütleçekimini açıklayan teoriler arasında Newton'un Yerçekim Teorisi, Einstein'ın Görelilik Teorisi ve birçok bilim insanının ortak çabalarıyla geliştirilen Kuantum Alan Teorisi bulunmaktadır. Mikrobik canlıların hastalıkların nedeni olduğunu açıklayan teoriye Mikrop Teorisi denir. Atom altı parçacıkları çalışan saha Kuantum Teorisi'ne dayanır. Benzer şekilde, doğadaki evrim yasasını açıklayan bilimsel açıklamalar bütününe de Evrim Teorisi adı verilmektedir. Bu teoriler, belirli gözlemleri yapıp doğada kendi kendini tekrar eden ve bizim algılayışımızdan bağımsız olarak var olan doğa yasalarını tespit ettikten sonra, bunların *"neden"* ve *"nasıl"* bu şekilde tezahür ettiklerini (gerçekleştiklerini) anlamamızı sağlayan açıklamalardır. Bir teori, bir doğa yasasına (kanuna) göre çok daha kapsamlı, çok daha detaylı, çok daha öğreticidir. Zaten bu nedenle kitabımızda sıklıkla sadece "insan-maymun ilişkisi"ne veya "fosillere" indirgenen Evrim Teorisi'nin *gerçek kapsamının* ufacık bir kısmını okurlarımıza yansıtmaya çalışacağız. Zira doğada gördüğümüz

evrim yasasını izah eden Evrim Teorisi, kalıplaşmış olarak sürdürülen "evrim tartışmaları"ndan çok ama çok daha fazlasıdır.

Bu noktada kitabımızın okurları fark etmelidirler ki, doğa yasalarını açıklayan ve detaylandıran teorileri *teknik olarak* reddetmek mümkündür. Çünkü bilimsel bir teori, doğası gereği test edilebilir ve çürütülebilirdir. Gerçekten de, az önce sözünü ettiğimiz teorilerin her biri deneysel yöntemlere ve testlere tabi tutulabilir ve çürütülebilir teorilerdir. Dolayısıyla elinizde ortadaki bütün verileri bir başka açıklamayla detaylandırabilen bir yaklaşım bulunuyorsa ve sizin bu yaklaşımınız bilimin temel kurallarına ve ilkelerine uyuyorsa, ana akım teoriye karşı çıkmanız ve yeni bir teori geliştirmeniz mümkün olabilir. Ancak bu tip bir başarıya, hele ki kendine bilimde çok sağlam bir yer edinmiş Evrim Teorisi gibi kuramlar söz konusu olduğunda çok nadiren erişilebilir. İmkânsız değildir; fakat herhangi bir akademik arka plana ve sistemli bir şekilde sürdürülen akademik çalışmalardan doğan ve güvenilir dergilerin hakem kontrolünden geçmiş yayınlara sahip olmaksızın bunu yapabilmek gerçekten de imkânsızdır. Evrim Teorisi'nin kapsamı bu kadar geniş ve temelleri bu kadar sağlamken; sadece giriş düzeyindeki, oldukça temel ve üzerinde iyi düşünülmemiş argümanlarla teoriyi bir bütün olarak çürütmek de bir hayalden öteye gitmeyecektir.

Bunun sebebi de son derece anlaşılır ve basittir: Teoriler; bilimin, zamanın ve bilim insanlarının zorlu ve nesnel sınavlarına durmaksızın tutulmakta olan bilgi bütünleridir. Bir teoriyi kökünden söküp atan ve ortadaki tüm verileri, halihazırda var olan güçlü teorilerden çok daha iyi ve kapsamlı bir şekilde açıklayan bir teori geliştirmek aşırı zor bir iştir. Hele ki iddialarda bulunduğunuz alanda akademik bir arka planınız yoksa, bu alanda bugüne kadar diğer bilim insanlarının denetiminden geçmiş hiçbir akademik makale yayınlamadıysanız, size sunulan akademik verileri şahsi kanaatlerinize dayanarak reddediyorsanız, bu tip teoriler geliştirmeniz *pratik olarak olanaksızdır*. Akademik bir arka plana sahip olmaksızın, söz konusu teorik alanlarda oluşturulmuş akıl almaz genişlikteki akademik literatürü bilmek, bu literatüre hâkim olmak, bir de bu literatürün içeriklerini isabetli bir şekilde yorumlamak hiç de olası değildir.

Bu, bilim ile halk arasındaki uçurumun en üzücü sonuçlarından biridir ve kulağa her ne kadar "elitist" bir yaklaşım gibi gelse de, öyle olmadığı anlaşılmalıdır. Bilim, gerçekten de çok zor bir şekilde üretilen, çok yoğun uğraşlar sonucunda anlaşılabilen, tek bir canlının tek bir organının tek bir hücresindeki tek bir kimyasal maddenin nitelik ve niceliklerini anlamak için bile on yılların harcanabildiği müthiş zorlu bir süreçtir. Ayrıca bilimin bu karmaşıklığını anlamak konusundaki güçlük, elitist bir yaklaşım olarak düşünülmemelidir; zira aynı zorluk bilim insanları için de aynen geçerlidir. Zaten bu sebeple birçok bilim insanı sadece tek ve son derece kısıtlı bir alanda uzmandır. Diğer konularla ilgili genel bilgileri elbette bulunabilir; fakat bu alanlarda uzmanlık iddiasında bulunamaz. Ne yazık ki halk arasındaki bazı kişi, kurum ve kuruluşlar, bu tip bir akademik arka plana sahip olmaksızın, tek bir alanda değil, her alanda uzmanlık iddiasında

bulunmaktadır. Bu kitabın yazılma amacı, birazcık da bu konuya değinmek ve "Evrim Teorisi" deyip geçtiğimiz sahanın ne kadar çok yönlü olabileceğini okurlarımıza gösterebilmektir.

Ne yazık ki bir bilim dalıyla ilgili asılsız iddiaların, bilim ve aydınlanma karşıtlarınca dillendirilmesi ve hatalı bilgilerin halk arasına yayılması yeni fark edilmiş bir konu değildir. Psikolojide "Dunning-Kruger Etkisi" diye bilinen olgunun da ortaya koyduğu gibi, bir konu hakkında en cahil olanlar, aynı zamanda o konu hakkında kendilerine en fazla güvenen insanlardır. Bir diğer deyişle halk arasında "cahil cesareti" olarak bilinen davranış kalıbı gerçekten de psikolojik bir olgudur. Buna karşılık, bir konu hakkındaki temel bilgileriniz güçlenip, derinleşip çeşitlendikçe, ilginç bir şekilde kendinize duyduğunuz güven azalır ve daha mütevazı bir hal alırsınız. Çünkü bilimin derinliklerine indikçe, daha öğrenmeniz ve bilmeniz gereken ne kadar fazla şey olduğunu görürsünüz. Bu da, herhangi bir iddiada bulunurken sözlerinizi ve tutumunuzu çok daha dikkatli bir şekilde seçmenize neden olacaktır. Nihayetinde, konu hakkında deneyimlerinizi arttırıp akademik donanıma yeterince sahip olduğunuzda, kendinize olan güveniniz de artmaya başlayacaktır. Ancak ilginçtir, bu kendinize güven düzeyiniz hiçbir zaman bir cahilin güven seviyesine ulaşamayacaktır. Yani bir cahil, konu hakkındaki gerçek bir uzmana nazaran o konuyla ilgili kendisine çok daha fazla güven duyacaktır. Konfüçyüs'ün *"Bilmediğini bilmeyenden kaçınız"* demesi bundandır.

Elbette ki çok fazla çalışarak herhangi bir bilim alanında akademik altyapınız olmasa bile bu altyapıyı inşa edebilir, nihayetinde ortalama bir insana nazaran konuya çok daha hâkim olabilirsiniz. Nihayetinde, eğer ki bu mümkün olmasaydı, bizlerin bu kitabı yazmasının, sizlerin ise bu kitabı okumasının herhangi bir anlamı olmazdı. Sorun, kişilerin kendilerini geliştirmeleri değildir. Sorun, kişilerin kendi bilgi düzeylerinin farkında olmaksızın çok çeşitli bilim sahaları ile ilgili çok büyük iddialarda bulunmalarıdır. Bu sebeple bu kitabın sizlere dikkate değer katkılar sağlayacağını umuyoruz, çünkü bilimin içerisine daha fazla giren herkes, doğa ve evren hakkında ne kadar da az bildiğini fark edecek, bilimin gerçekten de en hakiki yol gösterici olduğunu bir kez daha takdir edecektir.

Bir önceki kitabım olan *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları*'nı kaleme alırken, aklımda tek bir fikir vardı: *Halk arasında evrimin temellerine dair halen çok büyük bir bilgi eksikliği var, bu eksiği kapatmam şart!* Türkiye'deki popüler bilim literatürü aslında oldukça zengindir, bakmayın şikâyet ettiğime. Birçok kitabevinin, yazarın, çevirmenin, editörün özverili emekleri sayesinde halen modern bilim kitaplarının pek çoğuna çok da zorlanmaksızın erişmek mümkündür. Hele ki evrim konusunda ülkemizde dikkate değer miktarda kitap bulunduğunu söylemek gerekmektedir. Ne var ki bu kitapların hepsinin ortak noktası, evrimle ilgili daha ileri düzey tartışmalara dayanıyor olmaları, konuları düzgün bir mantık sırasıyla ele almıyor olmaları, yabancı kaynaklar tarafından yazılmış olmaları sebebiyle Hristiyanlık odaklı veya en azından Türkiye insanının algısına karşılık

gelmeyen bir perspektiften konuları inceliyor olmaları ve hatta kimi zaman, halk arasında evrimin çoktan kabul edildiği varsayımına dayanıyor olmalarıdır.

Evrim Kuramı ve Mekanizmaları, özellikle bu hatalardan kaçınma amaçlı kaleme aldığım bir kitaptı. O kitapta yıllar yılı farklı şehir, üniversite ve okullarda yaptığımız eğitimlerde ve Evrim Ağacı okurlarından gelen mesajlardan ve yorumlardan süzdüğüm temel bilgi eksikliklerini, hataları, yanlış anlaşılmaları doğrudan yok etmeyi hedefledim. Evrim Kuramı odağından pek çıkmaksızın, adeta bir ders kitabının giriş kısımlarıymışçasına evrimin temellerini okurlarıma aktarmaya çalıştım. Bunu yaparken de ülkemizde yaşayan okurların kendileriyle ilişki kurabilecekleri örnekler üzerinden konuyu anlatmaya çalıştım. Kitabın sadece 2 yılda 4 baskı yapmış olması ve bu süre zarfında aldığım yüzlerce destek mesajı okurların bu yaklaşımı takdir ettiğini ve devamını beklediğini göstermektedir diye düşünüyorum.

Ne var ki ilerlemek istiyorsak, sürekli temel noktalarda takılıp kalamayız. Durmaksızın evrimin temellerini işleyemeyiz. Okurlardan gelen taleplerin neredeyse tamamı bununla ilgiliydi: Türkiye'deki popüler bilim okuru daha üst düzey kitaplar istemekte ve beklemektedir. Bu talebin isabetliliğini daha o kitabın ilk sayfalarını yazmaya başladığımdan beri içten içe aslında biliyordum; ancak az önce izah ettiğim nedenlerle, önce temelleri sağlama almam gerekiyordu. Çünkü benim ve genel olarak Evrim Ağacı'nın kendine has bir dili, yaklaşımı, bilgi birikimi ve halk ile etkileşimi bulunuyor. Diğer kitapların temel boşlukları doldurabileceği varsayımına dayanmam mümkün değildi. O nedenle öncelikle o kitabı yayınlamam gerekiyordu.

Şimdi, daha da ileriye gitme zamanı! Evrimle ilgili tartışmalarda, eğer ki evrimi savunan taraf yeterince donanımlıysa, evrim karşıtı tarafı nihayetinde pes ettirecektir. Çünkü sadece bir taraf gerçeği savunmaktadır ve gerçeklerin er ya da geç ortaya çıkma ve kendini kabul ettirme gibi hoş bir huyu vardır. İşte bu noktada, evrimi anlamamakta ayak direyen kitlenin genellikle kullandığı argüman şudur: *"İyi de, evrimi öğrensek ne olur, öğrenmesek ne olur? Ne işimize yarayacak ki!"*

İşte elinizde tuttuğunuz bu kitap, özünde bu soruya cevaben kaleme alınmış bir kitaptır. Çünkü soru, müthiş bir bilgi eksikliğine dayanmakla kalmamaktadır; aynı zamanda modern bilimin *ne* olduğunun anlaşılamamış olduğunu çarpıcı bir şekilde göstermektedir. Dahası kimi zaman bilimseverler evrimin temellerine öylesine fazla odaklanmaktadırlar ki, evrimin pratik olarak ne işe yaradığı gibi çok temel bir diğer soruyu gözden kaçırmaktadırlar. Eğer ki Türkiye'de bilimsel bir atılım bekliyorsak, bu atılım için öncelikle temellerin atılması, sonrasında ise modern bilimin ne olduğunun tam olarak kavranması gerekmektedir. Ancak o noktadan sonra yeni, modern, ilerici fikirler kendilerine yaşam alanı bulabileceklerdir. İşte bu kitap, tam olarak bu düşünceden yola çıkarak kaleme alınmıştır.

Tıpkı evrimsel biyolojide olduğu gibi, modern bilimin kendisinde de genel olarak müthiş bir interdisipliner ve multidisipliner çalışma örgüsü görmekteyiz.

Her bilim dalı birbirinden bir şeyler öğrenmekte, birbirine bir şeyler katmakta, hatta yeri geldiğinde birbiriyle amansız ama dostane bir mücadele içerisine girmektedir. Bilim budur. Fikirler çarpışır, gerçeğe en yakın olan açıklamalar bu çarpışmanın bir ürünü olarak ortaya çıkar. Taraflar bu süreçte duygusal bir ısrarın tutsağı değildirler; akıl ve mantığın hüküm sürmesi esastır.

Bilim böylesine karmakarışık bir yapıdayken, evrimin sadece evrimsel biyoloji perspektifinden ele alınması mümkün değildir. Dahası, kitabın alt başlığının da değindiği gibi evrim, diğer doğa gerçeklerinden birazcık farklıdır. Mikropların varlığı belki tıbbın ve biyolojinin belli bir kısmını harika bir şekilde açıklamaktadır; ancak Mikrop Teorisi, bu sınırın ötesine pek de taşabilecek bir teori değildir. Öte yandan evrim ve bu doğa yasasını açıklayan Evrim Teorisi, biyoloji içindeki olduğu gibi dışındaki birçok sahada da son derece işlevsel, test edilebilir, tekrar edilebilir açıklamalar geliştirebilmemizi sağlamaktadır. Bu bakımdan evrim, modern bilimlerin bütünleştirici harcıdır. Sadece biyolojiyi değil, sayısız diğer bilimi bir araya getiren, onları bütünleştiren, bir arada tutan bir tutkal gibidir! Onun ışığı olmaksızın modern bilimde önümüzü görmemiz olanaksızdır. Kitap boyunca da bu gerçeği önünüze sermeye çalışacağız.

Tüm bu fikirler, aynı zamanda elinizdeki kitabın ana fikrini oluşturmaktadır. Evrime dair Türkçe ve İngilizce olarak yaratılan modern popüler bilim literatürünün çoğunu okumuş, henüz okuyamadıklarının da içeriğinden haberdar biri olarak, eşsiz bir kitabın sayfalarını çevirmekte olduğunuzu garanti edebilirim. Bunu övünmek ya da böbürlenmek için söylemiyorum; tüm ülkemizin ve insanlığın gelişimi için faydalı bir çalışma olduğunu düşündüğüm için, en samimi duygularımla yazıyorum. Çünkü bu tip bir eserin dünyanın başka bir ülkesinden değil de, bizim ülkemizden çıkabiliyor olması, bu ülke topraklarının bunun gibi daha çok esere gebe olduğu gerçeğini göstermektedir. Bizler karanlığı bilimle aydınlatmayı sürdürdükçe, arkamızdan gelen yeni nesiller de önlerini çok daha net görebilecek, bizlerden aldıkları bayrağı çok daha uzaklara taşımayı başaracaklardır diye umuyorum.

Söylediğim gibi, bu kitabın tarzı (konsepti) daha önce evrime dair yazılmış hiçbir modern popüler bilim kitabında denenmemiştir. Hatta herhangi bir ders kitabında da böyle bir içeriğe rastlamak mümkün değildir. Elinizde tuttuğunuz bu kitabın sayfalarını çevirdikçe, jeolojiden botaniğe, hayvan davranışları biliminden antropolojiye, arkeolojiden tıbba, entomolojiden matematiğe, mühendislikten ekolojiye kadar çok sayıda bilim dalının evrim ile ilişkisini, evrimden nasıl faydalanıp evrime nasıl katkılar sağladığını okuyacaksınız. Bu sayede bilimin karmakarışık doğasına birinci elden bir bakış atma imkânınız olmakla kalmayacak; aynı zamanda evrimi öğrenmenin ve öğretmenin nasıl vazgeçilmez bir zorunluluk olduğuna da bizzat şahitlik edeceksiniz.

Peki, evrimi neden böyle bir açıdan ele almak istedik? Neden bunca bilimi evrim etrafında bir araya getirmenin iyi bir fikir olduğunu düşünüyoruz? Bu yaklaşımı anlamak için ilk olarak şunu kavramamız gerekiyor: Eğer ki çözmek

istediğimiz soruna bir açıdan yaklaşıp bir çözüm üretebiliyorsak, doğru yolda olduğumuza dair iyi bir izlenime sahip oluruz. İkinci bir açıdan yaklaştığımızda, farklı bir çözüm yolundan giderek aynı sonuca ulaşıyorsak, artık doğru iz üzerinde olduğumuzdan 2 kat emin oluruz. Bu kadar doğrulama çoğu zaman fazlasıyla yeterlidir. Ancak eğer ki aynı soruna 15 farklı (hatta bambaşka) açıdan yaklaşıp, her seferinde farklı bir yol izleyip her seferinde bire bir aynı sonuca ulaşıyorsak ve hatta bu sonuca ulaşmamız sırasında, o sorunla ilgili daha da fazla bilgi edinebiliyorsak, artık konunun geçerliliği ile ilgili tartışılacak pek de bir şey kalmamış demektir. İşte evrim de böyledir! Evrimsel biyoloji, evrimi anlamanın ve test etmenin yollarından biridir. Evrimsel biyolojinin araçlarını kullanarak evrimsel değişimi test ediyorsak ve canlıların nasıl evrimleştiklerini anlayabiliyorsak, doğru iz üzerindeyiz demektir. Bugüne kadar yazılmış birçok kitap da işin bu boyutuna odaklanmaktadır. Fakat bir adım öteye gidip, genetik biliminin verileriyle evrimsel biyolojiden gelen bulgularımızı kıyaslayıp bu açıdan yaklaştığımızda da aynı sonuca varıyorsak, artık kendimizden emin olmaya başlayabiliriz demektir. Hele ki Paleontoloji, Jeoloji, Zooloji, Ekoloji, Tıp, Antropoloji, Arkeoloji, Entomoloji, Etoloji ve daha nice bilim dalının, tamamen kendine has araçlarını ve yöntemlerini kullanarak aynı sonuca varabiliyorsak ve evrimle ilgili baştaki çıkarımlarımızı doğrulayabiliyorsak, artık tartışılacak pek bir şey kalmamış demektir. Bu kitapta hedef aldığımız farkındalık da tam olarak budur: Evrime birçok farklı açıdan yaklaşıp her seferinde aynı örüntüleri tespit edebildiğimizi sizlere göstereceğiz.

Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı, bir önceki kitabım olan *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları*'nın doğrudan bir devamı niteliğinde değildir; o tip bir devam çalışması gelecekte yapılacaktır. Elinizde tuttuğunuz bu kitap bağımsız bir çalışmadır ve aslına bakarsanız çok daha geniş bir işbirliğinin ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Her bir bölüm, konu hakkında uzman olan yüksek lisans, doktora ve doktora sonrası öğrencileri ve/veya alanlarında uzman akademisyenler tarafından kaleme alınmıştır. Konulara dair modern tartışma ve içeriklere daha hâkim olan gençlerin bu kitaba can vermiş olması, onu özel kılan ayrı bir noktadır. Bununla birlikte, kitap boyunca kıymetli hocalarımızın araştırma verileri, sonuçları, makaleleri, kitabımızla ilgili görüşleri, düşünceleri ve önerileri yer almıştır. Bu araştırmalar ve bunların evrimsel biyoloji ile olan ilişkisi, günümüzde yükselen nesle fikren daha yakın olan genç beyinler tarafından yorumlanarak ve tartışılarak kaleme alınmıştır. Kitap içinde aralıklarla Evrim Ağacı'nda kaleme aldığımız bazı yazılara yer verilmiş olsa da, kitabın ezici çoğunluğu özgün içeriklerden ve Türkçe literatürün belki de hiçbir köşesinde bulamayacağınız bilgilerden, akademik araştırmalardan, makale yorumları ve özetlerinden yola çıkarak hazırlanmış popüler dildeki anlatımlardan oluşmaktadır.

Kitabın ortaya çıkışı şu şekilde gerçekleşti: Yazarlarımız, kendilerine ait bölümleri uzmanlıkları çerçevesinde ele aldılar ve bana bölümlerin "omurgası" diyebileceğim metinleri sundular. Ben ise, kitabın editör-yazarı olarak her bö-

lümde öyle veya böyle düzenlemeler yaptım, değişikliklere gittim, daha önceki araştırmalarımdan yola çıkarak bu bölümlere katkılar sağladım. Ayrıca kitabın bir bütün olabilmesini sağlayıcı ve aşırı akademik bir dile sahip olup da sıkıcı hale gelmesinin önüne geçici bir unsur olarak görev aldım. Sonrasında ise kitabevinin kıymetli çalışanları ile bölümler üzerinden geçerek gerekli düzenlemeleri yaptık. Bu kitapta adı geçen yazarlar ve arka planda görev alan isimler kitaba öylesine kıymetli katkılar sağladılar ki, sayfaları çevirirken bu ilginç bilgilere, türlü anlatımlara, farklı perspektiflere şahitlik ettikçe bunu sizlerin de fark edeceğinizi umuyorum.

Bu kitabın sayfalarını çevirdikçe göreceksiniz ki, bir bilim insanının "evrimsel biyolog" olması için illa biyolog olmasına gerek yoktur. Farklı konulardan uzmanlar da evrimi kendi sahalarında kullanabilmekte ve bu sebeple evrimsel biyoloji sahasında uzmanlaşabilmektedirler. Örneğin ben bu kitabın yayına hazırlandığı şu süre diliminde, aslen mühendislik arka planına sahip olmama rağmen Texas Tech Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde evrimsel biyoloji üzerinde teorik ve pratik araştırmalar yürütmekte olan bir doktora öğrencisiyim. Bunun böyle olabilmesinin tek bir nedeni bulunmaktadır: Elinizde tutmakta olduğunuz bu kitapta göreceğiniz üzere evrim, tüm bilimlerin birleştirici ve bütünleştirici harcıdır. İşte bu nedenle evrim alanında uzmanlaşan herkes altyapı ve uzmanlık sahası olarak "biyolog" olmak zorunda değildir. Biyolojinin alt dallarında araştırma yürüten herkes, eğer ki çalıştığı konuların evrimsel geçmişleri hakkında uzmanlaşıyorsa veya evrimsel prensipleri kendi sahasına uygulayarak bu birliktelikler üzerine araştırma yürütüyorsa, birer evrimsel biyolog olarak görülebilir. Örneğin bir genetik bilimci eğer ki çalıştığı genlerin evrimiyle ilgileniyorsa aynı zamanda bir evrimsel biyologdur, aynı şekilde bir zoolog (hayvan bilimci), bir botanikçi (bitki bilimci), bir mikolog (mantar bilimci), bir ekonomist, bir filozof, hatta bir mühendis de bir evrimsel biyolog olabilir. Bu bakımdan, evrimsel biyoloji sahasındaki en büyük atılımların bazılarını yapmış büyük evrimsel biyolog John Maynard Smith'in aslen bir uçak mühendisi olması aslında o kadar da şaşırtıcı değildir!

Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı çalışması boyunca şahsen müthiş deneyimler kazandığımı belirtmek isterim. Öncelikle, bu kitabın hiç de az bir çabanın ürünü olmadığını söylemem gerekiyor. Yaklaşık 4 yıla yayılan bir zaman dilimi boyunca kitabın bölümleri sayısız defa yazarlarımıza gönderildi, düzeltildi, geri geldi, tekrar gözden geçirildi, eklemeler yapıldı, tekrar gönderildi... Süreç boyunca sayısız geceler sabahlara kadar okumalar ve bölüm düzenlemeleri yapılması gerekti. Kitap detaylanıp kalınlaştıkça, bölüm ve kitap kontrolleri de daha uzun süreler almaya başladı. Bir yandan doktora tezimi bitirmeye çalışırken bir yandan da bu kitaba dair atılımları sağlamak hiç kolay bir iş değildi; ancak asla unutmayacağım, son derece kıymetli bir deneyim oldu. Kitap boyunca entomologlarla entomolog oldum, ekologlarla ekolojiyi inceleme fırsatım oldu, jeologlarla yerkürenin özellikleri üzerine tartışmam gerekti,

botanikçilerle bitkilerin evrimi üzerine kafa yordum, kendi uzmanlık alanım olan mühendislikten, evrimsel biyolojiden, hayvan davranışlarından söz ederken yepyeni akademik makalelere gömülmem, yepyeni ve son derece güncel tartışmaları sizlere aktarmam gerekti. Tüm bunlardan daha kıymetli bir deneyim olabilir mi, bilemiyorum!

Kitap boyunca göreceğiniz gibi, yazarlarımızın her biri ayrı bir perspektif sundular. Her birinin ayrı yaşanmışlıkları, ayrı bir bakış açısı, anlatacakları ayrı bir hikâyeleri vardı. Bunların hepsini bir bütünlük içinde bir araya getirmek ilk bakışta çok zorlu bir iş gibi gelebilir; ancak işimi kolaylaştıran temel bir unsur vardı: Yazarların her biri, bilimin ortak dilini konuşmaktaydı. Eğer ki bu dili konuşmayı öğrenirseniz, en uç iki bilim dalını bile bir arada ele alıp değerlendirebilmeniz mümkün olur. Bu kitabın yazımı, bu konuda bana büyük bir deneyim sağladı diyebilirim.

Çok sayıda ve farklı tarzlara sahip yazarlarla çalışmanın bir diğer sonucu, bazı konuların yer yer tekrar edildiği hissinin uyanması şeklinde oldu. Ancak kitabı geliştirdikçe fark ettim ki, aslında bu tekrarlar –ilk etapta istemeden yapıyor gibi gözüksek de– tamamıyla kasten yapmakta olduğumuz bir şeydi. Yazarlarımız bazı konuları tekrar etseler de, o konuya yaklaşımları ve o konudaki deneyimleri tamamen farklı olabildiği için konu hakkında verdikleri örnekler, değindikleri alt başlıklar da birbirinden tamamen farklı olabilmekteydi. Bu da, kitabın amaçlarına tam olarak uymaktadır. Benzer şekilde, bazı noktalarda lafı fazla dolandırdığımız hissine kapılabilirsiniz. Lütfen dikkatle okumayı sürdürün, çünkü eğer ki lafı dolandırıyor gibi gözüküyorsak, muhtemelen bir nedeni vardır. O neden, genellikle, lafı dolandırma sırasında değindiğimiz başlıkların, konunun bütününü anlamak açısından büyük öneme sahip olmasıdır. Eğer ki bütün bilim sahalarını kolayca ve dümdüz bir şekilde ele almak mümkün olsaydı belki bunu yapardık. Ancak bu pek olası değil. Bu nedenle bir konudan bahsederken diğer birçok konuya da değinmemiz gerekti ve biz de konu bütünlüğü açısından bunu yaptık.

Dahası, bazı bölümlerde göreceğiniz üzere, bölüm içindeki alt başlıklar, bölüm başlığının önerdiği konudan çok ama çok daha fazlasını içermektedir. Lütfen unutmayınız ki bu kitabın her bölümü ve o bölümde kullandığımız konu başlığı, aslında çok daha kapsamlı bir hikâyeyi anlatmak için kullandığımız araçlardır. Değindiğimiz bilim dalları, evrime ve evrimin modern bilimlerle ilişkisine bakış atabilmek için kullandığımız anahtar delikleri gibidir. Bu anahtar delikleri bize uçsuz bucaksız bir dünyayı gösteren minicik pencerelerdir. Bu penceredeki görüş alanımızı genişletmek istiyorsak, bir o yana, bir bu yana giderek daha fazla sayıda anahtar deliğinden bakmalıyız. Dolayısıyla bu kitabı okurken "lop" bilgilerin dümdüz bir şekilde anlatılacağı, örnek ardına örnek vererek sizleri verilere boğacağı beklentisine lütfen girmeyiniz. Bu kitap, evrimin ta kendisi gibi, son derece dallı budaklı bir yapıdadır. Bu kitabı okumayı o dalların bütününden oluşan "ağacı" tanıma çabanızın bir parçası olarak görmeniz, kitabı daha rahat okumanızı sağlayacaktır.

Kitap içindeki bazı bölümlerin tek bir yazarı bulunmaktadır; bazıları ise iki, hatta üç yazar tarafından kaleme alınmıştır. Bölüm içindeki anlatım dili ve genel çerçevede de yazarlara ve yazar sayısına bağlı olarak kısmen de olsa değişmektedir. Tek yazarlı bölümlere sadece editörlük katkısı yapmakla yetindim, dolayısıyla o bölümler neredeyse tamamen yazarlarımızın kendi eseridir. Bu bölümler birinci tekil şahıs olarak aktarılmaktadır. Bazı bölümlerde metin içi kaynakların dipnot olarak belirtildiğini göreceksiniz; birçoğunda ise kaynaklar ve ileri okuma kısmı bölüm sonuna bırakılmıştır. Bunlar, yazarlarımızın tercihlerine göre şekillendirilmiştir. Genel olarak kitap boyunca dipnotların ek bilgiler vermek için kullanıldığını söyleyebilirim. Böylece okurun dikkatini çok fazla dağıtmaksızın ve metni halihazırda olduğundan kalabalık hale getirmeksizin konu detaylarını anlatabilmeyi hedefledik. Öte yandan, adımın başlık altında geçtiği diğer bölümlerde editörlükten çok daha fazlasını yaparak bölüme yazar (veya yazarlar) ile eşit derecede katkı sağlamaya çalıştım. Bu bölümlerin birinci çoğul şahıs dilinden anlatıldığını göreceksiniz. Bu ortak çalışma sayesinde *Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı* isimli bu esere katkı sağlayan tüm yazarlarla ortak ve çok açılı bir hikâye anlatmayı hedefledim. Umuyorum ki başarılı olabilmişizdir.

Bu kitabın sadece evrimin tüm bilimler içindeki yerinin önemini görmek konusunda katkı sağlamakla kalmayacağını düşünüyorum. Birçok genç okurumuzun gelecekteki meslek seçimlerine de katkı sağlayacağını umuyorum. Ne yazık ki günümüzde meslek tercihleri maddi gelir çerçevesinde yapılıyor olsa da, birçok öğrenci halen ideallerinin peşinden koşarak temel bilimlerde araştırmalar yapmak için çaba sarf etmektedir. Ancak bilim dalları artık öylesine bir bütündür ki, hangi bilim dalına odaklanılacağı büyük bir soru işareti olarak kalabilmektedir. Bu kitabın bölümlerini okurken, hangi bilim dallarına odaklanabileceğinize, çeşitli bilim dallarından neler bekleyebileceğinize dair birçok fikir edinebileceğinizi umuyorum.

Kitabın pratik bilgi / teorik bilgi oranı da değişken bir özellik göstermektedir. Genel olarak ilk birkaç bölüm (özellikle Evrimsel Biyoloji, Matematiksel Evrim ve Popülasyon Genetiği, Jeoloji ve belki biraz da Ekoloji bölümlerimiz) daha teorik bir altyapı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu bölümler, yalnızca bazı ders kitaplarında bulabileceğiniz teknik detayları içermektedir. Dolayısıyla *Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı,* bir önceki kitabım olan *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* da dahil olmak üzere popüler kültür yazınının geneline kıyasla daha teknik bir doğaya sahiptir. Bu bakımdan, okurlardan gelen talebi karşılayabildiğimizi umuyorum. Ama bir yandan da baştan uyarıyorum: *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları*'nı benzerlerinden ayıran aşırı basit ve anlaması aşırı kolay olan dilini bu kitapta, özellikle de ilk birkaç bölümde bulamayabilirsiniz. Öte yandan ilerleyen bölümler (özellikle Entomoloji, Antropoloji, Arkeoloji, Tıp ve Mühendislik bölümleri) giderek artan miktarlarda pratik bilgiler vermeyi, bol bol örnekle konuları farklı açılardan ele almayı ve günlük yaşamda bile kullanabileceğiniz açıklamaları sizlere aktarmayı hedeflemektedir. Bu kademeli yapısı sayesinde kitap, teorik bir altyapıyı oluşturduktan sonra bu

teorinin içini pratik bilgilerle doldurmaktadır. Ancak her bölümün içinde, farklı oranlarda da olsa, teori ve pratik bilgiler bir arada bulunmaktadır. Hele ki Botanik ve Etoloji gibi bölümler, adeta teorik bölümler ile pratik bölümler arasında bir "ara geçiş formu" görevi görmektedir! Bu bakımdan da kitabın genel bir *evrimsel süreklilik*e sahip olduğunu söyleyebilirim.

Bu giriş kısmındaki sözlerimi tamamlamadan önce, elbette ki birçok kişiye teşekkür etmem gerekiyor; çünkü bu kitap çok uzun ve çok yorucu bir sürecin sonucunda ortaya çıkabilmiştir. İlk başta, her zaman olduğu gibi, her şeyi mümkün kılan aileme teşekkür etmek istiyorum. Benden binlerce kilometre ötede olmalarına rağmen desteklerini asla esirgemediler. Ailemin en önemli parçası olan, bu zorlu süreç boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen hayat arkadaşım Ashlee'ye teşekkürü borç biliyorum. Upuzun yıllar, aylar, haftalar ve geceler boyunca kitabı kaleme alıp, düzenleyip geliştirirken bir kez olsun dahi sitem etmedi ve her an yanımda durup bana destek oldu. Bunun ne kadar kıymetli olduğunu kelimelerle anlatmak çok güç. Bunun ötesinde, elbette ki kitabımızın yazarlarına yürekten bir teşekkür etmek istiyorum. Yıllara yayılan bu proje boyunca sabırla beklediler, kendilerinden beklenenleri zamanında yapmak için ellerinden geleni artlarına koymadılar. Böylesine farklı arka planlardan gelen insanların bilim gibi ortak bir hedef etrafında toplanmaları sayesinde son derece rahat bir şekilde işleri bitirebildik diyebilirim. Süreç içinde hiç beklenmedik bir anda, hiç umulmadık bir destek önerisiyle bana ulaşarak Evrim Ağacı'nın ve Türkiye'de bu tip bilimsel çalışmaların geleceğini garanti edecek seviyede yaptığı çok özel katkılardan ötürü sevgili Ahmet Peynircioğlu'na da apayrı ve çok özel bir teşekkürü borç bilirim. Kitabın yazılması boyunca değerli zamanını ayırarak kitabın çeşitli kısımlarını okuyan, geri bildirimlerde bulunan, fikirlerini benimle paylaşan, Evrim Ağacı'nın vazgeçilmez editörlerinden Şule Ölez'e de teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca kitabın çıkarılması süresinde desteklerini ve yönlendirmelerini esirgemeyen tüm yayınevi emekçilerine ve özellikle Günseli Bayram Akçapınar'a teşekkür ederim. Onlar gibi yorulmak bilmez emekçilerimiz olmasaydı, bu kitabı elinizde tutmanız imkânsız olurdu. Son olarak, en büyük teşekkürü bu kitabı elinde tutan sizlere ediyorum. Çünkü bir önceki kitabıma yoğun bir ilgi göstermemiş, Evrim Ağacı'nı her türlü koşulda desteklememiş, güzel mesajlarınızı ve ilginizi bir an esirgemiş olsaydınız, bu kitabı son derece zorlu doktora şartları altında yazmam belki de hiçbir zaman mümkün olmazdı.

Elinizdeki kitabı sizlere ve gelecek nesillerdeki bilim meraklılarına armağan ediyorum.

Çağrı Mert Bakırcı

Lubbock, Texas, ABD
22 Aralık 2013 - Güncelleme: 28 Mart 2017

YAZARLAR

Önsözde de belirttiğim gibi bu kitap tek bir kişinin emeği ile oluşturulmuş değil, birçok farklı alanda araştırmalar yürüten, çok sayıda bilim insanının eseri... Bu isimleri tanımaksızın kitabımızın eksik kalacağını düşünüyorum; çünkü ülkemizdeki beyinleri ve değerleri tanımamak benim açımdan oldukça üzücüdür. Esasında ülkemizde var olan potansiyeli açığa çıkarmak için elimizden geleni yapmamız gerektiğini düşünen biri olarak bu tanıtımın okur-yazar ilişkisini de güçlendireceğine inanıyorum. Öncelikle kısaca kendimi tanıtmama izin verin:

İsmim *Çağrı Mert Bakırcı,* 1990 yılında Ankara'da doğdum. 2000'li yılların başından beri bilime, özellikle biyoloji ve fiziğe ilgi duyan biri olarak 5 Kasım 2010 yılında Evrim Ağacı'nı kurdum ve o günden beridir bu ekibin başındayım. Evrim Ağacı bünyesinde 6 yıl içerisinde 500 civarında popüler bilim makalesi, 5000 civarında bilimsel metin kaleme aldım, sayısız dergide popüler bilim yazıları yayımladım, 2014 yılında *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* başlıklı ilk kitabımı Evrensel Basım Yayın aracılığıyla yayınladım. Süreç boyunca birçok farklı şehirdeki onlarca üniversite ve liseye giderek evrimsel biyoloji ve modern bilim ile ilgili sunumlar yaptım.

2013 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldum ve ODTÜ'deki lisans yaşantım boyunca ODTÜ Biyoloji Bölümü ve ODTÜ Jeoloji Bölümü'nden hayatımı ve akademik yönelimimi değiştiren birçok ders aldım. ODTÜ Biyoloji Bölümü'nde çeşitli laboratuvarlarda gönüllü araştırmacı olarak görev aldım. Carnegie Mellon Üniversitesi ve Danimarka Teknik Üniversitesi'nde kendi kendine organizasyon ve doğadan esinlenen robotik konularında staj yaptım. Tüm bunlar sayesinde biyoloji sahasındaki donanımımı elimden geldiğince arttırdım.

2013 yılından beri ABD'nin Lubbock şehrinde bulunan Texas Tech Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde doktora anadal öğrencisi, aynı üniversitenin Biyoloji Bölümü'nde ise doktora yandal öğrencisi olarak akademik çalışmalarımı sürdürmekteyim. Doktora çalışmalarımı sürdürdüğüm bu son birkaç senede partnerim, iki köpeğimiz (Nixee ve Sadee), bir kedimiz (Alphee) ve iki tavuğumuz (Rose ve Mary) ile birlikte yaşamaktayım. Evdeki bu kıllı dostlarımızdan bugüne kadar öğrendiklerim benim için paha biçilemez, bunu söyleyebilirim.

Doktora tez konum, robot davranışlarının ve yazılımlarının evrimi üzerinden yola çıkarak, genişletilmiş bir Algoritmik Evrim Teorisi'ne geliştirilmesine

katkı sağlamak üzerine... Bu kapsamda doğadaki evrim yasasının mühendislik ürünleri üzerindeki etkilerini inceliyorum ve seçilim, çeşitlilik gibi birçok parametre ve alt-parametrenin evrimleşme üzerindeki etkisini analiz ediyorum. Bunlara bakarak biyolojinin sınırlarının çok daha ötesinde, mühendislikte bile yaygın ve ortak bir şekilde kullanılabilecek kadar geniş bir Evrim Teorisi'nin geliştirilebilmesini umuyorum. Bu konuda araştırmalar uzun yıllardır sürüyor; ancak alanlar-ötesi ve alanlar-arası ortak bir teoriye henüz kavuşulmuş değil. Benim de çabam bu yönde...

Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı isimli bu çalışmayı Aralık 2013'te başlattım; elde olmayan bazı aksaklıkları da hesaba katacak olursak, 3.5 yıl kadar bir süre sonucunda tamamlamayı başardık. Bu süreçte neler yaşandı neler... Bunları bile anlatmak ayrı bir kitap olurdu; ancak artık kendimden bahsetmeyi bırakayım ve bu kitaba can veren diğer arkadaşlarımızı biraz tanıyalım.

Kitabımıza, yazdığı Ekoloji bölümüyle katkı sağlayan *M. Çisel Kemahlı Aytekin*, biyoloji dalındaki lisansını ve yüksek lisansını Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde tamamladı. Şimdi de Koç Üniversitesi'nde doktorasına devam etmektedir. Başlıca ilgi alanı ekoloji olan Çisel, bu konuda arazi çalışmalarının yanı sıra teorik olarak da çalışmıştır. Şimdilerde moleküler ekoloji konusunda doktora çalışmaları yürütmektedir. Lisans hayatı boyunca öğrenci topluluğu faaliyetlerine de aktif olarak katılarak ekoloji ve evrim alanlarında çalışmalar yapmıştır. Çisel, kendisini tam bir doğa aşığı olarak tanımlamaktadır.

Kitabımızın Evrimsel Tıp bölümünü hazırlayan *Operatör Doktor Metin Berberoğlu*, 1981 Ankara Tıp mezunu olup, Genel Cerrahi ihtisasını Ankara Numune Hastanesi'nde yapmıştır. Lise yıllarında filizlenen evrim merakını mesleği ile ilişkilendirince, yepyeni bir alanın varlığını ülkemizde tanıtma faaliyetine koyulmuştur. Evrimsel Tıp alanında birçok konferans veren Dr. Berberoğlu'nun kendi alanında birçok ulusal ve uluslararası yayını bulunmaktadır.

Kitabımıza Entomoloji bölümündeki kıymetli katkılarıyla destek olan ve bölümün bir kısmını kaleme alan biyolog *Mehmet Ali Döke*, lisans öğrenimini Orta Doğu Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde ve takiben yüksek lisansını yine aynı üniversitenin Biyoloji bölümünde tamamlamıştır. 2013 yılından bu yana Pennsylvania Eyalet Üniversitesi Entomoloji Bölümü'nde doktora öğrenimini sürdürmektedir. Temel ilgi alanı sosyal böceklerin genetik, ekoloji ve davranışları olan Döke, doktora çalışmalarında bal arılarının kışlama davranışı ve ilgili fizyolojik özelliklerle ilgili araştırma yapmaktadır. Döke, bu alanda yaptığı çalışmalarını raporlayan makalelerini çeşitli hakemli dergilerde yayınlamayı sürdürmektedir.

Kitabımızın Antropoloji bölümünü yazan ve Ankara Üniversitesi Paleoantropoloji anabilim dalında 2014 yılında yüksek lisansını tamamlayan *Gülşah Güler*, akademik çalışmalarına doktora hazırlık sürecinde devam etmektedir. Evrim Ağacı ile yolu 2011 yılında kesişen Gülşah, Paleontoloji ve Paleoantro-

poloji konularında Evrim Ağacı'na misafir yazar olarak ara ara konuk olmaktadır. Akademik çalışmalarını Paleontoloji ve Paleoantropoloji bilim dallarıyla ilintili olarak Rhinocerotidae evrimi ve sistematik taksonomisi ve Miyosen Dönem Anadolu Paleoekolojisi konularında sürdürmektedir. Miyosen Dönem Anadolu'sunun paleontolojik ve paleoekolojik çalışmalarının aşığıdır. Bu doğrultuda 2010 yılından bu yana TC Kültür ve Turizm Bakanlığı Paşalar Doğa Tarihi Kazısı'nda bilim uzmanı olarak heyet üyeliği yapmaktadır. İlgi alanları içerisinde Sinema ve Belgesel Filmi Çekim Teknikleri, Doğa Bilimleri, Ekoloji ve Müzecilik bulunmaktadır.

Kitabımızın Botanik bölümünü kaleme alan *Freddy Can Igiebor*, İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü (Botanik Anabilim Dalı - Bitki Biyoteknolojisi) ve aynı zamanda Moleküler Biyoloji ve Genetik programlarından 2016 yılında mezun olmuştur. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi Herbaryumu'nda (Kurutulmuş Bitki Arşivi) 3 yıl öğrenci asistan olarak çalışmıştır. Başlıca ilgi alanı, Bitki Moleküler Ekofizyolojisi olan Freddy, henüz lisans öğrencisi iken bitki stres fizyolojisi ve moleküler mekanizmaları üzerinde yaptığı tez ile 2 makale yayınlamıştır. Freddy, günümüzde hâlâ İstanbul Üniversitesi'nde Bitki Ölüm Süreci ve "senesens" üzerine yaptığı deneylere ve araştırmalara devam etmektedir.

Kitabımızın Böcekbilim (Entomoloji) bölümünü yazan *Gürhan Öztürk*, 2012 senesinde Ege Üniversitesi Biyoloji bölümünden mezun oldu, aynı yıl yüksek lisansına başladı ve 2014 senesinde de yüksek lisansını bitirip doktorasına başladı. Çalışma konusu böceklerde bağışıklık sistemi üzerinedir. Çalışmalarını Prof. Dr. Hüseyin Arıkan danışmanlığında yapmaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi'nden pedagojik formasyon eğitimini tamamlayarak KPSS sürecine girdi ve kendi branşında 30. olmayı başararak ilk görev yeri olan İznik Anadolu Lisesine biyoloji öğretmeni olarak atandı. Bunun haricinde edebiyatla da uğraşan Gürhan'ın ilk romanı olan bilim-kurgu ve macera türündeki kitabı *Varoluş* 2013 yılında piyasaya çıktı. Kitabını hepinize tavsiye ederim!

Kitabımızın Jeoloji ve Paleontoloji bölümünü kalame alan palentolog *Dr. Volkan Sarıgül*, jeoloji eğitiminin lisans ve yüksek lisans kısımlarını İstanbul Teknik Üniversitesi'nde bitirdikten sonra doktorasını 2014 yılında Texas Tech Üniversitesi'nde tamamladı. Başlıca ilgi alanı omurgalı paleontolojisi olan Dr. Sarıgül, dinozorlar ve dinozorların da dahil olduğu arkozorlar (Archosauria) üzerine çalışan ilk ve tek Türk paleontolog olarak dikkat çekmektedir. Halihazırda hem Teksas, hem de Türkiye'deki arkozor fosilleri üzerine çalışmalar yapan Dr. Sarıgül'ün ulusal ve uluslararası çapta yayınları bulunmaktadır.

Kitabımızın Arkeoloji bölümünü kaleme alan *Mehmet Arif Sökmen*, İstanbul Üniversitesi'nde Arkeoloji bölümünde lisans eğitimi tamamladı. Aksaray ili, Güvercinkayası arkeolojik araştırmalarında arkeolog olarak görev aldı. Köy çocuklarının, eğitimi ve öğretimi projelerinde görev adı. Ardından İstanbul Gelişim Üniversitesi'nde psikoloji bölümünde, evrimsel psikoloji, üzerine yük-

sek lisansına devam etti. Doktora ve sonrasında, evrimsel psikoloji ve evrimsel psikiyatri üzerine gitmeyi düşünüyor. Evrimsel biyolojiye, genetiğe, biyokimyaya, paleontolojiye, tarih öncesi arkeolojisine, evrimsel psikolojiye ve evrimsel psikiyatriye ilgi duyuyor.

Görebileceğiniz üzere son derece çok disiplinli bir ekibiz ve size evrimi kendi bakış açımız, deneyimlerimiz ve dilimizden anlatmaya çalışacağız.

Umuyoruz ki bugüne kadar deneyimlemediğiniz kadar renkli ve çeşitli bir çalışma olacaktır.

Ne de olsa, çeşitlilikte güç var!

İyi okumalar.

BÖLÜM I

EVRİMSEL BİYOLOJİ

Modern Bilimi Değiştiren Saha

Çağrı Mert Bakırcı

"Evrimin ışığı olmaksızın, biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur."

Ünlü evrimsel biyolog ve Ortodoks Hristiyan Theodosius Dobzhansky, 1973 tarihli meşhur makalesinin başlığını bu şekilde atmıştır. Dobzhansky, bu gerçeği fark eden ne ilk kişidir ne de tek kişi... İlk olarak 1955 yılında yayımlanan, sonrasında 1976 yılında tekrardan basımı yapılan İnsan Olgusu (The Phenomenon of Man) başlıklı kitabında Fransız filozof, devrimci rahip, jeolog, paleontolog ve önemli bir *Homo erectus* ("dik insan") kafatası grubu olan Pekin Adamı üzerinde çalışan bilim insanları arasında yer alan Pierre Teilhard de Chardin, evrimle ilgili olarak şöyle yazmaktadır:

"Evrim bir teori, bir sistem ya da bir hipotez midir? Evrim, bundan çok daha fazlasıdır: Evrim; hakkında düşünülmeye değer ve doğru olmak isteyen bütün teorilerin, bütün hipotezlerin ve bütün sistemlerin boyun eğmek ve uymak zorunda olduğu genel bir durumdur. Evrim, bütün gerçekleri aydınlatan bir ışıktır. Tüm çizgilerin takip etmek zorunda olduğu bir eğridir. Her birimizin bilinci, evrimin kendisine bakması ve kendisini yansıtmasının bir ürünüdür. İnsan, bir zamanlar basit fikirlerimiz dahilinde sandığımız gibi evrenin merkezinde değildir. Ancak bundan çok daha harika bir konumdadır: Dünyadaki yaşamın nihai bütünlüğüne giden yola işaret eden konumdadır."

EVRİMİ TANIMLAMAK: BİR ALGORİTMA OLARAK EVRİM

Evrimsel biyoloji, en basit tanımıyla, canlılığın başlangıcından günümüze kadar olan değişimini ve çeşitlenmesini inceleyen bilim dalıdır. Evrimsel biyo-

loji, bir bilim sahası olarak, doğadaki "biyolojik evrim" yasasını inceler. Evrim, yani varlıkların genetik ve fiziksel özelliklerinin zaman ve nesiller içerisinde değişmek zorunda olduğu gerçeği, bugün türümüzün bildiği en temel doğa yasalarından birisidir. Tıpkı klasik fizikte gördüğümüz, cisimlerin mutlaka birbirlerine doğru bir "çekim" kuvveti uygulamak zorunda olduğu olgusuna işaret eden kütleçekimi yasası gibi... Ya da tıpkı jeolojide gördüğümüz, nasıl ki günümüzdeki su akıntıları, aktıkları yerlerde vadiler açıyorsa, bundan yüz binlerce ve milyonlarca yıl önce de su akıntılarının vadiler açmak zorunda olduğunu söyleyen süreğenlik (üniformitaryanizm, birörneklilik) yasası gibi... Bu tür temel doğa yasaları, evrenin varoluş biçiminden ötürü bu şekildedirler. Başka başlangıç şartları altında, tamamen farklı şekillerde var olabilirlerdi (ya da hiç var olmayabilirlerdi). Evrim de, var olan şeylerin değişmek zorunda olduğunu söyleyen genel bir yasadır. Evrenin dokusundan kaynaklanan bu tür yasalara kimi zaman "yapısal yasalar" adı da verilir.

Canlıların evrimleşmekte olduğunu sadece toprağın derinliklerinden gelen fosiller aracılığıyla değil, günümüzde varlığını sürdürmekte olan canlıların değişimlerine bakarak da anlayabiliriz. İlginç bir örnek, fareler ve hamamböcekleri gibi, biri memeli, diğeri böcek olan iki uç hayvan grubundan verilebilir. Bu canlıların ortak özelliği, insanların istikrarla kurtulmaya çalıştığı zararlılar olarak görülmeleridir. Farelerden ve hamamböceklerinden kurtulmak için kullandığımız zehirli kimyasallar, genellikle bu hayvanların sinir sistemlerini harap eden nörotoksinleri veya dolaşım sistemlerini tıkayan pıhtılaştırıcıları barındıran ilaçlardır. Örneğin fareleri öldürmek için çok uzun yıllardır "varfarin" isimli bir ilaç kullanmaktayız. Kokusuz ve tatsız olan bu kimyasal, farelerin vücudunda yavaş yavaş birikir ve onları 6-7 gün içerisinde öldürür. Uzun yıllardır sorunsuz bir şekilde işlev görmekte olan bu kimyasal, 2011 yılında *Current Biology* dergisinde yayınlanan bir makalenin ortaya koyduğu üzere artık neredeyse hiçbir işe yaramıyor! Bugüne kadar tıkır tıkır fareleri öldürmeye yarayan bu ilaç hangi nedenle artık işe yaramıyor?

Cevap çok basit: Gözümüzün önünde işlemekte olan evrim! Fareleri varfarin kullanarak öldürmeye her çalıştığımızda, büyük bir başarıya ulaştığımız doğrudur. Ancak bazı seferlerde, birkaç fare hayatta kalır. Neden diğer fareler beklendiği gibi ölür de bu birkaç fare ölmez? Çünkü onların genleri, diğerlerininkinden bir miktar farklıdır. Bu farklılık dolayısıyla varfarin onları ya hiç etkilemez ya da normalin çok altında etkiler. Bu sayede içerisinde varfarinin bulunduğu besinleri bile tüketmeyi sürdürebilirler. Böylece diğer rakip fareler tek tek ölürken, bu dirençli soy hattı varlığını hiçbir şey olmamış gibi sürdürür.

Peki bu genetik farklılık nereden kaynaklanır? Evrimin çeşitlilik yaratan mekanizmalarından... Çoğu zamansa mutasyonlardan... Yapılan araştırmada, *vkorc1* isimli bir gen üzerinde meydana gelen bir mutasyonun, varfarin etkisine karşı direnç sağladığı görülmüştür. Yalnız şunu anlamak çok önemli: Bu direnç, ortamda zehir var diye gelişmez! Yani farelerden birkaçı *"Aman zehir veriyorlar bize, hemen direnç kazanalım!"* gibi bir algıya ve bilince sahip değil-

dir. İnsan gibi zeki türler bile, bu şekilde biyolojik evrim geçiremez. Söz konusu çeşitlilik mutasyonlar, transpozonlar gibi çeşitlilik mekanizmaları ile sürekli olarak popülasyonlara dahil olur. Bu nedenle henüz insanların geliştirmediği bir zehre bile dirençli olan fareler şu anda bir yerlerde yaşıyor olabilir. Bu çeşitlilik çoğunlukla zaten halihazırda popülasyonlarda bulunur. Bu farklılıklar tamamen rastgeledir, hiçbir öngörü veya bilinç dahilinde var olmazlar. Ancak ola ki çevre değişimi sonrası (örneğin varfarin isimli kimyasalın farelerin yediği şeylere eklenmesi sonrası) avantajlı genlere sahip bireyler popülasyon içerisinde bulunuyorsa, bunlar hayatta kalır ama diğerleri ölür.

Sonraki basamak nedir? Hayatta kalmayı başarabilmiş olan fareler, elbette daha fazla veya daha kolay üreyecektir. Sonuçta 6-7 gün yemek yedikten sonra ölen bir farenin bu süre zarfında bir de üreyebilmiş olması pek muhtemel değildir. Ancak kendisine verilen zehre bana mısın demeden aylarca yaşayabilen dirençli farelerin üremek için bol bol vakti ve şansı olacaktır. Bu dirençli fareler üredikleri zaman, kendilerini avantajlı kılan genleri de gelecek nesillere aktaracaklardır. Buna bağlı olarak her bir nesilde bu şekilde varfarin-dirençli bireylerin sayısı artacaktır.

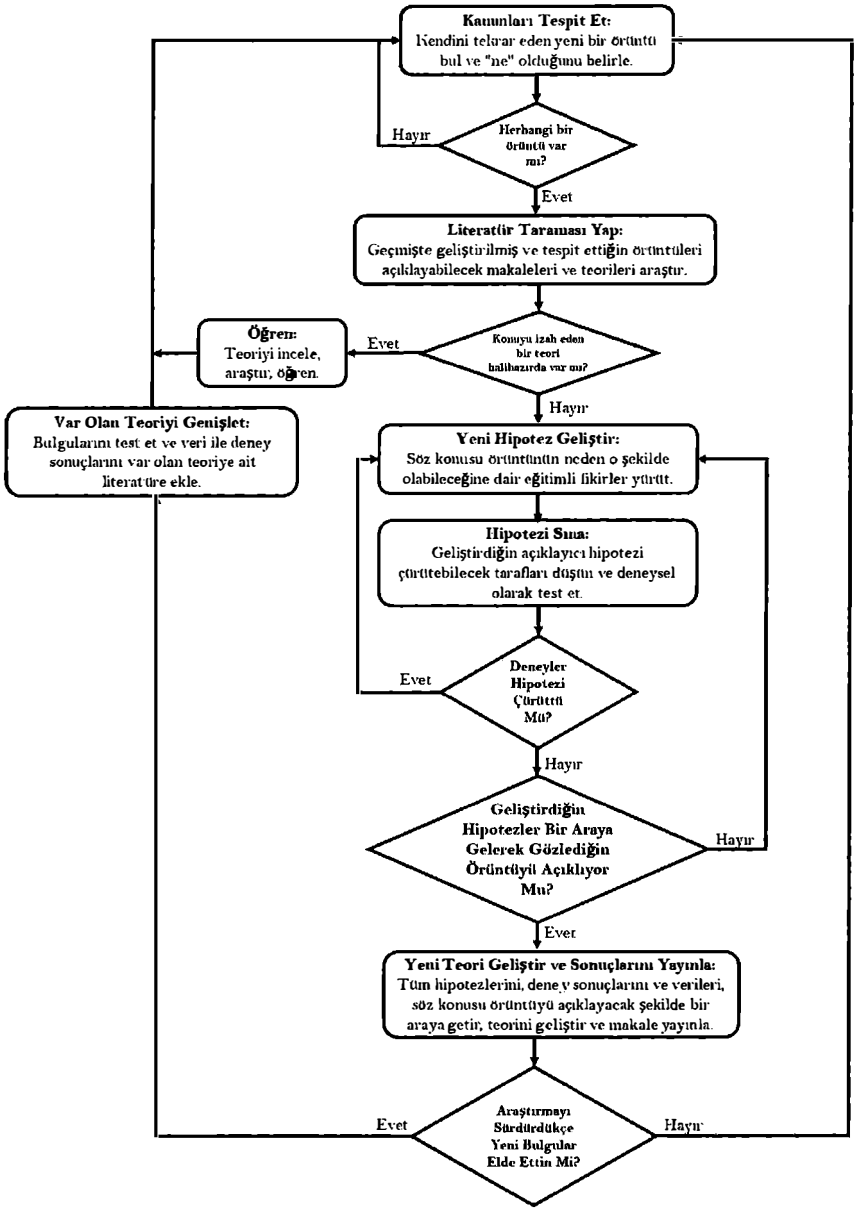
Böylece elimizde kalan sonuç şudur: Fare popülasyonlarını nesiller ve uzun yıllar boyunca takip edecek olursak, hem genetik hem de fiziksel bazı değişimler göreceğiz. Çünkü belli özellikler popülasyon içerisinde avantaj sağlayıp seçilmekte, buna bağlı olarak gen ve özellik dağılımları değişmektedir.

Eskiden varfarin ile öldürülebilen fareler, artık aynı ilaçla öldürülemeyen farelere evrimleşecektir. Çoğu zaman tek bir özelliğe odaklanıp bunun pek de büyük bir evrimsel değişim olmadığını düşünme hatasına düşülür. Fakat unutmayın: Şu anda elinizde tuttuğunuz bu kitap da dahil olmak üzere, bugüne kadar yazılmış bütün evrim kitapları sürecin nasıl işlediğini okurlarına gösterebilmek adına tekil bir genin veya özelliğin değişimi örneği üzerinden konuyu anlatmaya çalışmaktadır. Bu kitaplarda yapılmak zorunda kalınan, tek bir türü ele almak ve onun belli bir çevreye uyum sağlamak amacıyla geçirdiği evrimsel değişimleri anlatmaktır. Çok spesifik çalışmalar haricinde hiçbir evrim kitabı, bir türün evrimindeki her bir basamağı ve bu basamakların her birindeki her bir özelliğin evrimsel geçmişini anlatmaz; anlatamaz. Bunu yapmak teoride mümkündür; zira elimizde gerçekten de her bir türün sayısız özelliğine dair çok sayıda araştırma, veri ve bulgu vardır. Fakat bunu pratik olarak yapmak ve anlatım akıcılığını sağlamak çok zordur. Açıkçası, böyle bir kitabı okumak oldukça sıkıcı da olacaktır. Eğer ki bu şekilde belli bir türün tüm özellikleri merak ediliyorsa, popüler bilim kitaplarına değil, akademik literatüre bakılmalıdır. Türümüz tarafından yakından çalışılmış türlerin evrimine dair sayısız basamak, akademik literatürde bulunmaktadır. İşte bu şekilde, bir türdeki nesiller boyunca değişen bütün genleri ve fiziksel özellikleri takip edecek olursanız, evrimin aslında ne kadar kapsamlı bir şekilde çalıştığını görebilirsiniz. Tekil örneklere bakarak tüm evrimi yargılamak büyük resmi eksik görmenize neden olabilecektir.

Tüm canlı türleri, fare örneğimizde olduğu gibi zaman içerisinde değişir. Şu halde evrimi, evren içerisindeki biyolojik yapıları şekillendiren bir yasa olarak tanımlayabiliriz. Yasalar, çok basit kuralları takip eden ve bu kuralları hiç durmaksızın takip etmeye devam eden doğal etkilerdir. Bu kuralları dikkatlice inceleyerek, yasaların nasıl çalıştığını anlayabiliriz. Fakat yasalar bize kendi başlarına pek bir bilgi veremezler. Yasalara bakmak olsa olsa etrafımızda süregelen olayların "ne" olduğunu anlamamızı sağlar. Yasalar, evrene yönelik gözlemlerimiz sırasında fark ettiğimiz "doğal desenler/örüntüler" olarak düşünülebilir. Fakat ne zaman ki bu yasaların ne sonuçlar doğurduğunu, ne şekillerde gerçekleştiğini, neden o şekilde davrandıklarını, nasıl işlediklerini anlamaya ve anlatmaya çalışırız, işte o zaman gerçek bilimin sınırları içerisine girmiş oluruz. Bunu yaptığımızda, artık bir yasaya değil, bir teoriye adım atmışız demektir.

Teoriler, yasaların çalışma biçimlerini, neden ve nasıllarını anlatan bilimsel bütünlerdir. Teoriler, bünyelerindeki yasaları ve o yasaları (veya parçalarını) açıklama girişimlerimiz olan hipotezleri sarıp sarmalayan bilgi bütünleridir. Teoriler, insan türünün doğayı anlamak için adım adım takip ettiği deneyler, denemeler, açıklamalar, girişimler bütünüdür. Teoriler, evrene dair bilgilerimizi betimlemek için kullanabileceğimiz devasa bir dağ sırası içerisindeki her bir dağın doruk noktalarıdır. Bu dağlara tırmanmak için attığımız her bir adım, her bir girişim hipotezlerdir. Bu adım ve girişimlerden başarılı olanlar, bizi dağa tırmanmada bir miktar daha ileri götürür. Bu tırmanış sırasında yaptığımız gözlemler, yeni dağların ufukta gözükmesini sağlar. O dağlar, veya o dağların tepeleri, veya bir başka açıdan bakacak olursak bu tepelere ulaşma gayemiz, bu benzetim (analoji) dahilinde yasaların kendisidir. Fakat unutmayın ki bir dağı görmek yeterli değildir. Ona hükmetmek için, ona tırmanmak gerekir. İşte bu nedenle teoriler, yasalara hükmetmemizi sağlayan unsurlar olarak görülmelidir. Dahası, yine unutmamak gerekir ki bir dağa hükmetmiş olmak, o hükmettiğimiz dağdan daha uzunlarının, daha çetinlerinin, daha fazla başarı gerektirenlerin var olmadığı anlamına gelmez. Yani bir teoriyi başarıyla inşa etmek, ondan daha iyilerinin doğmayacağı anlamına gelmemektedir. Bilimde her dâim kendi kendimizle bir yarış halindeyiz. Hedefimizse, gerçeklere bir gıdım olsun daha fazla yaklaşabilmek...

Bu kitap dahilinde evrimin etkisini daha iyi anlamak için, bir doğa yasası olarak evrimin çalışma dizgesini anlamamız ve tanımlamamız gerekmektedir. Çünkü evrim artık sadece biyolojinin bir çalışma sahası değildir. Bundan çok daha ötedir. Bundan çok daha üstündür. Bu nedenle onu daha genel bir çerçevede tanımlayarak biyolojinin sınırlarını aşmamız gerekir. Nihayetinde bu kitapta, bilimin her türlü alanına dair bölümler bulacaksınız. Her birinde evrimin gücünü ve etkisini tekrar tekrar hissedeceksiniz. Dolayısıyla ilk bölümde, evrimin çalışma dizgesini net bir şekilde tanımlamak ve onun özünde ne olduğunu anlamak önem arz etmektedir. Gelin, bunu yapalım:



Görsel 1-1: Bilimsel metodolojiye dair çeşitli yaklaşımlardan bir tanesinin algoritmik ifadesi. Bunun farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde çizilip yorumlanabileceğine dikkatinizi çekmek isterim.

Daha geniş bir çerçeveden baktığımızda, evrimi sadece biyolojiyle sınırlı olmayan bir "değişim yasası" olarak düşünmek mümkündür. Evrim, bir çeşit algoritmadır. Algoritma sözcüğü, ilk olarak İranlı matematikçi, astronom ve coğrafyacı İslam bilgini Ebû Ca'fer Muhammed bin Mûsâ el-Hârizmî tarafından kullanılmıştır ve sayılarla işlem yapmak anlamına gelir. Günümüzde ise algoritmalar, sadece sayılarla işlem yapmaktan çok daha fazlasıdır. Günümüzde algoritmalar, genellikle kendi kendilerini tekrar eden, bir sürecin ya da olgunun oluşum, gelişim ve sürdürülme basamaklarını adım adım izah eden ve bünyesinde barındıran dizgeler olarak tanımlanırlar. Çoğu zaman bilgisayar bilimlerinde kullanılsalar da, doğadaki süreçleri, özellikle de döngüleri tanımlamak için de kullanılabilirler. Bu kitap dahilinde algoritmalar, bir önceki paragrafta sözünü ettiğim nedenlerle karşımıza birkaç defa çıkacaktır. Fakat bir doğal süreci bir "algoritma mantığı" çerçevesinde algılayabilecek seviyeye erişmenizin, bilimsel işleyişi ve gerçekleri anlamanıza büyük katkı sağlayacak bir gelişim olduğunu belirtmek isterim.

Görsel 1'de, bilimsel metodoloji çerçevesinde bilimin çalışma biçiminin genel bir özetini görmektesiniz. Elbette bu konuda tek bir yöntem yoktur ve bu görsel bile, gerçekte bilim insanlarının bilim üretmek amacıyla yapmaları gerekenlerin oldukça basite indirgenmiş bir halidir. Fakat bir algoritmayı okumayı öğrenmek açısından oldukça faydalı olduğunu düşünüyorum. Eğer ki bu "bilim üretme algoritmasının" nasıl çalıştığını anlıyor ve takip edebiliyorsanız, ilerleyen sayfalarda tanımını yapacağım evrim algoritmasını da takip etmeniz mümkün olacaktır. Hatta etrafınızda süregelen olaylara bakarak kendi algoritmalarınızı yaratmanız bile mümkündür! Başlangıç olması açısından, bir örnek daha vermeme izin verin:

Atmosferdeki serbest azot gazı ile başlayıp topraktaki bakteriler ve sonra da bitkiler ve diğer bakteriler ile devam eden azot döngüsü, doğal süreçlerin algoritmik analizine bir örnek olarak incelenebilir. Bu sürecin her bir basamağını, kendisinden önceki ve sonraki süreçlerle bağlamak mümkündür. Dahası bu süreçler içerisindeki olayları da adım adım takip etmek, belli noktalarda dallanmak ve diğer yolaklara ulaşmak mümkündür. Azot döngüsü örneğinde, atmosferde bulunan azot, topraktaki azot-bağlayıcı bakteriler tarafından kullanılır ve bu süreç sonucunda amonyum oluşur. Eğer ki bu bakteriler baklagiller gibi bitkilerin köklerinde yaşıyorsa, amonyum doğrudan bitkilere geçer. Eğer ki bakteriler toprakta yaşıyorsa bu amonyum, nitrifikasyon denen bir süreçten geçerek nitritler denen başka bir kimyasal grubuna dönüşür. Ancak amonyumun tek oluşum biçimi, atmosferik azot gazının bakterilerce yakalanması ve çevrilmesi değildir, aynı zamanda oksijenli solunum yapan (aerobik) ve yapamayan (anaerobik) bakteri ve mantarlar tarafından ölü bitkilerin çözünmesi ve parçalanması sonucunda da amonyum oluşur. Amonyum her ne şekilde toprağa karışırsa karışsın, nitrifikasyon bakterileri isimli bir diğer grup bakteri tarafından kullanılarak önce nitritler, sonra nitratlar oluşur. Bu kimyasalların isimlerindeki farklılıklar, kimyasal yapılarındaki ufak tefek ama önemli farklardan kaynaklanmaktadır; örneğin, nitritlerde 1 azot, 2 oksijen atomu varken nitratlarda 1 azot ile 3 oksijen atomu

bulunur. Konumuz bakımından bu detaylar çok önemli değildir. Bilmeniz gereken, bu nitratların denitrifikasyon bakterileri olarak bilinen diğer bakteri grupları tarafından yeniden atmosferdeki serbest azota dönüştürüldüğü gerçeğidir. Bir kısım nitrat ise asimilasyon sonucu doğrudan bitkilere geçer ve onlar tarafından kullanılır.

Bir biyolog olmasanız bile, azot döngüsü gibi teknik bir konunun dizgesi, yani algoritması size verilecek olursa, onu adım adım takip etmeniz mümkündür. Hatta bir egzersiz olarak, bir önceki paragrafta anlattığım süreci bir kâğıt ve kalem kullanarak bir algoritmaya dönüştürmenizi tavsiye ediyorum. Tek yapmanız gereken, verdiğim bilimsel metodoloji algoritmasındaki gibi basamakları belirlemek, doğru soruları sormak ve o soruların cevaplarına bağlı olarak çizimi sürdürmek... Algoritmalar tanımlarını verdiğim unsurlar olmanın ötesinde, evrenin süreğen sistemini incelemenin ve anlamanın önemli birer parçasıdırlar.

Algoritmalara bir diğer örnek, karmaşık/kaotik bir sistem içerisindeki birimler arasından, o koşullara en uyumlu olanları sürekli olarak seçen ve bunların devamlılığını sağlayan döngüdür. İşte bu döngü, biyolojik yapılara uyarlandığında, *biyolojik evrim* olarak tanımlanır. Evrim, belirli bir çevredeki en uyumlu canlıların öne çıkıp sayıca çoğalmasını sağlayan bir algoritmadır. Bir algoritma olarak incelendiğinde evrimin, değişimin altında yatan anafikir olduğu da görülebilecektir. Bu durumda evrim, biyolojinin sınırlarını aşabilir. Şöyle ki:

Evren, en azından Büyük Patlama'dan bu yana sürekli değişim halindedir; bundan "öncesi" eğer varsa bile, şimdilik belirsizdir. Kozmologlar Büyük Patlama'dan bu yana süregeldiğini bildiğimiz değişimi "kozmolojik evrim" çatısı altında incelerler. Evrenin evrimi, inorganik-organik bütün kimyasalların oluşumunu mümkün kılmıştır. Bu kimyasal gruplarının her biri, sürekli bir değişim halindedir. Öyle ki basit inorganik moleküller, bu kozmolojik evrim süreci içerisinde yaşamı başlatacak organik moleküllere dönüşmüştür. Bu kimyasal moleküllerin fizik yasaları çerçevesindeki birlikteliği, gezegenlerin oluşumunu mümkün kılmıştır. Bu gezegenlerden birisi, bizim de üzerinde olduğumuz Dünya gezegenidir. Gezegenimiz, var olduğundan beri aynı şekilde kalmamıştır, tıpkı diğer gök cisimleri gibi, azar azar ama sürekli olarak değişmektedir. Jeologlar bunu "yerküre evrimi" (veya "jeolojik evrim") başlığı altında incelerler. Jeolojik yapının ve gezegenimizin değişimi, canlıların yaşam alanlarının ve genel olarak doğanın sürekli değişimine neden olur; göller değişir, hava yapısı değişir, canlıların yaşam alanları farklılaşır ve daha nicesi...

Bu jeolojik değişimin ve yıldızımız olan Güneş'in sağladığı enerji, gezegenimizde bulunan organik ve inorganik moleküllerin sürerliği yüksek olan kombinasyonlarının daha farklı varlık formlarına evrimleşmesini mümkün kılmıştır. İşte gezegenimizde yaşam, çok büyük ihtimalle bu organik ağırlıklı moleküllerin en sürerli, en dirençli olanlarının seçilimi sayesinde başlamıştır. Biyokimyagerler

bu inorganik-organik kimyasal değişim sürecini "kimyasal evrim" başlığı altında incelerler. İnorganik kimyasallar genel olarak çevremizdeki "cansız" dünyanın yapıtaşlarıdır. Organik kimyasallar ise "canlılığın yapıtaşları" olarak bilinirler. Elbette, canlılık içerisinde inorganik moleküller bulunduğu gibi, cansız yapılarda da organik kimyasallara rastlanır. Sözünü ettiğim, bu kimyasal gruplarının farklı varlıklarda hangi oranda bulunduğudur. Örneğin bir kayada inorganik moleküller çoğunluktayken, bir ağaçta çoğunlukla organik moleküllere rastlanacaktır.

Bu ilk yaşam (ve hatta "yaşam-benzeri" varlık) formları da ilk hallerindeki gibi kalmamışlardır. Bunlar arasından çevreleriyle en uyumlu olanlar, en uzun süre varlıklarını korumuş, hatta bazıları kendilerini kopyalayarak bu başarılı kombinasyonları çoğaltma imkânına erişmiştir. Bu canlılığın değişimine bilim insanları "biyolojik evrim" adını vermiştir.

Fakat unutmamak gerekiyor ki, gezegenimizin jeolojik evriminin tek sonucu, biyolojik yapıların oluşumu ve evrimi değildir. Çevre de, sürekli bir değişim halindedir -ki bu, ilerleyen kısımlarda da göreceğimiz gibi evrimin itici güçlerinden en önemlisini, doğal seçilimi doğuracaktır. Bu kitabın ana konusu olan organik (biyolojik) evrim bir yana, gezegenimiz üzerindeki cansız yapılar da, canlılarla birlikte sürekli bir çeşit değişim ve dönüşüm süreci içerisindedirler. Çevre bilimciler bunu bir bütün olarak "ekolojik evrim" (ya da "ekosistem evrimi") çatısı altında incelerler.

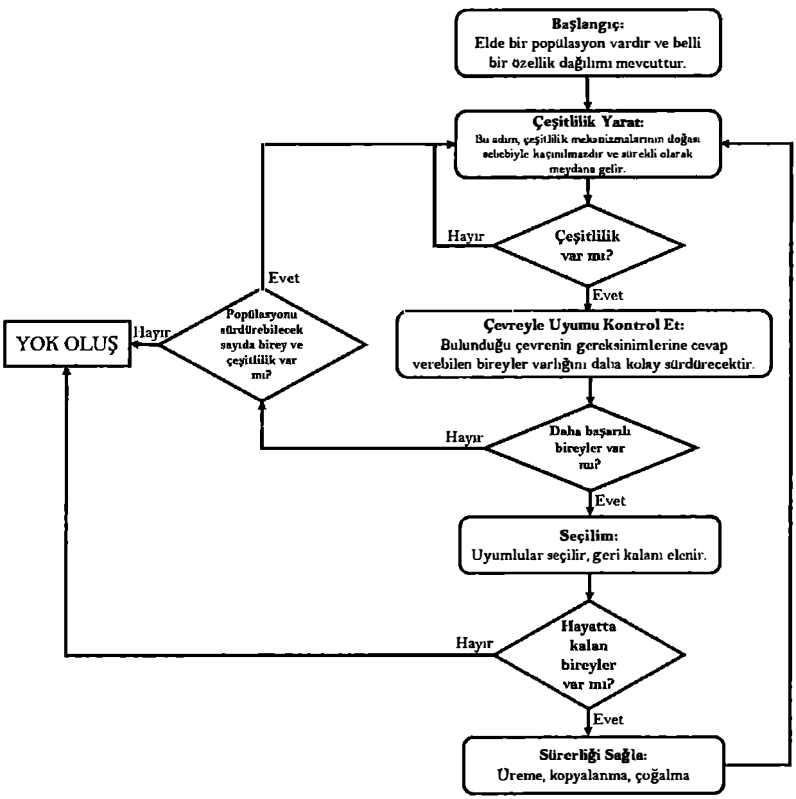
Bu değişen çevre şartları güçlü sosyal yapılara sahip türlerde (örneğin insanlarda) bireyler arası iletişimleri, tür içerisindeki çeşitli grupların eğilimlerini (trendlerini) ve toplumsal yapı üzerinde etkisi olan süreçleri (gidişatı) sürekli olarak etkiler. Sosyologlar, psikologlar ve antropologlar insanın ve diğer hayvanların toplumsal değişimlerini "kültürel evrim" (ya da "memetik evrim") başlığı altında incelerler.

Görülebileceği gibi evrim algoritması, aslında biyolojiden çok ötedir. Bu algoritmayı evren içerisindeki birçok farklı olguya uyarlamamız mümkündür. Elinizde tuttuğunuz bu kitap içerisinde, sözünü ettiğim bu farklı kategorilerdeki evrimsel değişimlere ve analizlere bolca yer vereceğiz. Fakat bu bölümün odak noktası olan evrimsel biyoloji, bu evrimsel değişim silsilesi içerisinde sadece bir gruba odaklanır: biyolojik evrime...

Eğer ki evrimsel süreç biyolojik evrimin ötesinde bile ele alabileceğimiz bir algoritmaysa, artık bu algoritmayı Görsel 2'deki gibi oluşturabiliriz.

Burada hemen dikkat edilmesi gereken nokta, kozmolojiden jeolojiye, biyolojiden kimyaya kadar bu son derece farklı tipteki değişimlerin genel görünümleri birbirine benzer olsa da (yani algoritmaları aynı veya çok benzer olsa da), içlerindeki bazı süreçlerin farklılıklar gösterebileceğidir. En temel farklılık, sürerliğin sağlanması noktasında ortaya çıkar. Biyolojik unsurların sürerliğini sağlayan mekanizma üreme ve genlerdir. En ufak bakteriden en iri balinaya kadar her organizma ürer. Üreme, bir canlının yalnızca kendisinden bir

şeyler katarak yepyeni bir yapı oluşturması değildir. Aynı zamanda, canlının kendisini başarılı kılan genlerinin, yani canlılığın en temel birimlerinin sadece kendi bünyesiyle sınırlı kalmamasını sağlar. Yani üreme, biyolojik unsurlar için süregelen bayrak yarışında, bayrağın elden ele aktarılma sürecidir. Ebeveynler, yavrularına kendilerindeki genlerin bir kısmını vererek yepyeni bir organizma üretirler. Bu organizma, çevresinden ve ebeveynlerinden aldığı yapı ve özellikleri kullanarak yepyeni bir yaşama başlar. Eğer ki bu yeni organizmanın ebeveynlerinden aldığı ve ömrü içerisinde edindiği becerileri, yaşadığı çevreye yeterince uygunsa, o yavru da üreyerek kendi yavrularını üretecek ve kendisindeki bu "başarılı", yani çevreye uyum sağlamasına katkı sağlayan özellikleri gelecek nesillere aktaracaktır. Diğerleri ise bunu yapamayarak elenecektir. Tabii ki, bu "başarısızlık"larına neden olan, çevreye uyum sağlamalarına engel olan (veya katkı sağlamayan) genlerle birlikte...



Görsel 1-2: Evrimin Genel Algoritması. Buradaki popülasyon illa biyolojik bir popülasyon olmak zorunda değildir. Örneğin teknolojik bir ürünün tasarımına ait çeşitli fikirler bir popülasyon yaratabilir. Buna eklenecek çeşitlilik, yeni fikirlerin doğmasına benzetilebilir. Benzer şekilde, "üreme", halihazırda var olan fikirlerin bir araya gelerek daha iyi fikirlere dönüşmesi olarak düşünülebilir. Bu bakımdan, bu algoritmaya oturtulabilen, yapısında nesiller arası bilgi aktarımı ve sürerlik çabası bulunan bütün sistemlerde evrimsel süreç analizi yapmak mümkündür.

Biyolojik evrim haricinde saydığım diğer evrim türlerinde bu tür bir sürerlik bulunmaz. Fark edilebileceği gibi bu süreğenlik, canlılığı cansızlıktan ayıran önemli bileşenlerden birisidir. Ancak bu demek değildir ki cansızlarda gördüğümüz uzun zaman dilimlerine yayılmış değişimler, biyolojik evrimden çok farklıdır. Tam tersine, özünde yaşananlar genellikle aynı veya çok benzerdir. Kozmolojik evrimi ele alalım: Yaşam neden –atıyorum– Epsilon Eridani Sistemi'nde[1] değil de, şimdilik bildiğimiz kadarıyla yalnızca Güneş Sistemi'nde başlamıştır? Bu, Güneş Sistemi'nin "özel" olmasından değil, "farklı" olmasından kaynaklanır. "Özel olmak" ile "farklı olmak" arasındaki ayrımın anlaşılmaması, biyolojide de sıklıkla düşülen "yaratılış yanılgısı"na neden olan sebeplerden birisidir. "Farklılık", doğal bir şekilde var olabilir. "Özel olmak" ise insanlar tarafından bu farklılıklara yüklenen öznel (ve çoğu zaman hatalı) anlamlardan ibarettir. Güneş Sistemi, geriye doğru takip edilebilecek bir dizi süreçten geçerek var olmuştur. Bu süreçler, Epsilon Eridani'nin geçtiği süreçlerden çeşitli seviyelerde farklıdır. Bu nedenle sonuçlar da birbirinden farklı olmuştur. Bu farklı olma durumu, özel olmayı beraberinde getirmemekte ve zorunlu kılmamaktadır. Evrende Güneş Sistemi'ne çok benzer ve çok farklı birçok sistem bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, özel olarak yaratılmaya ya da özel olmaya dair herhangi bir iz taşımamaktadır. Ancak sebebi ne olursa olsun biliyoruz ki Güneş Sistemi, içerisinde yaşamı başlatabilecek bir özelliktedir. Bunun ispatı bizleriz! Bu durum, Dünya'yı da farklı kılmaktadır. Dünya, üzerinde yaşamı barındırabildiği için diğerlerine kıyasla daha başarılı ya da daha başarısız bir gezegen olabilir.

Tabii ki bu noktada "başarılı" ve "başarısız" kavramlarını tanımlamak gerekmektedir. Zira evrim algoritmamızdan hatırlayacak olursanız, basamakların en başında, çeşitliliğin bulunulan çevre ile ilişkisine bakılmaktaydı. Bu süreçte çevreyi inceleme sebebimiz, neyin "başarılı", neyin "başarısız" olarak değerlendirilebileceğinin tespitidir. Bu tespiti biyolojik evrim haricinde yapmak çok da kolay değildir; ancak imkânsız da değildir. Örneğin, bir gezegenin başarısını, o gezegen bünyesinde üretilebilen ürünlerin çeşitliliğine bakarak yapmamız mümkündür ve böylesi bir tespit olabildiğince nesnel gözükmektedir. Dünyanın üretmeyi başardığı nesnelerin çeşidi, bildiğimiz diğer tüm gezegenlerinkinden fazladır. Bu durum, onu zorlu koşullar karşısında başarılı, en azından avantajlı kılabilir.

Bir gezegenin "başarılı" ya da "başarısız" olması ilk bakışta anlaması güç bir kavram gibi gelebilir; çünkü dünyanın üzerinde üretilen nesneler konusunda aktif bir söz hakkı yoktur. Fakat bu eksik bir bakış açısı olacaktır; zira biyolojik evrim çerçevesinde türlerin de çevrelerine uyumlu olup olmadıkları konusunda aktif bir söz hakları bulunmamaktadır. Canlılar uyumluysa seçilecekler, yoksa da eleneceklerdir. Bu sayede geriye kalanların üremesiyle büyüyen popülasyon,

1 Epsilon Eridani Sistemi, Güneş'ten 10.5 ışıkyılı (yaklaşık 3.2 parsek) uzaklıkta bulunan, çıplak gözle görülebilen en yakınımızdaki üçüncü yıldız sistemidir. Bir gezegen barındırdığı bilinen, bize en yakın ikinci yıldız sistemidir.

ortamına biraz daha fazla uyumlu bireylerden oluşacaktır. Yani biyolojik evrimde de aktif olarak evrimleşmeyi isteme, arzulama, dileme gibi faaliyetlere yer yoktur. Gezegenimizle ilgili olarak da şu senaryoyu bir düşünün: Dünya'ya doğru yönelen dev bir göktaşı, dünya üzerindeki insanların çabasıyla yok edilebilir. Bu sayede gezegenimiz varlığını korumaya ve bünyesindeki çeşitliliği arttırmaya devam edebilir. Elbette bir gezegenin başarısı, sadece üzerinde bulunan zeki canlıların varlığı ile ilgili değildir. Örneğin gezegenimizin tektonik hareketleri, yaşamı mümkün kılacak kimyasal döngüleri başlatmıştır. Bir gezegenin tektonik faaliyetlere sahip olup olmadığı bile, sürerlik açısından avantaj ya da dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Tüm bu faktörlerin etkisi altında bir gezegenin bünyesinde üretilen varlık çeşitliliği, gezegenin bütünlüğünü, sürerliğini ve farklı yapısını daha uzun süre korumayı sağlar. Dünya'da gördüğümüz de özünde budur. Ancak, örneğin Mars'ta ne yazık ki bunu göremekteyiz.

Bunun bir seviye üstü, yıldız sistemlerinin galaksi içerisindeki başarısı olarak düşünülebilir. Bu, ilk etapta kışkırtıcı bir iddiadır; ancak üzerinde düşünülmeyi hak eden bir önerme olduğu kanısındayım. Örneğin Mars, Güneş Sistemi'nin korunmasına belki hiç katkı sağlayamayacaktır; ancak Güneş Sistemi içerisinde ortaya çıkmayı başarmış insanlar, ileride geliştirecekleri teknolojilerle Güneş Sistemi'ni bir bütün olarak koruyabileceklerdir. Fakat Epsilon Eridani'yi ya da Andromeda'yı savunan belki de kimse olmayacaktır. Bir diğer deyişle Güneş Sistemi, "canlılığı barındırabilecek yapıda" olmasından ötürü daha uzun süre var olacak, niteliğini daha uzun süre koruyabilecektir. Bu, bir nevi "kozmolojik seçilim" gibidir. Evet, Güneş Sistemi belki hiçbir zaman yavru Güneş Sistemleri doğurmayacak, "genlerini" gelecek nesillere aktarmayacaktır. Ancak Güneş Sistemi içerisinde var olan ve söz konusu üremeyi başarabilen "insan" isimli bir tür, sistemden sisteme, galaksiden galaksiye yayılarak Güneş Sistemi'nin (ve hatta diğer sistemlerin) sürerliğini koruyabilecektir. Bu, en nihayetinde Güneş Sistemi'nin, diğer sistemler karşısındaki bir "başarısı" olarak görülebilir.

İşte evrimin en temel itici gücü ve en yaygın olarak etkisi görülen mekanizması olan doğal seçilimin özünde yatan yalın gerçek budur. Ancak doğal seçilimin ötesinde, bu süreçte üremenin sürdürücü gücü de görülmeli ve anlaşılmalıdır. Biyolojide bu seçilim "hayatta kalma becerisi" çerçevesinde net bir şekilde görülebilir. Kozmolojik, jeolojik, ekolojik, kültürel ve kimyasal evrimin her birinde ise bu sürerlik, az önce örneğini verdiğim gibi, farklı şekillerde sağlanabilir. Bir diğer örnek olarak kültürel evrim ele alınabilir: Atalardan torunlara bilgi aktarımı olmasının yanı sıra, internet ve telefonlar gibi teknolojik araçların etkisiyle de ciddi bir yayılım ve süreğenlik sağlanabilmektedir. İnternetin varlığı, kültürel evrim için bir sürdürücülük etkisine sahiptir. İnternet üzerinde her şey depolanabiliyor olsa da, sadece toplum içerisinde kendisine yer bulabilenler ön planda kalmaktadır (bunlara, tıpkı bir virüs gibi kişisel paylaşımdan kişisel paylaşıma yayıldığı için "viral paylaşımlar" denmektedir). Bir di-

ğer deyişle kültürel evrim içerisinde seçici ve sürdürücü mekanizma, kültürün taşıyıcısı olan insanlar ve onların toplumsal algılarıdır. Bu konunun detaylarına burada girmiyorum, çünkü kitabımızın Arkeoloji bölümünde buna dönüş yapacağız ve bu konuyu detaylıca ele alacağız.

Yani anlaşılması gereken şudur: Evrim algoritmasının işlediği alanların her birinde süreğen bir değişim görülse de, bunların her birindeki yöntem ve süreçler birbirinden farklı olabilir. Zaten algoritmaların temel özelliği de budur: Genel çerçevede bazı süreç ve olguları tanımlarlar. Bu temel üzerine, belli başlı noktalarda farklılıklar yaratarak o algoritmanın etkilerini, nedenlerini ve sonuçlarını daha geniş sahalara yaymak mümkündür. Böylece aynı algoritmayı takip eden, binlerce ürün yaratılabilir!

EVRİM ALGORİTMASI NE İŞE YARAR?

Aslında bu konuya, kitabın Evrimsel Mühendislik ile ilgili bölümünde detaylı bir şekilde döneceğim ve evrimi bir algoritma olarak değerlendirerek biyoloji harici bilimleri de kapsayacak şekilde genişletmenin ne gibi pratik faydaları olduğunu sizlere göstereceğim. Fakat o bölüm, daha ziyade bilgisayar yazılımları ve robotlarla ilgili olacak. Bu bölümde ise aynı evrim algoritması şablonunun daha ziyade biyolojideki etki ve uygulamalarına değineceğim.

Bu noktada evrimi bir algoritma olarak düşünecek olursanız, evrimin yaptığı şey çok basittir: Tür popülasyonları içerisinde bulunan farklı değişkenlerin (parametrelerin) farklı kombinasyonları arasından, bulunulan ortama en uyumlu olanları seçmek, diğerlerini elemek... Bu sayede, her yeni nesilde en başarılılar daha kolay hayatta kalır ve daha fazla üreme şansı bulurlar. Diğerleri ise daha sık elenir ve daha az üreyebilirler. Böylece bir sonraki nesilde, bir önceki neslin en uyumlularının özellikleri daha sık görülmeye başlar. İşte evrim, özellik (ve gen) dağılımlarındaki bu değişimden ibarettir.

Evren içerisinde ele alabileceğiniz bir fabrikadan veya yeni çıkmış bir arabadan tutun da süper kütleli karadeliklere kadar, bir çiçekten tutun da robotlara, beyaz eşyalara, insanın ta kendisine kadar her cisim ve nesne belli değişkenler ile tanımlanır. Bu değişkenler kütle, hacim, yoğunluk gibi birbirine bağlı değişkenler de olabilir; renk, koku, uzunluk gibi birbirinden bağımsız değişkenler de... Bu değişkenler, (adları üzerinde) zamana bağlı olarak değişirler. Kimi hızlı değişir, kimi yavaş... Önemli olan, her cismi tanımlamak için kullanabileceğimiz çeşitli değişkenlerin olduğunu anlamaktır.

Bu değişkenlere bağlı olarak cisimlerin yapısı da değişir. Eğer bir uçağın kanadının yüzey alanını arttırırsanız, kaldırma kuvvetini arttırmış olursunuz. Böylece uçak daha kolay havalanabilir. Ancak bunu yaptığınızda, aynı zamanda uçağın kütlesini de arttırmış olursunuz. Bu durumda, yapılan bu değişiklik uçağın performansını, yani ne kadar iyi uçtuğunu doğrudan etkileyecektir.

Benzer bir şekilde, bir aslanın kas miktarının artması, onun hızını ve gücünü doğru orantılı bir şekilde arttıracaktır. Ancak kas kitlesindeki artış, aynı zamanda kütleyi de arttırır; bu da hızlanmayı ve çevikliği olumsuz etkiler. Yine benzer bir şekilde, bir kuşun renginin parlaklaşması, muhtemelen onun daha fazla miktarda kimyasallar (özellikle de proteinler, pigmentler, vs.) üretebildiği anlamına gelir. Çünkü örneğin hayvanlarda "renk" dediğimiz olgu çeşitli pigmentlerin üretiminin bir sonucudur. Bu, onun sağlıklı olma miktarının bir ölçüsüdür ve dolayısıyla çiftleşmek için eş bulma ihtimalini arttırır. Ancak parlak renk, aynı zamanda avcılara yakalanma riskini de arttırır; çünkü canlı, parlak rengi nedeniyle artık gizlenmekte zorlanır.

Görülebileceği gibi, çoğu zaman belli özelliklerin değişmesi, başka diğer özellikleri olumlu ya da olumsuz etkiler. Her canlı, birbirinden farklı değişkenlerin etkisi altında olsa da, aynı türe ait bireyler genellikle benzer değişkenlerden etkilenir. Türler içerisinde gördüğümüz geniş çeşitlilik (örneğin bir kanişin bir Golden Retriever'a benzemiyor oluşu), bu değişkenlerin farklı değerler almalarının bir sonucudur. Kimi köpek daha uzun bacaklıdır kimisi daha kısa bacaklı, kimi daha kıllı kimi daha kel, kimi daha açık renklidir kimi daha koyu... Bahsettiğim gibi bu, sadece canlılar için değil, her türlü cisim ve ürün için de geçerlidir. Bir varlığı tanımlayan belli parametreler vardır ve bu değişkenlerin aldığı farklı değerler, son ürünün neye benzeyeceğini ve belli bir ortamda ne kadar başarılı olacağını, belli bir işi ne kadar başarılı bir şekilde yapacağını, ne kadar yüksek veya düşük performans sergileyeceğini belirler. Ancak bu bölümde, biyolojik unsurların evrim algoritması çerçevesindeki değişimlerine odaklanacağım ve biyoloji-harici unsurları Evrimsel Mühendislik bölümüne bırakacağım.

Bu değişkenlerin değişerek evrimde nasıl bir role sahip olduklarını daha iyi anlamanızı sağlayacak bir örnek vereyim: Evrim karşıtlarının bir zamanlar en sevdiği örneklerden olan, ancak evrimsel biyologların özverili çabaları sayesinde, evrimsel tarihinin ve kökenlerinin tamamen aydınlatılması başarılan bakteri kamçıları... Bazı bakteriler *flagellum* (çoğul: *flagella*) adı verilen kamçılar sayesinde hareket ederler. Bu kamçılar, bir grup proteinin adeta bir DC motor[2] gibi çalışması sayesinde, döner (rotasyonel) bir hareket yaparak canlının kendisini ileri doğru itmesini sağlar. Bu motor protein yapısı öylesine ilginçtir ve karmaşık yapısı sistemin anlaşılmasını öylesine güçleştirmektedir ki, evrim karşıtı bilim düşmanları bunun doğal süreçlerle asla var olamayacağını, dolayısıyla bunların son haliyle ve birdenbire yaratılmış olması gerektiğini iddia etmişlerdir. Sonuç? Elbette, bu yapıların tamamen doğal süreçlerle oluşabileceği ispatlanmıştır. Ancak benim burada yapacağım bu dar görüşlü kişilere cevap

2 DC motorlar, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren, dönebilen yapıdaki elektriksel makinelerdir. En yaygın tipleri, manyetizma sayesinde çalışır. Birçok DC motorda bulunan iç devre ve düzenekler, elektriğin akış yönünü periyodik olarak değiştirerek motorun sürekli aynı yönde dönmesini sağlar ve dönüş hızını ayarlar.

yetiştirmek değil. Ben burada evrimin, bir canlının (veya canlıların belli bir özelliğinin) değişkenlerini değiştirerek nasıl çözümler üretebileceğini bu ilginç örnek üzerinden göstereceğim.

2015 yılında *Science* dergisinde yayınlanan bir makale, *Pseudomonas fluorescens* isimli bakterinin hareketini sağlayan kamçılarının gözlerimizin önünde, tekrar tekrar ve hızla nasıl evrimleşebileceğini göstermiştir. Bu deneyde araştırmacılar, bakterinin *fleQ* isimli bir genini mutasyona uğratarak işlevini bozmuşlardır. Böylece bakteri kamçılarını üretemez, dolayısıyla da hareket edemez hale gelmiştir. Ancak evrim, sadece 96 saatte (bu bakterilerin üreme hızı göz önüne alınacak olursa, sadece birkaç on nesilde) bu parametreler arasından en uyumlu olanları tekrar seçerek bakterilerin tekrar hareket edebilecek şekilde değişmesini sağlamıştır!

Birkaç on nesilde olan, özetle şudur: 2 farklı mutasyon, bakterinin moleküler çalışma biçimini değiştirerek kamçının kullanımını geri kazandırmıştır. Son ürün, orijinal bakteri ile aynı değildir ve tamamen farklı bir mekanizma ile çalışmaktadır. Fakat evrim, hareket etmenin hayatta kalmak için mutlak olduğu şartlar altında gerçekleştirilen bu deneyde, bakterilerin yepyeni bir evrimsel sürece girerek kaybettikleri özelliklerini geri kazanmalarını sağlamıştır. Deneye biraz daha detaylı bakalım:

P. fluorescens bakterisinin nitrojen (azot) düzenleyici sistemleri içerisinde bulunan *ntrC* geni, kamçı için gerekli olan *fleQ* geninin uzak bir homologudur (ikisi de uzak bir ortak atayı paylaşmaktadır) ve tamamen farklı bir görev için kullanılmaktadır: Azot alımı ve metabolizması... Sözünü ettiğim 2 mutasyondan biri bu gen üzerinde, diğeri ise *ntrB* isimli bir diğer gen üzerinde meydana gelmiştir. *ntrB* üzerinde meydana gelen ilk mutasyon nedeniyle genin faaliyeti artmıştır. Bu durum, *fleQ* geninin aktivitesini yitirmesi sonucu üretimi azalan bazı proteinlerin üretimini mümkün kılmıştır. Böylece bakteride *fleQ* yitiminin yarattığı sorunların önüne geçilebilmiştir.

Tabii burada olan, söz konusu mutasyona sahip bireylerin yeni ortamda bir anda avantajlı konuma geçmeleridir. Yoksa *fleQ* geni aktivitesini yitirdiği için *ntrC* geni mutasyona uğrama "kararı" almamıştır. Genler bu tip "kararlar" alamazlar da zaten... Bu mutasyon, deneyin başlamasından önce halihazırda popülasyon içerisinde bulunuyor olabilir. Kimi zamansa, şans eseri deneyin başlamasından sonra da işe yarar mutasyonlar meydana gelebilir elbette; ancak bu çok daha nadiren gerçekleşir. Mutasyonun ne zaman meydana geldiği çoğu zaman sonucu değiştirmeyecektir. Örneğin bu örnekte, *P. fluorescens* bakterisi deneyinde bu mutasyon deney başlangıcından sonra meydana gelmiştir. Ne zaman ki bu mutasyona sahip bireyler avantajlı konuma geçer, seçilim mekanizmaları sayesinde o gen çoğalır, dolayısıyla o özelliğe daha sık rastlanır. Söylemek istediğim, mutasyonların ihtiyaca bağlı olarak bir anda oluşuvermesinin söz konusu olmadığıdır. Mutasyonlar popülasyon içerisinde sürekli birikir; ancak bunların avantaj veya dezavantaj sağlama durumu çevrenin o anki durumu ve değişim miktarı ile ilişkilidir.

Deneyde gözlenen ikinci mutasyon ise söz konusu genin kamçıların hareketinde ve hayati kimyasallara yönelimindeki (buna "kemotaksi" denir) görevlerini düzenlemeye yaramıştır. Bu iki mutasyona birden sahip olan bakteriler, hareketi engellenmiş olan diğerlerinden avantajlıdır, çünkü besinlere yeniden ulaşabilirler. İşte sadece birkaç on nesil ve yalnızca saatler içerisinde gözlerimizin önünde yaşanan evrimin en güzel örneklerinden birisi budur.

Ne var ki tıpkı daha önceki paragraflarda verdiğim uçak veya kas örneklerinde olduğu gibi, *P. fluorescens* bakterisi örneğinde de bu parametrelerin değiştirilmesi, bazı diğer sorunları beraberinde getirmektedir. Yapılan gözlemler, bu bakterilerin besin kaynağı olarak sadece azotun bulunduğu ortamlarda kolay kolay üreyemediklerini göstermektedir. Üreme yetileri tamamen yitirilmemiştir; fakat gözle görülür bir biçimde körelmiştir. Bunun nedeni, kamçıların yitirilmesini çözen genetik mutasyonların azot düzenleyici sisteme de etki ediyor olmasıdır. Fakat unutmamak gerekir ki evrim, tek bir özelliğin değişimiyle ilgili bir durum değildir. Sonuçta *P. fluorescens* bakterileri milyonlarca yıldır şu anda sürdürdükleri yaşam biçimine uyum sağlayacak şekilde evrimleşmişlerdir. Bu deney, sadece evrimi laboratuvar şartlarında gözlemek için bir yapının (bu durumda "kamçıların") bozulmasıyla ilgilidir. Elbette bu bozulma, bazı diğer ama daha önemsiz sistemlerden fedakârlıkla çözülebilecektir. Bu mantıklıdır, zira eğer ki hareket edemiyor ve beslenemiyorsanız (dolayısıyla ölmeye yüz tutmuşsanız), hayatta kalamayacağınız için üreyebiliyor olmanızın da hiçbir anlamı yoktur. Kaldı ki, araştırmacıların ilk makaleden sadece birkaç ay sonra yayınladıkları bir güncelleme makalesinde belirttikleri gibi, söz konusu problemler azot döngüsüyle ilgili *ntr* gen grubunda meydana gelen yeni mutasyonlarla çözülebilmiştir. Evrim, yeni doğan sorunlara da çözüm bulmayı başarmıştır!

Bu noktada dikkatinizi çekmek istediğim önemli bir konu var: Her ne kadar bu kitapta ve evrimle ilgili birçok diğer kitapta *"Evrim şöyle yapmıştır"*, *"Evrim böyle değiştirmiştir"* gibi bir dil kullanılıyor olsa da, aslında evrim öngörü sahibi, zeki ve bilinçli bir mekanizma değildir. Algoritmasında "öngörü", yani gelecekte neler olabileceğine dair tahminler bulunmamaktadır. Evrim, yapacağı bir değişimden önce, sonuca bir göz atarak elde edeceği sonucu beğenip beğenmezlik edemez. Evrim bir birey değildir, bir zekâya ya da bilince sahip değildir. Evrim, doğada birtakım biyolojik değişimler yaşandıktan sonra insanlar olarak geriye dönüp baktığımızda gördüğümüz o değişimler zincirinin genel adıdır. Canlılar bilinçli olarak değişmezler; fakat hayatta kalma arzusu en temel içgüdüdür ve canlıların vazgeçilmez bir parçasıdır. Buna bağlı olarak canlı popülasyonları içerisinde, değişen çevre koşullarına en uyumlu olanlar hayatta kalır, diğerleri elenir. Böylece uyumluların sayısı artmış olur. Bu sürece bir bütün olarak baktığımızda, *"Evrim canlıları değiştirdi"* deriz. Halbuki evrim aktif olarak kararlar alabilen, *"Tamam, şimdi bu canlıyı değiştireceğim"* diyebilen bir varlık değildir. Burada söz edilen *"Yerçekimi beni yere yapıştırwerdi"* cümlesinde bahsedilenden farksızdır. Dolayısıyla kullanılan aktif dil sizi şaşırtmasın. Evrim, kör bir şekilde işleyen doğal bir süreçtir.

Evrim aynı zamanda "elindeki malzemeleri kullanmak zorunda olan" bir doğa yasasıdır. Bu nedenle evrimsel süreçte bolca fedakârlık ve takas görürüz. Bir özellik iyileşirken, bazı diğerleri kötüleşebilir (Ekoloji ile ilgili bölümümüzde bu konunun detaylarına değineceğiz). Benzer şekilde kimi zaman kötüleşen bu özellikler, sonradan tekrar evrimleşerek eski güçlerine kavuşabilirler. Ancak genelde canlılar sürekli bazı şeylerden "fedakârlıklarda bulunarak" evrimleşirler. Elbette bu fedakârlıkta bulunma eylemi, bilinçli yapılan bir eylem değildir; zira ne canlılar "istedikleri şekilde" evrimleşebilirler ne de evrim, ileriyi görerek akıllı tasarımları tek bir evrimsel sıçramayla son ürüne ulaşarak üretebilir. Burada "fedakârlık"tan kasıt, evrimsel süreçte bazı özellikler iyileşirken bazı diğerlerinin zayıflayabilmesidir. Az önceki örnekte "feda edilen", azot düzenleyici sistemdir. Bu sistem hayatta kalmak için olmazsa olmaz değildir; ancak kamçılar öyledir. Azot düzenleyici sistemdeki sorunlar, daha düşük seviyeli başka sistemlerden fedakârlıklarda bulunularak evrimsel süreç içerisinde nihayet çözülebilecektir (ki yeni mutasyonlar ve bunların seçilimiyle söz konusu sorun çözülmüştür de). Böylece canlı, bu şekilde çok basamaklı ve çok yönlü bir evrimsel süreçten geçerek nihayetinde yepyeni türlere dönüşebilecektir. İşte bu nedenle daha önceki satırlarda evrimin tek bir özelliğin değişimine indirgenmemesi gerektiğinden söz etmiştim. Evrim, canlıların bir bütün olarak değişimidir. Ancak sonuçta bizler kitaplarımızda örnekler verirken ya da laboratuvarlarımızda örnekler incelerken tek bir özelliğe odaklanmak zorunda kalmaktayız. Halbuki evrim tek bir özellikle sınırlandırılmış değildir. Tek bir özelliğin değişiminden de ibaret değildir. Evrim, canlıların gen ve özelliklerinin değişimiyle tanımlanır ama evrim tarihi, bu değişen gen ve özelliklerin bir araya gelmesi sonucu durmaksızın değişen canlıların tarihidir!

Evrimsel değişimlerin kimi zaman bazı diğer özelliklerin bozulmasıyla sonuçlanmasını başarısızlık olarak algılayanlar ve bu nedenle evrimin hatalı bir mekanizma olduğu yargısına ulaşanlar, insanın her türlü zekâ, bilim ve teknolojiye dayanarak yaptığı ürünlerde de aynı sorunların olduğu gerçeğini unutmaktadırlar. Evet, eğer ki canlının özelliklerini belirleyen bir veya birkaç parametreyi değiştirirseniz, bazı diğer dengeleri bozabilirsiniz. Tıpkı bir uçağı güçlendirmeye çalıştıkça ister istemez ağırlaştırmamız gibi... Ancak bu demek değil ki canlılar bazı dengeleri bozulduğu için öncekinden daha kötü konuma düşerler. Üretilen ilk uçaklar oldukça ufak ve hafiftir; ancak günümüzdeki uçaklar gökyüzünde uçan kaleler gibidirler ve inanılmaz ağırlıklara sahiptirler. Bu demek değildir ki günümüzdeki bir Boeing 747, kendisinin atası konumundaki Wright Kardeşlerin uçağından daha kötüdür. Bozulan dengeler, başka değişimlerle telafi edilebilir. Evrim durağan değildir, süreklidir. Canlılar var oldukça evrim var olacak, evrim var oldukça canlılar değişecektir.

TÜRLER DEĞİŞİR: EVRİMSEL DEĞİŞİMLER...

Evrimsel biyolojinin temelinde, türlerin değiştiği gerçeği yatmaktadır. Fakat hemen fark edilebileceği gibi, canlılar tek bir şekilde değişmezler. Örneğin bir

insana 2 yaşındayken "bebek", 6 yaşındayken "çocuk", 15 yaşındayken "ergen", 24 yaşındayken "genç", 30 yaşındayken "yetişkin", 80 yaşındayken "yaşlı" deriz. Demek ki doğumundan ölümüne kadar da insan değişmektedir. Benzer şekilde, bir insan "bilgi" temelinde de değişimler yaşar. Doğumumuzdan itibaren deneyimlediklerimiz bilgilerimize bilgi katar. Bu bilgiler nedeniyle 5 sene önce "ak" dediğimiz bir şeye, 5 sene sonra "kara" diyebiliriz. Fakat evrimsel biyolojinin ilgi alanı bu değildir. Evrimsel biyoloji, belirli bir canlı türünün belirli bir bireyinin ömrü içerisinde, kendisinde meydana gelen değişimleri inceleyen bir bilim dalı değildir. Bu şekilde doğumumuzdan ölümümüze kadar yaşadığımız değişimlere "gelişim" adını veriyoruz. Bu tür değişimleri çalışan bilim sahası ise, "gelişimsel biyoloji" veya "gelişim biyolojisi" olarak biliniyor. Hatta sözünü ettiğim, "öğrenme" gibi daha özel ve beyne odaklı değişimler, sinirbilim gibi daha farklı bilim dallarının araştırma alanıdır. Bu durumda, evrimsel biyolojiyle ilgili anlaşılması gereken en temel nokta şudur: Bir insanın büyümesi, kas çalışarak kaslı hale gelmesi, yanarak bronzlaşması, eğitim görerek kültürel donanımını zenginleştirmesi, bir kaza sonrası kolunun kesilmesi ve benzeri konular evrimin alanı değildir. Bunlar gelişimsel veya bireysel değişimlerdir. Türü veya gelecek nesilleri etkilemezler.

Bu durumda, evrimsel biyoloji ne üzerine çalışır? Evrimi ilgilendiren asıl konu, bir türün veya tür popülasyonunun nesiller boyunca değişimidir. Hatta daha da resmî tanımı şu şekildedir: Bir canlı popülasyonunun nesiller içerisinde gen/alel frekansı dağılımdaki değişimlerdir.

Bu resmî tanımda popülasyon, aynı türe ait bireylerin oluşturduğu gruplardır. Genler, tüm canlıların hücreleri içerisinde bulunan genetik malzemenin belli proteinleri kodlayan parçalarıdır. Aleller, bu genlerin alabileceği farklı değerler olarak düşünülebilir ("göz rengi"ne etki eden *OCA2* ve *HERC2* genlerinin farklı versiyonları ve kombinasyonlarının "mavi" veya "kahverengi" göz renklerine neden olması gibi). Genetik malzeme, kabaca, bir canlının kendisinin ve o canlıyı oluşturan bütün yapıların şekillerini, çalışma biçimlerini, davranışlarını belirleyen nükleotit adı verilen kimyasal yapıtaşlarından oluşur. Bu nükleik asitler (dolayısıyla genetik malzeme), bir dizi ara süreç sayesinde, protein adı verilen başka kimyasal yapıtaşlarını üretir. Proteinler, canlıların vücutlarındaki sayısız sürecin hem yapısal olarak hem de süreç bazında işleyebilmesini sağlayan kimyasal yapıtaşlarıdır. Bu yapıtaşları, bir hücrenin yapısal bütünlüğünü koruyan zarın neye benzeyeceğini belirlemekten tutun da, tüketilen besinlerin oksijen kullanılarak yakılması sonucu enerji üretimini sağlayan kimyasal tepkimeleri hızlandırmaya ve kontrol etmeye kadar sayısız işleve sahiptir. Dahası proteinler, şeker ve benzeri diğer "yaşam molekülleri" (organik kimyasallar) ile bir araya gelerek bir canlının dışarıdan bakıldığında fiziksel olarak neye benzeyeceğini de belirler. Dolayısıyla proteinlerin önemli bir işlevi, genetik yapımızı (buna "genotip" denir), bir dizi işlem sonucu fiziksel yapımıza (buna "fenotip" denir) dönüştürmesidir. Genler, proteinleri kodlar. Proteinler ise bazı diğer kimyasal yapıtaşları ile bir araya gelerek fiziksel yapıyı, davranışları, özellikleri belirler. İşte bu nedenle, belli bir popülasyonun içerisindeki gen dağılımlarının (veya alel frekanslarının) değişimi, po-

pülasyonun genel özelliklerinin değişimi demektir. Evrimsel biyolojinin üzerinde çalıştığı konu da, bu tür bir değişimdir.

Burada birçok yeni terimle tanıştığımız için biraz toparlayalım: Genler, genetik yapımızı oluştururlar. Bu genler değiştikçe, genetik yapımız değişir. Genetik yapımız, daha önce uçak kanadı veya aslanlardaki kas miktarı örnekleri üzerinden giderek sözünü ettiğim değişkenler gibidir. Genetik yapımız değiştikçe, fiziksel yapımız da değişir. Her genetik değişim gözle görülür bir değişim yaratmayabilir. Örneğin genlerdeki her değişim sizin sarışınken kahverengi saça sahip olmanıza neden olmayabilir. Hatta aslına bakarsanız, birçok genetik değişim dışarıdan hemen gözlenebilir fiziksel değişimlere neden olmaz. Zaten/Aslında evrimden söz edebilmek için de "dışarıdan gözlenebilir fiziksel değişimler", olmazsa olmaz değildir. Çünkü unutmayınız: Genlerin değişimi, sadece üretilen proteinlerin değişmesi anlamına da gelebilir. Ancak üretilen proteinler de, bir organizmanın nasıl çalıştığını, ne özelliklere sahip olduğunu, hayatta kalıp kalamayacağını ve daha nice özelliği belirleyen kimyasal yapıtaşlarıdır. Bir organizmanın bir bütün olduğu unutulmamalıdır. Bir canlı, sadece dışarıdan neye benzediğinden ibaret değildir. Gen dizilimi, proteinler, bu proteinlerin katlanma biçimleri, organlar, sistemler gibi dışarıdan belli olmayan birçok unsur, dışarıdan gözlenebilir fiziksel özellikler ile bir araya gelerek bir canlıyı tanımlar. İşte bu sebeple gen bazında meydana gelen her değişim, evrimin ilgi alanına girme potansiyeline sahiptir. Bu genlerdeki değişimler, kısa veya uzun vadede bir canlının hayatta kalma ve üreme becerisini etkileyecektir. Dolayısıyla bir sonraki neslin özellikleri, doğrudan bu değişimlerle ilgili olabilmektedir. Biyolojik evrim (ya da kısaca "evrim"), canlıların nesiller içerisindeki değişimi olduğu için ve evrimsel biyoloji de bu sahada araştırmaların yürütüldüğü bir bilim dalı olduğu için, genlerimizdeki her türlü değişim evrim araştırmaları açısından önemli olabilmektedir.

ÇEŞİTLİLİK MEKANİZMALARI

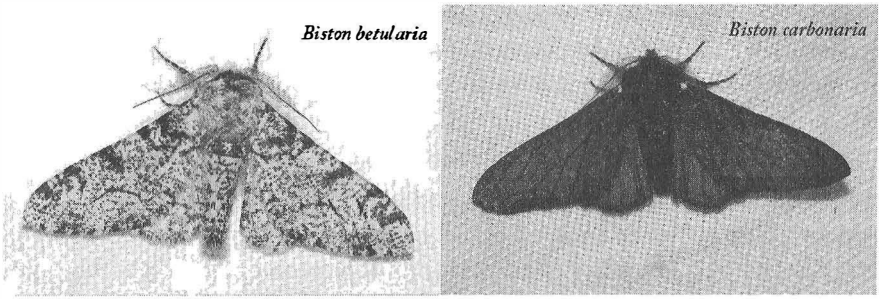
Evrimsel biyoloji, canlılardaki değişimi iki temel mekanizma grubuyla incelemektedir: çeşitlilik mekanizmaları ve seçilim mekanizmaları. Çeşitlilik mekanizmaları, bir canlının genetik yapısında değişime neden olan her türlü doğal sebeptir. Bunların başlıcaları mutasyon ve gen çaprazlanmasıdır (crossing-over). Bunları ufak birer örnekle inceleyelim:

Mutasyonlar, canlıların genlerinde meydana gelen rastgele değişimlerdir. Genellikle mutajenler adı verilen kimyasalların etkisi nedeniyle, evrenin her köşesini dolduran çeşitli radyoaktif ışımalar nedeniyle, genomumuz içerisinde bulunan hareketli parçaların etkisiyle veya basitçe, genlerimizin kopyalanması sırasında meydana gelen süreç hataları nedeniyle oluşurlar. Tüm bu unsurlar, genetik kodun bir kısmının değişmesine neden olur. Bu değişim, çok farklı şekillerde meydana gelebilir: Bazen genetik materyal içerisindeki bazı kodlar

(nükleotitler) silinir, bazen yeni nükleotitler diziye dahil olur, bazen bu kodlar tersine döner, bazen kendilerini fazladan kopyalayıp başka bir bölgeye yapıştırırlar, bazen hücrelerin kendisi hatalı kodları düzeltmeye çalışırken yeni hatalara neden olurlar ve daha nicesi... Fakat nasıl meydana gelirse gelsin, sonuçta olan, genetik yapının mutasyonlar nedeniyle rastgele değişmesidir.

Evrimin, daha önemlisi çeşitlilik-seçilim ilişkisinin, okullarda son derece sıkıcı ve klişe bir şekilde öğretilen, halbuki sanılandan çok daha ilginç ve öğretici bir örneği olan biber güvelerini (*Biston betularia*) ele alalım. Biber güveleri, mutasyonlar nedeniyle oluşan farklılıkların seçilimi sonucu canlıların farklılaşabileceğini gösteren en tipik evrim örneğidir. Sanayi Devrimi sırasında ağaç gövdelerinin toz ve dumanla bulanarak koyulaşması, eskiden rahatlıkla hayatta kalabilen daha açık renkli güvelerin ölmesine ve daha koyu renkli olanların avantaj kazanarak hayatta kalmasına neden olmuştur. Böylece güveler kademeli olarak daha koyu olacak bir biçime evrimleşmişlerdir. İşin ilginç yanı, *carbonaria* çeşidi olarak bilinen daha koyu güvelere 1811 yılından önce hiçbir yerde rastlanmamış olmasıdır. Bu koyu renkli güvelerin ilk canlı örneği 1848 yılında yakalanmıştır. 1864 yılına gelindiğindeyse, alışılageldik beyaz güvelerin sayısı yok denecek kadar azalmışken, siyah güveler baskın güve çeşidi haline gelmiştir. İngiltere'nin Manchester gibi bazı bölgelerinde siyah güvelerin görülme sıklığı %0'dan %98'e kadar ulaşmıştır! Yani bu siyah güveler, mutasyon sonucu beyazların popülasyonu içerisinde oluşmuş, sonrasında da değişen çevre şartlarına en iyi şekilde uyum sağlayarak popülasyonun evriminin o yöne doğru devam etmesine neden olmuşlardır. Dahası, bu siyah güvelerin genlerinde yapılan incelemeler, her birinin tek bir ortak atayı paylaştığını göstermektedir. Yani siyah biber güveleri gerçekten de tek bir mutasyon ve sonrasında o mutant genin seçilimi sonucu beyazlardan farklılaşan atasal bir siyah güveye dayanmaktadır.

Biber güvelerinin evrimi, bilim tarihi açısından öylesine önemli bir örnektir ki, evrimsel biyologlar, evrimi çürütmeye çalışan çevrelerin argümanlarının hepsini dikkate alarak tekrar tekrar deneyi gözden geçirmişlerdir. Örneğin, 1953 yılında Birmingham'ın çevre kirliliğiyle yüzleşen ormanlık alanlarında, 1955 yılında ise Dorset'nin temiz ormanlarında olmak üzere iki set araştırmaya imza atan Oxford Üniversitesi Zooloji Bölümü'nden Bernard Kettlewell, biber güvelerinin evrimine yönelik araştırmaların en önemli isimlerinden birisidir. Tüm detaylarına burada girmek epey bir yer kaplayacaktır; ancak Kettlewell'in yaptığı deney türüne biyolojide "işaretle, bırak, yeniden yakala" deneyi denmektedir. İsimden de anlaşılacağı üzere bu tür deneylerde hedefteki canlı türü vahşi doğada yakalanır, özel işaretleyicilerle işaretlenir ve doğaya geri bırakılır. Sonrasında, deneyin öngördüğü süre sonunda bu canlılar tekrardan yakalanır (kimi zaman bu tür deneylerde kıtalar arası dayanışmaya ihtiyaç duyulur ve her ülkeden halkın bu canlıları yakalayıp işaretli olup olmadıklarına bakmaları, işaretlilerse kimi zaman belli bir ücret karşılığında araştırmacılara bildirmeleri istenir). İşaretleyicilere sahip olan canlılar ve bunların popülasyonlarının zaman içerisindeki değişimi incelenir.



Görsel 1-3: Biber güveleri. Fotoğraflar Olaf Leillinger tarafından çekilmiştir. Wikimedia Commons lisansı çerçevesinde paylaşılmaktadır.

Kettlewell'in deneyinde de Birmingham'da 447'si siyah renkli (*carbonaria* tipi), 137'si beyaz-gri renkli (*typica* tipi), 46'sı ise adeta ikisi arasında geçiş renklerine sahip (*insularia* tipi) 630 erkek biber güvesi yakalanmış, işaretlenmiş ve doğaya salınmıştır. Deneydeki amaç, bu farklı renklerdeki güvelerin, Endüstri Devrimi sonrasında halen temiz kalmayı başarabilmiş ve devrim sonucunda kirlenmiş ormanlarda ne oranda avlandıklarını görmek, böylece çeşitliliğin seçilim ile etkileşimini anlamaktır. Deneyin başlangıcından 2 gün sonra rastgele 770 biber güvesi yakalanmıştır ve bu yakalanabilen güveler arasından 149'unun işaretli olduğu tespit edilmiştir. Bu süreçte güveler, kuşlar tarafından avlanmış ve sayıları değişmiştir. Yakalananlar arasından işaretli olanlar üzerinde yapılan sayım işlemleri, kirli ormanların olduğu ortamda siyahların hayatta kalma oranının %5.72, beyazların %1.48, geçiş renklilerin ise %4.35 olduğunu göstermiştir. Buradan da görülebileceği gibi, siyah renkliler kirlilik nedeniyle gövdeleri koyulaşmış ağaçların olduğu ormanlarda diğerlerinden neredeyse 4 kata kadar daha başarılıdır!

Kettlewell bununla da kalmamış, deneyini temiz bir ormanda tekrar etmiştir. Dorset'nin ormanlarında biber güvelerini incelemiş ve tüm çalışması sırasında sadece 1 adet *insularia* tipi geçiş rengine sahip güve tespit edebilmiştir; siyah renkli güvelere ise hiç rastlamamıştır. Bu durum, ormanın temizliğine işaret etmektedir. Bunun üzerine, bu ormanda araştırmasını tekrar etmeye karar vermiştir ve deney için yanında getirdiği 3000 adet önceden işaretlenmiş siyah güveyi (*carbonaria*) ormana salmıştır. Birkaç gün sonunda yakaladığı 190 güveden yola çıkarak hangi güvelerin daha sıklıkla kuşlar tarafından avlandığını tespit etmiştir. Hesaplamaları, avlanan güvelerin %86'sının siyah renkli, sadece %14'ünün ise beyaz renkli olduğunu göstermiştir. 11 gün boyunca süren salma ve geri yakalama deneylerinde toplam 799 güve kullanmış, beyaz renkli güvelerin ortalamada %13.7'sini geri yakalamayı başarırken, siyah olanların sadece %4.68'ini geri yakalayabilmiştir. Bu durum, temiz ormanlarda beyaz renkli güvelerin gerçekten de yaklaşık 3 kata kadar daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Deney, dünyaca ünlü hayvan davranışları bilimcisi, Nobel ödüllü Nikolaas Tinbergen tarafından da gözden geçirilmiştir. Tinbergen, kuşların gerçekten de –deneyin varsaydığı gibi– güvelerin ana avcısı olduğunun doğrulanması konusunda da deneye katkı sağlamıştır. Deney için video kayıt teknolojisini kullanan Tinbergen, bir devam deneyinde 154'ü *carbonaria*, 64'ü *typica*, 9'u *insularia* olan 227 güvenin kaydını tutmuş ve Endüstri Devrimi nedeniyle kirlenmiş ormanda siyahların %82'sini, beyazların %16'sını, geçiş renklerine sahip olanların %2'sini geri yakalayarak Kettlewell'in sonuçlarını bir kez daha doğrulamayı başarmıştır. Üstelik bu deney sırasında kuşların güveleri yiyişi kameralara yakalanmış, deneyin öngörüleri doğrulanarak argümanları güçlendirilmiştir.

Buna rağmen deneye yönelik eleştiriler uzun bir süre kesilmemiş, özellikle de evrim karşıtları doğal seçilimin temellerini ispatlayan bu deneyin altını oymak için ellerinden geleni artlarına koymamışlardır. Ancak giderek artan kapsam ve güvenilirlikteki tekrar deneyleri, araştırmanın sonuçlarını tekrar tekrar doğrulamayı başarmıştır. Örneğin, İngiliz genetik bilimci ve evrimsel biyolog Michael Majerus'un 2001 yılında başlayıp 7 yıl boyunca süren ve 4864 güve üzerinde yürütülen biber güvesi evrimi deneyi; 1960'larda başlayan ve 2002'de *"Güveler ve İnsan"* adlı kitabın yayınlanmasıyla doruk noktasına ulaşan "biber güvelerinin evrim geçirdiğinin aslında bir yalan olduğu" iddiasını net bir şekilde çürüten deney olarak tarihe geçmiştir. Alanındaki en kapsamlı deneylerden biri olarak kabul edilen Majerus'un Biber Güvesi Evrimi Deneyi, evrimsel biyologların iddialarını, tartışmaya yer bırakmaksızın doğrulayan çok net sonuçlara ulaşmıştır. Bu deneyin detaylarına girmek, onlarca yılı kapsayan bir süre zarfı boyunca Kettlewell'in deneyine yapılan eleştirileri detaylıca ele almayı gerektirecektir. Bu nedenle bunu atlayacağım; fakat konunun evrimsel biyoloji camiası dahilinde net bir şekilde çözüldüğünü söyleyebilirim. Deneyin metodolojisini eleştirenler arasında bulunan evrimsel biyolog Jerry Coyne; Majerus ve arkadaşlarının yaptığı deney sonrasında fikrini değiştirerek deneyin isabetliliğini ve sonuçlarını kabul etmiştir. Majerus'un araştırmasının sonuç cümlelerinden birisi şu şekildedir:

"Bu yeni veriler, bu konuda daha önceden yapılan çalışmalara yönelik eleştirileri yanıtlamakta ve daha önceden yapılan deneylerin metodolojisini doğrulamaktadır. Yeni veriler, daha önceden elde edilen verilerle bir araya gelerek, biber güvelerindeki renk değişimi evriminin Darwinci evrimin iş başında olduğu en net ve anlaması en kolay örneklerinden birisi olduğu gerçeğini doğrulamaktadır."

Bilim düşmanlarının bu konuyla ilgili çürütme çabaları doğrultusunda bazı eski yazılarını kullandıkları büyük evrimsel biyolog Jerry Coyne, bu sonuçla ilgili şunları söylemektedir:

"Araştırmacıların vardığı sonuca tamamen katılmaktan mutluluk duyuyorum. Bu araştırma, Biston hikâyesiyle ilgili daha önceki eleştirilerime cevap vermiştir."

Yani anlayacağınız evrim, diğer tüm türleri olduğu gibi biber güvelerini de değiştirmekte ve değişen ortam koşullarına uyum sağlamalarını mümkün kılmaktadır. Koyulaşan ağaç gövdelerine uyum sağlayan biber güveleri örneği, mutasyon sonucu ortaya çıkan yeni bir çeşidin, yepyeni görünümlü bir canlının evrimleşmesi yönündeki en net evrim örneklerinden birisidir.

Bu tip deneysel ispatlara gelen en yaygın eleştirilerden birisi, "kelebeklerin sonuçta kelebek olarak kaldığı" ve "renk değişiminin pek de önemli bir değişim olmadığı" argümanıdır. Bu konuya *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları*'nda detaylıca açıklama getirmiştim; bu kitabın da ilerleyen bölümlerinde tekrar detaylarını ele alacağız. Ancak bu bölümün başlarında da belirttiğim gibi, burada verilen örnekler tekil örneklerdir. Ne var ki canlılar üzerinde seçilim baskısı sadece "renk" ya da "boy uzunluğu" gibi tekil özelliklere etki etmemektedir. Aynı anda çok sayıda fiziksel, kimyasal ve davranışsal özellik, seçilim baskısı altında kalabilir ve bunun uzun vadede etkisi, tüm bu özelliklerin farklı yönlere doğru evrimleşmesi biçiminde olacaktır. İşte bu şekilde bütüncül düşünüldüğünde, bu tip renk değişikliği veya boy değişikliği gibi fiziksel görünüm üzerindeki değişiklikler, çok daha kapsamlı bir değişim sürecinin tekil parçaları olarak karşımıza çıkacaktır. Üniformitaryanizm, bu tekil değişikliklerin uzun dönem evrim yasası etkisi altında kapsamlı farklılıkları yaratacağını söyler. Bir nehrin yatağını milim milim kazması, uzun vadede etki eden sabit doğa yasaları etkisi altında Büyük Kanyon gibi doğa harikalarını yaratabilir. Canlıların özelliklerinin gıdım gıdım seçilmesi, uzun vadede etki eden sabit doğa yasaları etkisi altında günümüzdeki nefes kesen çeşitlilik gibi doğa harikalarını yaratabilir. Hepsi bu!

Gelelim bir diğer çeşitlilik mekanizması olan gen çaprazlanmasına...[3] Bu, hücre bölünmesi sırasında kromozomlar (genleri bünyesinde barındıran daha büyük yapılar) arasında meydana gelen kromozom parçası transferidir. Bu süreç sırasında gen dizileri ve genlere ait aleller kromozomlar arasında yer değiştirir. Yavruların ebeveynlerinden farklı görünüme sahip olabilmesinin temel sorumlusu bu gen çaprazlanmasıdır. Gen çaprazlanması, mutasyonlarla bir araya gelerek müthiş bir genetik çeşitlilik yaratma potansiyeline sahiptir.

Gen çaprazlanması sonucu oluşan çeşitliliğe spesifik bir örnek vermek oldukça güçtür, çünkü eşeyli üreyen canlıların erkek ve dişilerinde bulunan her bir üreme hücresinin üretiminde gen çaprazlanması sonucu oluşmuş farklı çeşitlilik unsurları bulunacaktır. Bunun sebebi, gen çaprazlanmasının mayoz bölünmenin önemli bir basamağı olmasıdır ve neredeyse her mayoz bölünmede bu şekilde bir gen karıştırılmasına rastlanılmasıdır. Genlerin adeta "karılması" sonrasında üretilen sperm ve yumurtadan rastgele bir çiftin bir araya gelmesi,

3 Gen çaprazlanması" kalıbı kimi zaman Mendel'in meşhur bezelye deneyindeki gibi bir çaprazlanmaya ithafen de kullanılabilir. Bu kitap boyunca, aksi ifade edilmediği müddetçe, "gen çaprazlanması" dendiğinde mayotik hücre bölünmesi sırasında kromozom parçalarının rastgele yer değiştirmesiyle meydana gelen, hücre içerisinde yaşanan genetik parça değişimi olayı (İng: "cross-over" veya "crossing-over") akla gelmelidir.

genetik olarak "karılmış" bir yavrunun oluşmasını sağlar. Dolayısıyla bu yavrunun hemen her özelliğinde gen çaprazlanmasının etkisini görmek mümkündür. Yine de, gen çaprazlanmasının evrimsel biyoloji açısından önemine bir örnekle değinmekte fayda görüyorum:

Gen çaprazlanmasının çeşitlilik açısından önemi, çeşitlilik yaratma hızında yatmaktadır. Mutasyonlara nazaran gen çaprazlanması aracılığıyla çeşitlilik yaratmak çok daha kolaydır. Örneğin, meyve sineği olarak da bilinen *Drosophila* türünde yapılan bir araştırmada, doğal bir şekilde yaşamını sürdüren meyve sineklerinden bir grup dişi ve erkek seçilmiş ve bu seçilenlerin özellikle birbirleriyle çiftleşmeleri sağlanmıştır. Deney sonucunda yapılan gözlemlerde, meyve sineği popülasyonlarındaki aynı kap içerisinde bulunmaktan ve doğrudan çiftleşebiliyor olmaktan (dolayısıyla gen çaprazlanmasından) doğan çeşitliliğin, mutasyonlar sayesinde oluşan çeşitliliğe nazaran %25-75 arası daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Üstelik bu kadar ciddi bir çeşitlilik farkı, sadece tek bir nesilde yaratılabilmektedir!

Evrimin gen çaprazlanması mekanizmasının önemli bir sonucu da, bu mekanizmadan kaynaklı genetik izlerin canlıların gen haritalarının çıkarılması ve evrimsel ilişkilerinin belirlenmesi araştırmalarındaki kullanımıdır. Gen çaprazlanması, bir grup genin bulunduğu yerden koparak eş kromozomdaki versiyon (alel) ile yer değiştirmesi demektir. Yani DNA veya gen parçalarının *fiziksel olarak bulundukları yerden koparak*, başka bir pozisyona yerleşmeleri gibi bir mekanizmadan söz etmekteyiz. Gen çaprazlanmasındaki bu hareketlilik, fizik ve kimya yasalarının da bu mekanizma dahilinde daha bariz bir etkiye sahip olmasıyla oluşmaktadır. Örneğin birbirine daha yakın olan genler, gen çaprazlanması sırasında beraberce yer değiştirmeye meyillidirler; çünkü birbirlerine kimyasal bağlarla bağlıdırlar. Biri hareket ederse, diğerlerinin de onunla gelmesi olasıdır. Bir diğer deyişle, bunların da o hareket edenle beraber hareket etmesi çok daha olasıdır. Benzer şekilde, birbirinden uzak olan genler daha nadiren beraberce yer değiştirirler ve yakın olanlara kıyasla kromozom üzerindeki hareketleri daha bağımsızdır. İşte genetik bilimciler bu durumdan kaynaklı ortaklaşa yer değiştirmelerin konumlarına ve tarihlerine bakarak, canlıların genomlarını (bir canlının genlerinin tamamı) haritalandırabilirler. Bu haritalar sayesinde evrimsel biyologlar türlerin birbirleriyle akrabalık ilişkilerine yönelik çıkarımlar ve tespitlerde bulunabilirler.

Her ne kadar günümüzde gen çaprazlanmasına dayalı genetik haritalandırma metodu oldukça eski bir yöntem olarak kalsa da (günümüzde genomu nükleotit nükleotit dizilememizi sağlayan son derece hassas ve isabetli makineler bulunmaktadır), evrimin bir mekanizmasının gen haritalama teknolojisinde kullanılabilir olması, evrimi anlamanın hayatımızdaki önemini farklı bir açıdan göstermektedir. Zira gen haritaları, canlıların evrimsel tarihine açılan önemli kapılardır ve bu haritaların sırlarını ne kadar detaylı olarak çözebilirsek, kendimizi tanımamız o kadar mümkün olacaktır.

Gen çaprazlanmasının evrimsel biyolojideki bu önemli konumuna rağmen, mutasyonlar evrimsel biyoloji dahilinde popülasyonlarda görülen çeşitliliğin ana/nihai kaynağı olarak bilinirler. Çünkü mutasyonlar sayesinde canlı popülasyonlarına sürekli olarak yeni çeşitler (varyantlar) eklenebilmektedir. Bir mutasyon, popülasyon içerisinde daha önce hiç görülmeyen genetik bir çeşitliliği yaratma gücüne sahiptir. Gen çaprazlanması ise, var olan çeşitliliğin "karılması" ve "karıştırılması"na yarayan, oldukça güçlü bir evrim mekanizmasıdır.

Mutasyonlar ve gen çaprazlanması haricinde transpozonlar da kimi zaman çeşitliliğe büyük katkılar sağlayabilen bir evrim mekanizmasıdır. Transpozonlar, kromozomlar içerisinde bir noktadan diğerine adeta "sıçrayan" gen parçalarıdır. Bu transpozonlar sayesinde, bir gen parçası (hatta gen grupları), kromozomun bir noktasından bir diğer noktasına taşınabilirler. Böylece tüm özelliklerimizi içerisinde barındıran genetik kodumuz değişir. Transpozonların detaylarına burada girmeyeceğim, zira son derece geniş bir konu ve bir miktar teknik arka plan bilgisi gerektiriyor. Konuyu uzatmamak adına sadece ne olduklarından bahsetmeyi ve yola devam etmeyi uygun görüyorum. Merak edenler, konu hakkında biraz daha fazla bilgi edinmek için *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* isimli kitabıma göz atabilirler.

Popülasyon içerisinde yepyeni çeşitliliklerin yaratılmasını sağlayan mekanizmalar bunlarla da sınırlı değildir. Örneğin viral enfeksiyonlar sırasında virüs DNA'sının (veya kimi durumda RNA'sının), bakteriyel enfeksiyonlar sırasında ise plazmid adı verilen küçük, dairesel bakteri DNA'sının (genetik malzemenin), bu varlıkların bulaştığı konak canlıya aktarılması sonucu da genetik değişimler meydana gelebilir. Bu sırada birbiriyle asla çiftleşemeyecek, dolayısıyla genleri karışamayacak olan canlı türleri arasında gen aktarımı olur (buna "Yatay Gen Transferi" denir). Bir türün, bambaşka bir türe gen taşıdığını düşünün! Bunun çeşitliliğe hiç beklenmedik noktalarda nasıl katkı sağlayabileceği aşikârdır. Örneğin, Botanik bölümünde göreceğimiz gibi bazı bitkiler, kendilerine diğer bitkilerden virüsler tarafından taşınan genler sayesinde yepyeni özellikler kazanabilmiş ve hayatta kalma şanslarını arttırarak avantajlı konuma geçmişlerdir.

Tüm bu tanımlardan da görülebileceği gibi, bunlar meydana geldiğinde, canlının genetik yapısı, eskiden olduğundan farklı bir hale dönüşür. Her türlü çeşitlilik mekanizmasından kaynaklı değişim, eğer ki üreme hattı (üreme organları, üreme hücreleri –sperm ve yumurta–, sperm ve yumurtanın birleşmesi sonucu oluşan zigot veya zigottan meydana gelen ilk birkaç hücre) üzerinde bir etkiye sahipse –ki çoğu zaman sahiptir–, bu değişimler kalıtsaldır ve gelecek nesillere aktarılabilir. Bu genetik değişimler, nesiller içerisinde sürekli olarak birikir ve çoğalırlar; bunlardan kaçış yoktur.

Özetle, bu mekanizmalarla ilgili en temel nokta, bu değişimlerin tamamen tesadüf eseri (rastgele) meydana gelmesidir. Mutasyona neden olacak bir radyoaktif ışının hangi hücrenize, hangi açıyla girip, hangi nükleotidi değiştireceğini bilemezsiniz ve ayarlayamazsınız. DNA'nızın ne zaman hatalı kopyalanacağını

bilemezsiniz. Dahası, her ne kadar canlılarda bu genetik bozulmaları düzeltecek mekanizmalar mevcut olsa da, bu düzeltici mekanizmalar da her zaman kusursuz çalışamaz ve sıklıkla hata yaparlar. Düzeltici mekanizmaların ne zaman hata yapacaklarını da öngöremez veya bu hatalara müdahale edemezsiniz. İşte bu nedenle tüm canlılar, sürekli olarak, rastgele değişimlere maruz kalırlar.

Bazı okurlarımın *"E, bu durumda bunca canlılık tesadüf eseri, rastgele mi oluştu?"* dediğini duyar gibiyim. Hayır, eğer ki öyle olsaydı evrim hakkında tuğla gibi kitaplar yazılmaz, bugüne kadar yüz binlerce akademik makale yayınlanmazdı; yazarlar *"Tesadüf işte..."* deyip geçerlerdi, herhangi bir ek açıklamaya veya detaya gerek kalmazdı. Ben de daha ilk bölüm içerisinde sayfalarca bu konulara yer vermezdim. Fakat bu kitaplar ve makalelerden de görebileceğiniz gibi, evrimin çok iyi tanımlanmış bir dizi mekanizması vardır (ki bunlardan çeşitlilikle ilgili olanları az önce tanıttım). Evrimin neden rastgele olmadığını anlamak için, nasıl çalıştığını tam olarak bilmek gerekmektedir. Bunu sağlamak içinse, ikinci mekanizma grubuna, yani seçilim mekanizmalarına bakmalıyız:

TESADÜFÜ ORTADAN KALDIRANLAR: SEÇİLİM MEKANİZMALARI

Bölümün başında verdiğim iki önemli şahsın sözlerinden de anlayabileceğiniz gibi, evrimin bu kadar güçlü, tüm insanlığın gidişatını değiştiren ve birçok temel varsayımı sarsan bir bilim olmasının nedeni, düzensizlikten düzenin nasıl oluşabileceğini açıklama gücüne sahip olmasıdır. Evrimsel biyoloji, bu açıklamayı seçilim mekanizmaları ile yapar. Çeşitlilik mekanizmaları, durmaksızın, sürekli olarak yeni farklılıklar ve çeşitler (varyasyonlar) yaratır. Fakat bu çeşitlilik yaratımı rastlantısaldır. Dolayısıyla anlamlı ve işlevsel bir değişime neden olma şansı oldukça düşüktür. Bunu, kitabın ikinci bölümünde matematiksel olarak ispatlayacak ve sizlere göstereceğim. Fakat ola ki bu rastlantısal değişimlerin hangilerinin işlevsel, hangilerinin işlevsiz olduğunu ayırt edebilecek bir doğa mekanizması tespit edilebilirse, bu sorun tamamıyla ortadan kalkmış olacaktır (ve bu gerçekten olmuştur da!). Doğada gerçekten de böyle bir "ayıklama" mekanizmasının var olduğuna dair keşif, 19. yüzyılın ortalarında, doğa bilimci ve jeolog olan, aynı zamanda evrimsel biyolojinin babası olarak bilinen Charles Darwin'den gelmiştir: Doğal seçilim.

Darwin, canlıların belli özellikleri daha fazla/güçlü/bariz/faydalı şekilde taşıyanlarını birbirleriyle çiftleştirip bu özelliklere sahip olmayanların üreme miktarını kısıtladığımızda, o özelliklere giderek artan miktarlarda sahip olan canlıları üretebileceğimizi keşfetmişti. Aslında bu, işin "bilimsel keşif" tarafıydı. Dilenen özellikleri taşıyan canlıların nesiller boyunca birbiriyle çiftleştirilerek, o özelliklerin daha da vurgulandığı (daha fazla ortaya çıktığı) nesiller elde edebileceğimiz, binlerce yıldır insanlar tarafından bilinmekteydi. Daha

doğrusu bilinçli olarak bilinmese bile, farkında olmadan sürdürülegelen bir uygulamaydı. Köpekler, kediler, domuzlar, inekler, koyunlar, atlar gibi sayısız hayvan bu mekanizmanın kullanılması sayesinde evcilleştirilmiş; mısır, brokoli, lahana, karnabahar, muz, buğday gibi bitkiler bu mekanizma kullanılarak kültürlenmiştir (ehlileştirilmiştir). Fakat bunu bilimsel olarak sağlam temellere oturtan ve sistematik gözlemlerle doğrulayan ilk isim, Darwin olmuştur. Darwin buna "yapay seçilim" adını vermiştir. Buna "yapay" adını vermiştir, çünkü "insan veya başka bir hayvan tarafından yönlendirilmeyen", "yapay olmayan", yani "doğal" olan bir seçilimin de varlığını keşfetmeyi başarmıştır. Charles Darwin'i bilim tarihindeki en kıymetli isimlerden biri kılan şey, yapay seçilim fikrini bir adım öteye taşıyarak doğada var olan ve bir bilinç tarafından yönlendirilmeyen bir mekanizmanın, doğal seçilimin varlığını keşfetmesi, evrime sistematik bir bakış açısını ilk defa kazandırmayı başarması ve evrimin işleyişini derli toplu bir biçimde gözler önüne seren bir mekanizma önermesidir.

Doğal seçilim, bir canlının sahip olduğu özelliklere bağlı olarak hayatta kalıp kalamayacağının doğa tarafından, doğal süreçlerle belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu, her ne kadar resmî bir tanım olmasa da, konunun özünü anlamak açısından faydalıdır. Az önce sözünü ettiğim çeşitlilik mekanizmalarından ötürü çeşitlilik, sürekli ve rastgele olarak yaratılır. Fakat bu çeşitlilik, kendisinin belli bir yaşam alanı için faydalı mı, zararlı mı, etkisiz mi olduğunu bilemez, belirleyemez, öngöremez. Çünkü o spesifik çeşitlilik, daha yeni meydana gelmiştir ve dahası, tamamen rastgele meydana gelmiştir. Fakat bu genetik değişim, aynı zamanda canlının fiziksel yapısında, davranışlarında, özelliklerinde, niteliklerinde ve niceliklerinde de değişime neden olabilir. Bu fiziksel yapı, moleküler boyuttan organizmanın kendi boyutlarına kadar herhangi bir seviyeyi kapsamaktadır ve bunların herhangi birinde meydana gelen hemen her türlü değişim, evrimin ilgi alanındadır. Bunun sebebi, değişimin duruma, zamana, koşullara, canlının özelliklerine bağlı olarak, o canlının hayatta kalıp kalmamasını etkileyebilecek olmasıdır. Çeşitlilik mekanizmalarından kaynaklı bu genetik değişimler, fiziksel değişimlere neden olmaları bakımından, canlının hayatta kalma başarısını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilir. İşte bir canlının, özelliklerinden ötürü sahip olduğu "hayatta kalma olasılığı"na *uyum başarısı* (İng: fitness) denir. Bu uyum başarısı miktarına göre canlının hayatta kalıp kalamayacağının doğa tarafından belirlenmesine ise *doğal seçilim* adı verilir.

Bu tanımı anladıysak, artık bir taşla iki kuş vurmamız mümkündür. Doğal seçilim rastlantısal değildir, tam tersine, son derece sistematiktir: Çevresine uyum sağlayabilecek genetik ve dolayısıyla fiziksel yapıya sahip olan bireyler çok daha kolay hayatta kalırlar, diğerleri ise elenirler. Bu rastgele bir süreç değildir. Evet, doğanın değişimi, dolayısıyla canlıların uyum sağlaması gereken alanların değişimi büyük oranda kaotiktir; aşırı fazla değişkenin karmakarışık bir dansından ibarettir. Aslında doğanın her türlü değişkenini takip edip her birinin diğeri ile etkileşimini belirleyebilsek, bu kaotik yapı içerisinde bazı desenler

görmemiz mümkün olabilir. Ama bu, konumuz açısından önemsizdir. Doğa tamamen rastgele de değişiyor olsa, kısmen rastgele de değişiyor olsa, hatta ve hatta bilinçli bir kuvvet tarafından değiştiriliyor olsaydı bile, bu durum evrimin işleyişini ve gerçekliğini etkilemezdi. Evrimsel açıdan önemli olan "sonuç"tur. Sonuç, o doğa içerisinde yaşayan canlının, o anki doğa koşullarına uyumlu olup olmadığıdır. Bu gerçek, vurduğumuz birinci kuştur.

İkinci kuş ise, canlı, nasıl değişeceğini bilinçli olarak seçemeyecek olmasına rağmen, süregelen değişimi sistemli bir şekilde takip edebilecek olmamız gerçeğidir. Doğal seçilim, rastgele oluşan çeşitlilik içerisinden, doğaya uyumlu varyasyonların hayatta kalmasını sağlayıp diğerlerininse yok olmasına neden olan (ve genellikle onları yok oluşa zorlayan) bir mekanizmadır. Doğal seçilim, evrimin daha önceden sözünü ettiğim algoritmasının kalbinde yer alır. Evrim bu sayede, herhangi bir bilince ihtiyaç olmaksızın, kaostan düzenin meydana gelebilmesini sağlayabilmektedir. Bu, tıpkı, kaynağından hangi açıda, ne kadar kaotik, ne kadar karmaşık bir şekilde çıkarsa çıksın bütün suların "aşağı doğru" akmak zorunda olması gibidir. Kaos, tek ve kendisini tekrar eden bir doğa yasası (kütle çekimi) etkisi altında, düzene dönüşür. Böylece oldukça düzenli görünen akarsular, nehirler, ırmaklar ve çaylar oluşabilir.

Kaostan düzen yaratma gücü olan doğal seçilimin yapay seçilimden farkı, yapay seçilimde bir canlının hangi özelliklerinin "arzulanır" olduğunu belirleyen, genellikle insan gibi daha zeki türlerin varlığıdır (insan harici hayvan türlerinde de kısıtlı da olsa yapay seçilimi görmek mümkündür). Doğal seçilim çerçevesinde ise bir bilinç yoktur; seçme ve elemeye neden olan, "doğa koşulları"dır. Fark edilebileceği gibi doğa koşulları, bilinçli olarak değişmez. İnsanların, örneğin *"Daha uysal köpekleri seçeyim"* diyebilmesinin aksine; bulutlar *"Bu yıl daha fazla yağmur bırakalım"* diyemezler ya da Dünya, *"Şimdi deprem olsun"* diyemez. Fakat bulutların bu yetisinden tamamen bağımsız olarak yağmur, sürekli değişen miktarlarda yağar. Dünya'nın bilinçli olup olmamasından bağımsız olarak depremler, öngörülemez bir şekilde, sürekli meydana gelirler. Dolayısıyla bir doğa olayının bilinçli bir şekilde meydana gelmemesi, o doğa olayının nihayetinde düzensizlikten düzeni oluşturabilecek doğal seçilim mekanizmasına etki etmediği anlamına gelmez. Benzer şekilde, bir sistemin kaotik olması, o sistem içerisinde düzenin var olup sürdürülemeyeceği anlamına da gelmez. Bir volkan patladığında lavlar etrafa tamamen karmakarışık bir şekilde sıçrıyorsa da, nihayetinde o dağın eteklerinde biriken ve aşağıya doğru akan lavlar son derece düzenli kabul edilebilecek kayaları ve kayaç katmanlarını oluşturur. Eğer ki kendini tekrar eden, sürekli aynı biçimde etki eden bir doğa yasası varsa, karmaşıklığın içerisinden düzen elde etmek mümkündür. Çevresinde süregelen doğa olaylarına (ki bunlar illa atmosfer ve yer olayları olmak zorunda değildir, türler arası ilişkilerden tutun da yuva bulmaya kadar sayısız faktör bunun içerisindedir) en uyumlu olanlar, daha kolay hayatta kalırlar.

Peki, daha kolay hayatta kalmak neden önemlidir? Çünkü daha kolay hayatta kalan bireyler, daha uzun süre dünya üzerindeki varlıklarını sürdürebilirler. Bu da onlara, daha çok üreyebilme imkânı tanır. Daha çok üreyebilmek de, bireyin kendisinin hayatta kalma şansını arttıran genetik kombinasyonları ve varyasyonları (çeşitliliği) gelecek nesillere aktarma şansının daha yüksek olması anlamına gelir. Gelecek nesillere bu "faydalı" kombinasyonlar ya da çeşitler ne kadar fazla aktarılabilirse, o yavruların hayatta kalma ve bu genleri bir sonraki nesillere taşıma imkânı o kadar yüksek olacaktır. Bu da, bir tür olarak o canlı grubunun varlığını sürdürmesi; bunu başaramayanların ise yok olması anlamına gelir. Günümüzde, etrafımızda var olan istisnasız her canlı, mikroskobik olanından makroskobik olanına kadar, karasal yaşantısı olanından denizde yaşayanına kadar, hareketlisinden hareketsizine kadar hepsi, kendi ataları arasından en uyumluların hayatta kalıp kendilerindeki bu başarılı genleri gelecek nesillere aktarabilmesi sonucunda var olmuştur. Tahmin edebileceğiniz gibi, bu uçsuz bucaksız evrim tarihinde çoğu canlı, hayatta kalma mücadelesinde yenilerek yok olmuştur. Çünkü canlıların çoğu, varyasyonların ve doğal süreçlerin rastgele olmasından ötürü, uyumsuz yapıdadır. Sayı vermek gerekirse, bugüne kadar var olmuş bütün canlı türlerinin %99'undan fazlası elenerek yok olmuştur! Yani etrafımızda gördüğümüz canlılar, var olmuş tüm canlıların sadece %1'inden daha azını temsil etmektedir!

Bu gerçekler, bizi bir sonraki aşamaya götürür: Bu kadar yoğun bir eleme ve seçilim sürecinin sonucu nedir? İşte bu sorunun cevabı, açık ve net bir şekilde *evrim*dir. Sürece hızlıca bakılacak olursa, çeşitlilik mekanizmaları sayesinde tür içerisindeki çeşitlilik yaratılır, bu çeşitlilik doğanın var olma sınavına tabi tutulur, "başarılı" (bulunduğu ortama ve bu ortamın şartlarına uyumlu) olanlar hayatta kalır ve ürerler, "başarısız" olanlar ise elenir ve yok olurlar. "Başarılı" olanların yavrularının, ebeveynlerininkiyle neredeyse aynı, sadece bir miktar değişmiş doğa koşullarında hayatta kalma şansı, kendilerinin de çeşitlilik ile doğmalarından ötürü ebeveynlerinden bir miktar yüksek, düşük veya onlarla aynı olabilir (çeşitliliğin öngörüsüz ve rastgele olduğunu hatırlayın). Yüksek olanlar seçilir, diğerleri kademeli olarak elenir (rastgelelik bu aşamada artık düzene dönüşür). Yüksek olanların yavrularının da daha yüksek uyum başarısına sahip olanları seçilir, diğerleri elenir. Bu böyle devam eder.

Peki, bir canlının, diğerine göre uyum başarısını "yüksek" ya da "düşük" kılan unsur nedir? O canlının ebeveynlerinden aldığı ve/veya sonradan kazandığı genetik farklılıkların, fiziksel farklılıklara dönüşümüdür. Dolayısıyla, aslında doğal seçilimin her bir nesilde seçip elediği şey, genlerin doğurduğu fiziksel özelliklerdir. Bunun sonucu da kaçınılmazdır: Seçilenlerin fiziksel özellikleri popülasyon içerisinde her nesilde giderek daha fazla görülmeye başlar. Yani görülme sıklıkları (frekansı) artar. Elenenlerin de, elenmelerine neden olan fiziksel özellikleri giderek daha az görülmeye başlar; frekansları azalır. Bu durumda eskiden belli bir fiziksel görünüm ve özellik dağılımına sahip olan

bireyler, bir sonraki nesilde bir miktar farklı bir fiziksel görünüm ve özellik dağılımına sahip olurlar. Bir sonraki nesil, bir önceki nesilden hep bir miktar farklı olacaktır. Başlangıçta bu farklılıklar pek ayırt edilebilir düzeyde değildir. Çoğu zaman bu değişimleri, sadece genleri analiz ederek görebiliriz, çünkü henüz o kadar düşük seviyelidir ki, fiziksel görünüme bariz ve gözlenebilir bir etkisi olmaz. İşte bu şekilde, gen bazında meydana gelen, ufak değişimlere *mikroevrim* adını veriyoruz.

Tıpkı daha önceden sözünü ettiğim ve jeolojide olduğu gibi, evrimsel biyolojide de süreğenlik ilkesi geçerlidir: Bir çukurun içine sürekli olarak düşen damlalar, sonunda dev bir su birikintisi oluşturmak zorundadır. Benzer şekilde, içinde bulunulan doğa koşullarına uyumlu olan özelliklerin sürekli olarak seçilmesinden doğan bu ufak birikimler, nihayetinde büyük değişimlere neden olmak zorundadır. Genlerdeki değişimler önce proteinleri değiştirmeye başlar. Bu proteinlerdeki değişimler, hücresel bazı değişimlerin meydana gelmesiyle sonuçlanır. Bu hücresel değişimler nesiller boyunca aktarılıp birikerek dokuları ve organları değiştirmeye başlar. Bu organlardaki değişimler, canlı popülasyonlarının her nesilde giderek ortalamada daha farklı görünmesine neden olur. Nihayetinde bu değişimler artık o kadar fazla birikir ki, aradan binlerce nesil geçtikten sonra, başlangıçta elinizde var olan türden (ki buna "ata tür" veya "atasal tür" denir) tamamen farklı torunlara ulaşmışsınızdır. Hatta bu süreçte birbirinden çeşitli yöntemlerle (mekanik, coğrafi, eşeysel, davranışsal, gametik vb.) ayrılan (izole olan) gruplar, farklı doğa koşullarının etkisi altında farklı seçilim baskıları altında kalabilir. Bu nedenle aynı atadan olmalarına rağmen birbirlerine giderek daha az benzemeye başlarlar. Her bir izole (veya izole olmayan) popülasyondaki canlılar, sayısız "ara tür"den geçerek, günümüzde varlığını sürdüren ve "torun tür" adını verebileceğimiz yepyeni türlere evrimleşirler. İşte bir türden birden fazla türün evrimleşmesi olayına *türleşme*, tür bazında bariz bir şekilde görülebilen bu tür evrimsel değişimlere ise *makroevrim* adını veriyoruz. Türler içerisindeki farklılaşmalara neden olan mikroevrimsel değişimlerin, türleri birbirinden farklılaştırabilecek makroevrimsel dönüşümlere neden olabileceklerini hem fosillerle hem de genlerle net bir şekilde doğrulayabilmekteyiz. Unutmayın: Doğa, süreğendir. Damlaya damlaya göl olur. Mikroevrim, uzun vadede, makroevrime neden olur.

Ne yazık ki mikroevrimi eşzamanlı olarak (gerçekleştiği süre zarfında) gözlemek aşırı kolay olsa da, makroevrimi eşzamanlı olarak gözlemek neredeyse imkânsıza yakındır. Çünkü tek bir özelliğin değişimi bile çoğu zaman yıllar alırken, makroevrimsel değişimlerin gerçekleşmesi için kimi zaman yüz binlerce yıl yetersiz kalabilmektedir. Ortalama 76 yıllık insan ömrü, yüz binlerce yılda meydana gelen değişimleri gözlemek için yetersizdir. Eğer ki milyonlarca yıl yaşayabilen bir tür olsaydık, makroevrimi de gözlerimizin önünde yaşanırken görebilirdik. Ancak neyse ki geçmişin tozlu sayfalarına uzanan makroevrim örnekleri, günümüze fosiller ve genler aracılığı ile ulaşabilmektedir. Dolayısıyla

bugünkü türlerin gelecekteki makroevrimlerine bakmak yerine, günümüzdeki türleri oluşturan, geçmişte yaşanmış makroevrimsel değişimlere bakmamız mümkündür. Evrimi kabullenmek konusunda ayak direyen birtakım gruplar için bu yetersiz olsa da, evrimsel biyologlar ve bu alandaki uzmanlar için fosillerden ve genlerden gelen sayısız kanıt ve evrimde süreğenliği günümüzde de görüyor olduğumuz gerçeği, makroevrimin kaçınılmaz bir sonuç olduğu konusunda ikna olmaları için aslında yeterlidir. Gerçekten de, evrimin modern örneklerine baktıkça ve mikroevrim örneklerinin kademeli olarak nasıl karmaşıklaştığını gördükçe, makroevrimi anlamak ve kabul etmek işten bile değildir. Üstelik, günümüzde yapılan bazı çalışmalar, makroevrimin bile bazı şartlar altında laboratuvarda sadece birkaç nesilde görülebileceğini bize göstermektedir.

Bunun en net örneklerinden birisi, laboratuvarda tek hücrelilikten evrimsel süreçler aracılığıyla yaratılan çok hücreliliğe dair deneylerdir. Bilim insanları uzun yıllardır çok hücreli canlıların, sperm ve yumurta gibi tek hücreleri kullanarak üreyecek şekilde nasıl ve neden evrimleştikleri sorusunu çözmeye çalışmaktadırlar. Bu sorunu çözmek isteyen Minnesota Üniversitesi Biyolojik Bilimler Bölümü'nden doktora sonrası araştırmacısı William Ratcliff ve Doç. Dr. Michael Travisano, deneysel evrim metotlarını kullanarak tek hücreli algleri çok hücrelilere evrimleştirmeyi başarmıştır ve tek hücreli yapılarla üremelerini sağlayacak şekilde evrimleşmelerini sağlamıştır. Böylece bu yapbozun büyük bir parçasını tamamlamayı başarmışlardır.

Nature Communications dergisinde yayınlanan makalede araştırmacılar sıvı dolu bir test tüpünün dibinde oturmakta olan algleri sürekli olarak seçilim baskısına tabi tutarak nasıl çok hücreli bir soy hattı elde ettiklerini izah etmektedirler. Sadece 73 nesil sonunda, tüpün dibindeki tek hücreli algler, çok hücreli yapılar oluşturmuşlardır.

Oluşan yeni formu inceleyen Ratcliff ve Travisano, bu çok hücreli yapıların aktif olarak parçalanıp hareketli tek hücreli canlılar saçtıklarını görmüşlerdir. Bu tek hücreli yapılar, başka bir yere giderek burada çok hücreli kümeler kurabilmektedirler. Araştırmacılar, bu tek hücreli stratejisinin, var olan alternatif hipotezlere göre neden daha avantajlı olduğunu ortaya koyan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu model, uzun vadede tek hücrelilerden üremenin daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Her ne kadar tek hücrelilerin daha büyük oluşumlara göre hayatta kalma şansı daha düşük olsa da, bu dezavantaj, tek hücrelilerin çok daha büyük popülasyonlara erişebilmeleri ve daha hızlı üreyebilmeleri sayesinde karşılanabilmektedir.

Montana Üniversitesi'nden Matthew Herron ve Frank Rosenweig ile ortaklaşa yapılan araştırmada, sadece çok hücreliliğin genetik temeli keşfedilmekle kalınmamış, aynı zamanda daha az sayıda hücreden oluşan çok hücrelilikten, daha fazla sayıda oluşan çok hücreliliğin de deneysel olarak evrimleştirilmesi başarılmıştır. Travisano çalışmalarıyla ilgili şunları söylemektedir:

"Bilimdeki en büyük mücadelelerden birisi, biyolojik karmaşıklığın kökenini anlamaktır. Bu deneyde, çok hücreliliğin ilk adımlarını yeniden düzenledik ve iki çok temel evrimsel adımın, daha önce beklenene göre çok daha hızlı gerçekleşebileceğini gösterdik. İleriye bakacak olursak, gelişimsel karmaşıklığın kökenlerini araştırmak istiyoruz. Yani laboratuvarda evrimleştirdiğimiz bu çok hücrelileri inceleyerek, yavruların nasıl yetişkin hale geldiğini incelemeyi hedefliyoruz."

Travisano ve Ratcliff, birkaç sene önce maya mantarında çok hücreliliği laboratuvar koşullarında evrimleştirerek uluslararası medyada büyük heyecan yaratmıştı. Bu araştırma, orada edindikleri bulguları, çok hücreliliği evrimsel süreçte asla çok hücreli ataları olmayan bir canlıya taşıyarak bir adım öteye götürmektedir. Böylece çok hücreli yaşam döngülerindeki tek hücreli darboğazların evrimsel kökenine yönelik de yeni bir hipotez ileri sürmektedir. Bu, evrimsel süreçte atılan büyük bir adımın laboratuvarda tekrar edilmesine dair harika bir örnektir.

Her ne kadar bu örnekte mikroevrim ile makroevrimi bir arada görebiliyor olsak da, evrimsel değişimle ilgili bilinmesi gereken bir diğer nokta, evrimin her zaman mikroevrimden makroevrime doğru yumuşak bir geçişi takip etmek zorunda olmayışıdır. Kimi zaman tek bir gendeki, hatta o gen içerisindeki tek bir nükleotitteki değişim, canlının fiziksel görünümünü anında değiştirebilir. Fakat bu şekilde olan değişimler çok ama çok nadirdir ve çoğu zaman ani değişim, hastalıklar ve sorun anlamına gelir. Evrimsel değişimler, çoğu zaman ufak tefek farklılıkların, milyonlarca yılda, doğal seçilim aracılığıyla birikmesi sonucunda oluşur. Bunun sebebi açıktır: Bir bireyin aniden değişimi, neredeyse hiçbir zaman evrimsel avantaj sağlayamaz; zira uyum sağlaması gereken çevre neredeyse hiçbir zaman o kadar hızlı değişmez. Dolayısıyla nadiren meydana geliyor olsalar da, ani etkilere neden olabilen mutasyonlar, birçok sefer canlıyı çok hızlı değiştirdiği için o bireyin yok olmasına neden olur. Bu çok sorun değildir; hatta evrim açısından faydalıdır. Sorun değildir, çünkü zaten mutasyonların (ve diğer genetik çeşitlilik mekanizmalarının) geneline baktığımızda, ezici çoğunluktaki mutasyonların etkisiz/nötr ya da etkisize yakın (çok az etkili) olduğu görülür. Evrim açısından faydalıdır, çünkü bu kadar ani ve aşırı değişimler, beraberinde uyumsuzluk sorunlarını getirdikleri için elenirler ve yok olurlar; böylece geride kalan uyumlu bireylere daha fazla alan ve kaynak açılmış olur. Tüm bunlar, az önce anlattığım evrim algoritmasıyla da bire bir uyumludur: Hafif değişimler, seçilimin filtresinden geçer ve başarılı olanlar giderek canlı soyları üzerinde birikir ve köklü farklılaşmalara neden olur.

CİNSEL SEÇİLİM

Ne yazık ki hayatta kalmak bir canlının evrimsel başarıya ulaşması için yeterli değildir. Hayatta kalmayı başaran canlıların geçmek zorunda olduğu bir sınav daha vardır: Üreme sınavı. İstediğiniz kadar hayatta kalmak konusunda

başarılı olun, eğer ki sizi başarılı kılan genleri yavrular üreterek onlara aktaramıyorsanız, evrimsel olarak başarısızsınız demektir.

Doğadaki çiftleşme davranışlarını inceleyecek olursanız gözünüze çarpacak olan ilk gerçek, aynı tür içerisindeki her canlının her canlıyla çiftleşmek istemediğidir. Bireyler, kiminle çiftleşmek istedikleri konusunda önyargılara, tercihlere ve kararlara sahiptir. Bu durumda bireyler, kendilerini karşı tarafa beğendirmek ya da karşı tarafı kendileriyle çiftleşmeye ikna etmek zorunda kalırlar. Bu da, canlılar üzerine ikinci bir baskı bindirir: Üreme baskısı.

Canlıların üremek zorunda oluşu ile her canlının her canlıyla üremek istemediği gerçeği arasındaki çatışma, evrimsel biyolojinin merkezindeki kavramlardan/mekanizmalardan birini doğurur: *Cinsel seçilim.* Mantığı oldukça açıktır: Bir canlı istediği kadar hayatta kalsın veya hayatta kalmak konusunda uzman olsun, kendisini bu denli başarılı kılan genleri gelecek nesillere aktaramazsa, hayatta kalmasının evrimsel açıdan hiçbir anlamı olmayacaktır. Çünkü bu başarılı genler, kendisinin ölümüyle birlikte yok olacaktır. Bireyler yok olabilir; ancak genlerin baki kalma potansiyeli vardır. Bu nedenle onların ölmeden önce aktarılabilmesi önemlidir. Bu, adeta bir "bayrak yarışı" gibidir. Kişi, ebeveynlerinden belli bir gen setini (genetik malzemeyi) alır, sahip olduğu ömür boyunca hayatta kalma ve üreme mücadelesi verir, başarılı olabilirse kendisindeki başarılı (ve ebeveynlerinden birazcık farklı) genleri bir sonraki nesle aktararak yarışı tamamlar. Bu yarışta en başarılı olanlar günümüze kadar gelebilmiştir. Geri kalanı ise yarışmadan elenerek yok olmuştur.

Cinsel seçilimde temel amaç, bireyin potansiyel eş adaylarına kendisinin diğer bireylerden üstün olduğunu ispatlayabilmesidir. Bu da çok temel bir algıya dayanır: Zor koşullar altında, "etkileyici" işler başarabilenler, muhtemelen sağlıklı bireylerdir. Örneğin avcı baskısı altında olmasına rağmen parlak ve avcılar tarafından kolayca görülebilecek renklere sahip olabilmek ve buna rağmen hayatta kalabilmek, muhtemelen o bireyin başarılı olduğu anlamına gelecektir. Bu da, öteki bireylerin onunla üreme isteğini arttıracaktır. Çünkü böylece, tercihi yapan taraf, "doğru bir tercih" yapmış olacaktır ve kendi yavrularının, dolayısıyla kendi genlerinin sürekliliğini sağlamayı başaracaktır. Bu "doğru tercih"tir, çünkü eğer ki parlak renkler gibi özellikler dolayısıyla daha yüksek av olma riskine rağmen bu bireyler diğerleri gibi hayatta kalabiliyorsa, bunların "parlak olmayan" bireylere göre ek bir avantajı olmalıdır! Bu ek avantaj, genellikle daha sağlıklı olmanın da bir işaretidir. Dahası, sadece bu bireyler avantajlı değildir; bu bireylerle çiftleşmeye meyilli olan karşı cinsiyetten bireyler de avantajlıdır! Çünkü her birey, diğer her bireyle çiftleşmeyi tercih etmemektedir; her bireyin kendince tercihleri vardır. Dolayısıyla "doğru tercih"te bulunmaya meyilli olanlar da, geleceğe daha başarılı yavrular bırakma ihtimalini artırmış olacaktır. Bu nedenle, tıpkı fiziksel özelliklerdeki ufacık değişimlerin canlının hayatta kalıp kalamayacağını belirlemesi gibi; yine aynı fiziksel (ve davranışsal) özelliklerdeki ufacık değişimler (örneğin postun birazcık daha parlak renkle-

re sahip olması veya daha parlak olan bireylerle çiftleşmeye meyilli olmak gibi özellikler), bireylerin üreme başarısını da ciddi anlamda etkileyecektir. Tıpkı doğal seçilimde olduğu gibi, cinsel seçilimde de üreme başarısı en yüksek olan bireyler daha fazla üreyerek gelecek nesillere daha fazla yavru bırakırlar. Böylece yine, birikimli bir seçilim sonucunda gelecek nesiller ebeveynlerinden ve atalarından birazcık daha farklı görünürler.

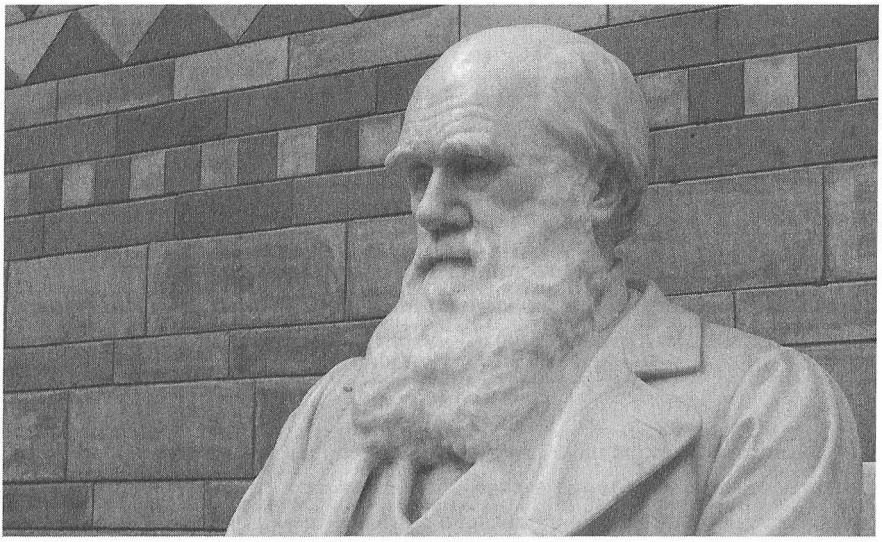
Yapay seçilim, doğal seçilim ve cinsel seçilim haricinde akraba seçilimi ve grup seçilimi gibi bazı diğer seçilim türleri de geçtiğimiz on yıllarda keşfedilmiştir. Fakat bunların tüm detaylarına burada girmek, bu kitabın konusundan oldukça çıkmamız anlamına gelir. Bu mekanizmaları ve nasıl çalıştıklarını temel düzeyde öğrenmek için, *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları: Evrimin Temelleri ve Nasıl Çalıştığı Üzerine* başlıklı kitabımı okuyabilirsiniz.

Bölümün bu noktasına kadar evrimsel biyolojinin ana çalışma konusu olan Evrim Kuramı'na dair temel mekanizmaları ve bu mekanizmaların kalbinde yer alan evrim yasasına dair algoritmayı gördük ve bu algoritmanın biyolojinin de ötesine genişletilebileceğinden söz ettik. İşte tüm bunları bir bütün olarak toparlamak adına, Darwin tarafından ileri sürülen Evrim Teorisi'nin temellerini gözden geçirmekte fayda görüyorum.

DARWIN'İN EVRİM TEORİSİ NEDİR, NE SÖYLER?

Bilimin diğer sahaları gibi, Evrim Teorisi (ve evrimsel biyoloji) de statik bir çalışma sahası değildir. Evrim Kuramı'nın son derece sağlam temellere dayanan teorik altyapısı 1859 yılında yayınlanan *Türlerin Kökeni* ile inşa edildi. Ancak unutmamak gerekiyor ki evrimsel biyoloji çalışmaları o yayınla sonlanmamıştır. Hatta o kitap, devasa bir patlamanın ilk kıvılcımından ibaret olarak görülmelidir. İlk kıvılcım olması bakımından müthiş öneme sahiptir; ancak bu sahanın yarattığı asıl önemli bilimsel sonuçlar ve o zamandan bugüne kadar elde ettiğimiz bilimsel bilgi birikiminin bütünü bakımından içerik ve miktar olarak o kadar da önemli değildir. Çünkü bu yayın 150 küsur yıl geride kalmıştır ve o zamandan bu yana çok fazla şey keşfettik. Darwin'in birkaç noktadaki hatasını (özellikle popülasyonların sayısal genişlemesi ve genetik gibi konulardaki hatalarını ve bilgisizliklerini) düzelttik ve genişlettik. Buna karşılık Darwin'in temel bilimlerde ve genel olarak bilimin gidişatı yolunda açtığı kapı, evrimsel biyolojiye her zaman temel olarak kaldı ve muhtemelen hep de öyle kalacaktır.

O zamandan bu yana Evrim Teorisi'yle ilgili birçok yeni açıklama getirilmiştir, geçerli bir teori olduğu matematiksel olarak ispatlanmıştır, bu kitapta da değineceğimiz gibi bilgisayar modelleriyle doğrulanmıştır, elimizi değdiğimiz her türde gözlemişizdir, bütün fosiller evrimsel süreci onaylamıştır, karşılaştırmalı anatomi, morfoloji, genetik sahalarındaki çalışmalar bir bütün olarak evrimsel süreçleri tam da teorinin öngördüğü şekilde doğrulamıştır ve yeri



Görsel 1-4: Londra Doğa Tarihi Müzesi'nde bulunan Charles Darwin heykeli. Fotoğraf, kamuya ve açık kullanıma arz edilen fotoğrafları içeren Pixabay sitesinden alınmıştır.

geldiğince değineceğimiz daha nicesi o günden bu yana yaşanmıştır ve yaşanmaktadır. Bu sahada son bir buçuk asırda yepyeni hipotezler ileri sürülmüştür, bazıları çok güçlü şekillerde doğrulanarak (veya hâlâ yanlışlanamayarak) teorinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir, bazıları çürütülmüş ve unutulmuştur. Tüm bu baş döndürücü gelişmeler, bulgular, deliller ve araştırmalar göz önüne alındığında, Darwin'in evrimle ilgili çizdiği çerçeve son derece basit ve yalın kalmaktadır. Buna rağmen bu çerçeve, özellikle yeni başlayanlar veya kavramları tam olarak kafasında henüz oturtamamış olanlar için evrimin özünü anlamak ve anlatmak bakımından halen çok değerlidir. Bu nedenle Darwin'in geliştirdiği Evrim Teorisi'ne yönelik olarak 1982 yılında Ernst Mayr tarafından yazılan 5 maddelik özet üzerinden giderek konuyu toparlamak son derece faydalı olacaktır, diye düşünüyorum. Bu 5 madde kısaca şu şekildedir.

1) Evrim, tek başına ele alındığında, bir organizmanın soy hattının zaman içerisinde değişimidir. Bu fikir, Darwin'e ait değildir ve kökenleri milattan önce yaşamış filozoflara kadar gider. Ancak Darwin, bu görüşe yönelik olarak doğadan bizzat topladığı, değerlendirdiği ve izah ettiği, karşı konulamayacak miktarda kanıt sunmuştur. Öyle ki, o zamana kadar böyle bir şeyi aklına dahi getiremeyecek ve tüm türlerin sabit olarak yaratıldığını veya var oluverdiklerini düşünen binlerce biyolog, kanıtları incelemeleri sonucu sadece birkaç yıl içerisinde Evrim Teorisi'nin doğadaki değişimi net bir şekilde açıkladığını kabul etmiş, fikirlerini değiştirmiştir. 1880'lerden bu yana bilim camiası, Evrim Teorisi üzerinde tam bir fikir birliği içerisindedir. Tüm biyologların %99'undan fazlası, tüm bilim insanlarının %90'ından fazlası Evrim Teorisi'ni kabul etmektedir.

2) Darwin'in ileri sürdüğü ortak ata fikri, Lamarck'ın ileri sürdüğü Evrim Teorisi'nden köklü bir biçimde farklıdır. Darwin, türlerin ortak atalardan farklılaşarak evrimleştiğini ve tüm türlerin tarihin derinliklerinde mutlaka ortak atalarda buluşmak zorunda olduğunu ileri süren ilk kişidir. Kendisi, bütün yaşamın tek ve dev bir Evrim Ağacı olarak değerlendirilebileceği görüşünü bilime kazandırmıştır. Böylece Lamarck'ın ve diğerlerinin düşündüğünün aksine, birbirinden bağımsız olarak farklılaşan soy hatlarının değil, birbirine sıkıca bağlı olan soy hatlarının evrimleştiği anlaşılmıştır. Lamarck'ın "kullanılan ve zorlanan organların gelişerek türe katkı sağlaması" yönündeki bireye-dayalı evrim görüşünün aksine, Darwin'in teorisinde evrimleşen bireyler değil, popülasyonlardır. Bu popülasyonların izolasyon altında farklı çevre koşullarına ve değişim baskılarına maruz kalmaları, yeni türlerin ortaya çıkmasının arkasında yatan ana sebeptir. Tüm bu türleri bünyesinde bir bütün olarak barındıran Evrim Ağacı üzerinde yakın akrabaların ortak ataları, tarihsel süreç içerisinde günümüze daha yakın zamanlarda, uzak akrabalarınkiler ise daha eski zamanlarda yaşamıştır. Üstelik Darwin'in geliştirdiği Evrim Kuramı, bireysel soy hatlarımızı türlerin evrimsel hatlarına bağlamayı başarmış, amca oğulları ve teyze kızları olarak gördüğümüz "kuzenlik" ilişkisini, şempanzelerden atlara, çam ağacından bakterilere kadar dünya üzerinde yaşamış ve yaşayacak her tür ile "kuzenlik" ilişkisine genellemeyi başarmıştır. Örneğin, kardeşinizle olan ortak atanız muhtemelen hâlâ yaşamaktadır (anneniz ve babanız), birinci derece kuzeninizle olan ortak atanız yaşıyor veya birkaç yıl önceye kadar yaşamış olabilir (büyük aileniz, yani büyükbabalarınız, nineleriniz vs.). Odağınızdaki birey sayısını bu şekilde genişletecek ve giderek daha uzak olan akrabalarınıza yayacak olursanız, sadece birkaç nesil geri giderek yaşamış tüm insanlarla ortak atalarınıza ulaşabilirsiniz. Bu noktadan sonra o atalarımızın kuzenlerini de işin içine katarak odağı genişletirseniz, bizimle aynı türden olmayan kuzenlerimiz ile ortak atalarımıza kadar ulaşabilirsiniz. Örneğin, tüm modern insanların Neandertaller ile ortak atası 500 bin yıl kadar önce yaşamıştır, insan ile şempanzenin ortak atası 6 milyon yıl önce yaşamıştır, insan ile papatyanın ortak atası 2.5 milyar yıl kadar önce yaşamıştır. Görülebileceği gibi akrabalık ilişkisi zayıfladıkça, ortak atanın yaşadığı tarih de geriye gitmektedir.

3) Kademeli evrim, Darwin'in Evrim Teorisi'nin köşe taşlarındandır. Günümüzde "adaptasyonculuk" olarak bilinen bir evrimsel biyoloji ekolü, halen Darwin'in bu görüşünü savunmaktadır ve halen en güçlü açıklama budur. Bu görüşe göre var olan, var olmuş ve var olacak bütün canlıların her bir özelliği, basit ve ufak adımlardan geçerek evrimleşmiştir. Bu görüşe göre evrimde sıçramalar olmaz, bir özellik birdenbire var olamaz. Buna yönelik alternatif teoriler, evrimde asıl karakter oluşumunun, ani sıçramalar ve çok hızlı evrim dönemlerinden (Kambriyen Patlaması gibi) geçerek evrimleştiğini ileri sürer. Bu tartışma halen devam etse de, kademeli evrimin her türün en azından çoğu özelliğini oluşturan süreç olduğu düşünülmektedir. Sıçramalı evrim, daha spe-

sifik özelliklerin oluşumunda işe yarıyor olabilir. Dahası, bizim "sıçrama" olarak gördüğümüz değişimler, adaptif evrimin hızlandığı zaman dilimlerinden ibaret görülebilir. Bu durumda "sıçrama" algısı ortadan kalkacaktır ve sadece ortalamadan daha hızlı bir evrimsel süreçten söz ediyor olacağızdır. En nihayetinde Kambriyen Patlaması gibi "büyük ve hızlı değişimlerin yaşandığı" dönemler bile on milyonlarca yıl sürmüştür. Bu zaman dilimleri, türleşmenin ve makroevrimin görülmesi için fazlasıyla yeterli zaman dilimleridir. Bunları özel kılan, söz konusu değişimlerin miktarının, genelde evrimsel süreçte gördüğümüzden 4-5 kata kadar daha hızlı yaşanmış olmasıdır; ki bu hızlanma miktarı, evrim için ne erişilmezdir ne de Kambriyen Patlaması'na özgü bir evrimleşme hızıdır. Evrimsel adaptasyonların gerçekleşme hızı, çevresel değişimlerin yaşanma hızıyla paralellik göstermektedir.

4) Popülasyon içi karakter dağılımının değişimi, Darwin'in Evrim Teorisi'nin temellerini oluşturmaktadır. Bu keşfi, ölümünden sadece birkaç on yıl sonra genetiğin keşfi ve bu keşfin de Evrim Teorisi'ni %100 doğrulaması sonrasında, "popülasyon genetiği" denen bilim dalının doğmasını sağlamıştır. Darwin, birçok bilim dalında yapılan sayısız devrimin başlangıcında yer almaktadır ve popülasyon genetiği de bunlardan birisidir. Ayrıca Darwin'in teorisini özel ve farklı kılan da budur. Bu keşfe göre, bir türün popülasyonu içerisindeki spesifik karakterlerin (boy uzunluğu, boyun kalınlığı vb.) görülme sıklığının nesiller içerisindeki değişimini gözlemek, kaçınılmaz olarak evrimi gözlediğimiz anlamına gelir. Bir bireyin ömrü içerisinde yaşanan değişimlerin hiçbiri evrim değildir, gelişimdir. Ancak bir popülasyonun nesiller içerisinde, hatta bir nesilden diğerine geçirdiği bütün değişimler, evrimsel değişimler olmak zorundadır. Dolayısıyla gen ya da karakter frekansları (görülme ve dağılım sıklıkları) değişiyorsa, evrim yaşanıyor demektir.

5) Evrimin ana mekanizması doğal seçilimdir. Her nesilde doğan yavrular, ebeveynlerinden birazcık farklı özelliklere sahiptirler. Bu özelliklerin bazıları, bazı bireylere dezavantaj sağlarken, bazı diğer özellikler bazı diğer bireylere hayatta kalma konusunda avantaj sağlar. Avantajlı olanlar daha fazla hayatta kalır, daha kolay ürer ve kendilerini avantajlı kılan genleri gelecek nesillere daha çok aktarırlar. Böylece popülasyon ve nesil bazında baktığımızda avantajlı özellikler sayıca artar, dezavantajlı özellikler giderek azalır. Bu seçilim/eleme mekanizmasına doğal seçilim denir. Bu tür seçilim sonucu evrimleşen bütün özelliklere adaptasyon denir. Doğal seçilim ve ona bağlı olarak geliştirdiği tüm bu fikirler, Darwin'in teorisini güçlü kılmaktadır.

Belirttiğim gibi, Darwin'in bu temelleri ileri sürmesinden beri birçok gelişme yaşanmış, çok daha teknik detaylar aydınlatılmış, çeşitliliği yaratan 20'ye yakın mekanizma, seçilime neden olan 5 farklı mekanizma keşfedilmiştir. Darwin çeşitlilik mekanizmalarının hiçbirinden haberdar değildi, çünkü genetik henüz bilinmiyordu. Ancak seçilim mekanizmalarının neredeyse hepsini tam isabetle tanımlamayı başardı. Ondan sonraki 150 yıl boyunca, bu meka-

nizmaların her birine sayısız tür ile ilgili sayısız çalışmadan gelen sayısız örnek keşfedildi. Bu örneklerin istisnasız hepsinde nesiller boyunca değişim gözlenebildi. Böylece ufak değişimlerin birikerek büyük değişimlere neden olacağı da gösterilmiş oldu. Uzun dönem laboratuvar deneyleriyle bu gözlemler kontrollü ortamlarda da tekrar edilerek bire bir doğrulandı. Hatta evrimsel biyolojinin bu temelleri, biyolojinin sınırlarını aşarak ekonomi, politika, mimarlık ve mühendislikte kullanılmaya başlandı ve aynı derecede başarılı sonuçlar elde edildi. Evrim, bir bütün olarak, doğanın her köşesinde gözlendi ve gözlenmeye devam edilmektedir. Gerçekten de biyolojik olarak var oluşumuzu bu kadar net olarak açıklayabilen bir teoriye sahip olduğumuz için insanlık olarak çok şanslıyız. Şimdi önemli olan, bu teoriyi kullanarak doğayı çok daha iyi anlayabilmek, onu korumak ve onu kullanarak çok daha büyük atılımlara imza atmaktır.

Peki, iyi ama, tüm bunlara nasıl güveneceğiz? Yani Darwin söyledi ya da ben yazıyorum diye bunları gerçek olarak kabul mü etmeliyiz? Darwin'in argümanlarını test etmemiz gerekmez mi? Elbette ki gerekir! Birçok insan bunu artık yapmamaktadır; çünkü bilim insanları son 150 yıldır bunu tekrar tekrar yapmışlar ve Darwin'in haklılığını sayısız farklı noktadan görmeyi başarmışlardır. Aslında bu kitap da bunların çok kısa bir özeti gibidir. Yine de gelin biz bu bilim insanlarının dediklerine güvenmeyelim ve evrimi, akademik literatürdeki birkaç araştırma ve bunların sonuçlarından yola çıkarak teste tabi tutalım.

DARWIN'İ DOĞRULAMAK: DENEYSEL EVRİM

Bölüm içerisinde çeşitli evrim örneklerinden bahsettim. Bu konuyla ilgili son olarak, Darwin'in evrimle ilgili öngörü ve iddialarını doğrulayan deneysel bir araştırmaya yer vermek istiyorum. Böylelikle, evrimle ilgili klişe örneklerin ötesinde, bilim insanlarının evrimi ne kadar didik didik çalıştığını görebileceksiniz. Öncelikle bir argümanı bilimsel testlere tabi tutmanın ne demek olduğuyla ilgili kısa bir bilgi vermeme izin verin:

Bir argümanın bilimsel bir argüman olarak kabul edilebilmesi ve dikkate alınabilmesi için genellikle 2 temel şart ararız: Test edilebilirlik ve yanlışlanabilirlik. Eğer ki bir argümanı bilimsel olarak test etmenin hiçbir yolu yoksa, o argümanın bilimsel geçerliliğinden söz etmemiz mümkün değildir. Zira bilimsel olarak test edilemeyen kavramlar, bilmeyi değil inanmayı gerektirir. Bilimde ispatlara dayalı olmadan kabul edilen inançlara yer yoktur. Dolayısıyla doğal bir fenomeni (olguyu) açıklamak üzere bir argüman ileri süreceksek, bunun test edilebilir bir argüman olması şarttır. Dahası, test edilebilirlik kuralı, doğrulanabilirlik kuralını da otomatik olarak gerektirmektedir. Şöyle düşünebilirsiniz: Eğer ki bir argümanı test ederek doğrulamaya çalışmaya bile başlayamıyorsak, o argümanın bilimsel bir argüman olduğunu düşünmemiz mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla bir argümanın bilimsel bir argüman olması için test edilebilir (ve doğrulanabilir) olması zorunludur.

İkinci kural olan yanlışlanabilirlik ise, özünde yine ilk kuraldan doğan bir durumdur. Aslında yanlışlanabilirlikten kasıt, bilim insanlarının argümanlarını güçlendirmek için onları doğrulamaya çalışmak yerine yanlışlamaya çalışmalarıdır (ya da işin doğrusunun bu olmasıdır). Bir argüman yanlışlanabilir olmasına rağmen tüm dürüst çabalara ve inatçı emeklere rağmen yanlışlanamıyorsa, o argüman giderek güç kazanır. Bir diğer deyişle bir argüman, denenmesine rağmen yanlışlanamadığı müddetçe güçlenir. Bu mantıklıdır, zira kendi ürettiğimiz bir argümanı yanlışlamak yerine doğrulamaya çalışacak olursak, hataya düşmemize neden olacak önyargılara kapı aralamış oluruz. Çünkü beyinlerimiz, kendi iddialarımızı doğrulayacak unsurları dikkate alacak, diğerlerini görmezden gelecektir. Bünyemiz buna son derece yatkındır; bu nedenle şahsi inançlar toplumda çok güçlü bir yere sahiptir. Ancak bilimsel metodoloji çerçevesinde bu hataya düşmememiz gerekmektedir; bu nedenle argümanlarımızı inatla yanlışlamaya çalışırız. Örneğin, eğer ki argümanımız *"Tüm kediler beyazdır"* şeklindeyse, doğaya bakıp da sürekli olarak beyaz renkli kedilere işaret etmenin bir anlamı yoktur. Zira bu sonu olmayan, sayısız defa aynı tespitin tekrar edileceği bir çaba olacaktır ve durumu doğal olarak yansıtmayacaktır. Yapmamız gereken, beyaz olmayan bir kedi aramaktır. Eğer ki bunu başarabilirsek, argümanımız çürümüş olacaktır.

İşte Darwin'in geliştirdiği Evrim Kuramı'nı test etmek istiyorsak, öncelikle onun iddialarını ortaya koymamız ve tek tek analiz etmemiz gerekir. Bunu yaptığımızda göreceğiz ki Darwin'in her bir argümanı hem test edilebilirdir, hem de yanlışlanabilirdir. Bu durumda onları test edip yanlışlamaya çalışmak en isabetli bilimsel girişim olacaktır. Gelin bunlara hep birlikte bakalım:

Darwin, evrimle ilgili dört temel iddiada (postülatta) bulunmuştur. Bu iddiaların her biri doğrulandığında (postülatlar sağlandığında), evrimin gerçekleşmek zorunda olduğunu ileri sürmüştür. Bu dört iddia şu şekilde sıralanabilir:

1. Türler içerisinde kalıtsal çeşitlilik bulunmaktadır.
2. Türler, hayatta kalma müçadelesi verirler.
3. Söz konusu kalıtsal çeşitlilik, hayatta kalma mücadelesindeki başarıyı etkiler (arttırır veya azaltır).
4. Doğal seçilim, bu başarıya bağlı olarak canlıları seçer (canlı hayatta kalır) veya eler (canlı ölür). Daha doğru bir ifadeyle, bireysel uyum başarısına bağlı olarak hayatta kalma veya ölme olayına doğal seçilim denir.

Bu iddialar ve bunların doğrulanması sonucunda evrimin gerçekleşmek zorunda olduğu, son derece bariz ve anlaşılırdır. Bunun birçok örneğini kitabın bu bölümünde detaylıca izah ettim. Ancak yine de, bu iddiaların bilimsel olarak deneylerle doğrulanması gerekmektedir. Gelin, bilim insanlarının çıktıkları keşif yolculuğuna hep birlikte çıkalım ve Darwin'in söz konusu iddialarını bilimin sınavına tabi tutalım:

I. Türler İçerisinde Kalıtsal Çeşitlilik Vardır!

İlk iddiayı doğrulamak son derece basittir. Hangi türe elinizi atarsanız atın, bireyler arasında gerek görünümsel (fiziksel) olarak, gerek genetik olarak, gerekse de davranışsal olarak dağlar kadar farklar bulunmaktadır. Bu, bugüne kadar binbir farklı genetik araştırmayla, saha gözlemiyle, laboratuvar deneyiyle doğrulanmıştır. Kopyalanarak üreyen bakterilerde bile mutasyonlar dolayısıyla tür içi farklılıklar gözlenmektedir. Ancak tabii ki sadece *"Gidin bakın, göreceksiniz"* demekle bilimsel ispat yapılmaz. Dolayısıyla bazı ek bilgiler vereyim:

Köpekleri ele alalım. Tüm evcil köpekler, *Canis lupus familiaris* olarak bilinen bir alt türe aittir. Devasa bir Danua da, ufacık bir Çivava da... Bu iki köpek arasındaki fiziksel farklılıklar, bırakın aynı türe ait olmayı, aynı alt türe ait olmalarına rağmen aşikârdır. Bu gözle görülür, devasa farklılığın iki temel sebebi vardır: İlki, biz insanların son 10 bin yılı aşkın süredir köpeklerle bir arada yaşıyor olmamızdır. Örneğin bir kertenkelenin ya da kuşun aksine, köpeklerin fiziksel ve davranışsal farklılıklarına aşinayızdır. İkincisi ise köpeklerin yapay seçilim yoluyla özellikle son 100 yıldır aşırı hızlı bir şekilde insanlar tarafından evrimleştiriliyor olmasıdır. Yapay seçilim genellikle çok bariz ve vurgulanmış özellikler yaratmasıyla bilinir. Bu durum, köpekler arasındaki bariz fiziksel farklılıkların ana sorumlularından birisidir.



Görsel 1-5: Köpekler arasında muazzam bir çeşitlilik söz konusudur. Bu, yapay seçilim yoluyla evrimin gücünün en net göstergelerinden birisidir. Fotoğraf Pixabay sitesinden alınmıştır.

Gerçekten de, Dawn Irion ve arkadaşları tarafından 2002 yılında 28 farklı köpek çeşidi üzerinde yapılan kapsamlı bir genetik araştırma, çeşitler arasındaki genetik farklılıkları net bir şekilde ortaya koymayı başarmıştır. Üstelik bu farklılıkların genetik olarak gelecek nesillere kalıtılabileceği de gösterilmiştir. Örneğin Zhiwu Zhang ve arkadaşları 2008 yılında, köpeklerde kalça eklemine ait dört temel özelliğin (distraksiyon indisi, dorsolateral sublaksasyon skoru, Norberg açısı ve genişletilmiş kalça eklemi radyografisi skoru) kalıtılabilir olup olmadığına, eğer kalıtılabilirse ne oranda kalıtılabildiğine yönelik bir araştırma yapmışlardır. 2716 köpek üzerinde yaptıkları çalışmada, araştırmacılar söz konusu dört özelliğin ve bu özelliklerin her birinin köpeklerde görülen farklı çeşitlerinin (varyantlarının) gelecek nesillere aktarılabildiğini doğrulamışlardır. Dahası, bu özelliklerin kalıtılabilirliklerinin birbirinden farklı değerlere sahip olduğunu da göstermişlerdir. Örneğin, genişletilmiş kalça eklemi radyografisi (EHR) skoru son derece yüksek bir genetik aktarılabilirliğe sahipken, distraksiyon indisi (DI) ve dorsolateral sublaksasyon (DLS) skoru daha düşük bir kalıtılabilirliğe sahiptir. Bu kavramların ne olduğunu bilmenize gerek yok (az sonra daha anlaşılır bir örnek vereceğim); ancak diğer canlıların kalçaları gibi spesifik yapılarını bile tanımlamak ve nitelendirmek için kullandığımız bu son derece özelleşmiş kavramların genetik alt yapılarının olması ve bunların farklı miktarlarda kalıtılabilir olduğu gerçeği, doğru iz üzerinde olduğumuzu anlamaya yeterlidir.

Tür içi kalıtılabilir çeşitlilik olduğunu gösteren bir diğer sayısal örneği de, insanlar üzerinde bugüne kadar yapılan pek çok kalıtım araştırmasından elde ettiğimiz veriler üzerinden verebiliriz. Türümüz, tabii ki evrimini merak ettiğimiz türlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla hangi özelliğimizin ne kadar kalıtılabilir olduğunu bilmek, araştırmacıların her zaman aydınlatmak istedikleri soru işaretleri olmuştur. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda, sayısız özelliğimizin gelecek nesillere ne oranda aktarılabildiği ortaya çıkarılmıştır. Bu özelliklerden sadece birkaçını ve ne kadar kalıtılabilir olduklarını (ya da bu özelliklerin tür içerisindeki çeşitliliğinin ne derecede genetik temelli olduğunu) şu şekilde sıralayabilirim:

- Kısırlık: %10-20
- Sağaklık/Solaklık: %30
- Kan Basıncı: %45-55
- İkiz Doğurma: %50
- Kilo: %65
- Analitik Zekâ (IQ): %60-80
- Boy ve Diş Büyüklüğü: %85

Bu sayıların ne anlama geldiğini biraz daha netleştireyim: Örneğin, insan popülasyonu içerisindeki IQ çeşitliliğine bakacak olursanız, geniş bir yelpazede dağılım gösterdiğini görürsünüz. Ortalama IQ'nun 100 olarak kabul edildiği

bir skalada, dünya üzerinde 40-50 civarında IQ'ya sahip bireyler bulabileceğiniz gibi (yani bunlar, ortalamanın yarısı veya daha azı kadar analitik zekâya sahiptirler), 200-230 IQ'ya sahip kişiler de (bunlar, ortalamanın 2-2.3 katı analitik zekâya sahiptirler) bulabilirsiniz. Ancak bu çeşitliliğin %60-80 arası genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Geri kalan %20-40 arası, bireyin nasıl eğitildiği, ne tür bir geçmişe sahip olduğu, beslenmesi, çalışma miktarı vb. çevresel etmenlerin ürünüdür.

Dolayısıyla görebileceğiniz gibi, tam da Darwin'in öngördüğü gibi gerçekten de popülasyon içerisinde çeşitlilik vardır ve bu çeşitlilik, bireye özgü değil, kalıtılabilirdir. Bu iki örnekle bunu göstermiş olduk. Gelelim ikinci iddiaya...

II. Türler Hayatta Kalma Mücadelesi Verirler!

Doğada gerçekten bir yaşam mücadelesi var mıdır? Açıkçası bunu sormak bile komiktir. Çünkü doğaya kısa bir süreliğine bile göz atacak olursanız, Darwin'in de tanımladığı gibi tam bir "savaş alanı" olduğunu görürsünüz. Her canlı, hayatta kalma ve üreme mücadelesi vermektedir. Bu mücadele kimi zaman besin kaynaklarına ulaşmak, kimi zaman da çevrenin zorlu iklim koşullarına ayak uydurmak şeklinde kendini gösterebilir. Ancak bir mücadele her zaman bulunmaktadır. Bunu doğrulamak için fındık ağaçları ile sincaplar arasındaki ilişkiye bakabiliriz.

Bazı fındık ağaçları, her sene fındık dökmezler, iki senede bir ürün verirler. Ancak fındık ürettikleri zaman, her sene düzenli olarak üreten fındık ağaçlarından kat kat fazla üretimde bulunurlar. Bilim insanları, iki senede bir defa üretim yapan fındık ağaçlarının neden böyle bir yönteme başvurduğunu merak etmişlerdir. Çünkü fındıklar, her ne kadar biz insanlar için "leziz" birer yiyecek olsalar da, aslında söz konusu ağacın üreme girişiminden ibarettirler. Yere düşen fındıklar, eğer şanslılarsa toprağa karışacak ve yeni fındık ağaçları üreteceklerdir. Bu nedenle fındık ağaçlarının bazılarının, kimi yıllar hiç üretim yapmaması kafa karıştırıcı bir soru işaretidir.

Bu durumu inceleyen bilim insanları, ilginç bir gerçekle karşılaşmışlardır. Bu fındık ağaçlarının bulunduğu bölgelerde, diğerlerine göre çok daha bol sayıda sincap yuvası ve yaşam alanı bulunmaktadır. Sincaplar, fındıklarla beslenmektedirler. Hatta fındıkları çimlenemeyecekleri ortamlarda saklayarak, zor zamanlarda tüketebilmektedirler. Evrimsel süreçte sincapların bol bulunduğu ortamlarda yaşayan ağaçlar, üremekte zorluk çekmişlerdir. Bunun sebebi açıktır: Eğer ki ortamda çok fazla sincap varsa ve siz onlar için leziz olan fındıklar ile üremeye çalışacak olursanız, toprağa döktüğünüz fındıkların neredeyse tamamı sincaplar tarafından çalınacak ve yenecektir. Bu durumda sizin üreme şansınız ciddi anlamda kısıtlanmaktadır. Gerçekten de yapılan gözlemler, sözünü ettiğim ağaçların ürettiği fındıkların hemen hemen hepsinin sincapların yemi haline geldiğini doğrulamıştır. Bunu önlemek amacıyla bu ağaçların üreme döngüsünde son derece ilginç bir sistem evrimleşmiştir. İşte bu sistemi açıkla-

dığımda, gerçekten de Darwin'in dediği gibi bir yaşam mücadelesinin doğayı sarıp sarmaladığını göreceksiniz:

Bu sistem dahilinde fındık ağaçları bir sene bol miktarda fındık dökerler. Bu fındıkların bir kısmı sincaplara yem olur ama geri kalanı çimlenme olasılığına sahiptir. Aynı zamanda fındık üretiminin olduğu sene, sincap sayısında da abartılı bir artış olur. Çünkü besin boldur. Ancak ertesi sene bu ağaçlar hiçbir üretim yapmazlar. Yere fındığın düşmediği bu sene boyunca bölgedeki sincaplar kitleler halinde ölürler veya göç ederler. Böylelikle ortalıkta pek fındık avcısı kalmaz (tabii ekstra başarılı olanlar haricinde; ki sincaplar arasında da var olan bu çeşitliliğin varlığı, evrimin itici gücüdür, hatırlayınız). Ertesi sene, fındık üretim yılıdır. Ağaç, tüm gücüyle fındıklarını üretir ve yere döker. Ortalıkta henüz pek sincap olmadığı için, bunların çimlenme ihtimali çok yüksektir. Ancak aylar geçtikçe, önceki 1-2 sene boyunca hayatta kalmayı başarmış "üstün" sincaplar hızla çoğalırlar ve sincap sayısında yine bir patlama olur. Ancak bu önemsizdir, çünkü ağaç muhtemelen çoktan bir ya da birkaç fındığı çimlendirebilecek kadar boş bir ortamı bulmuştur. Ertesi sene yine üretim olmaz ve sincaplar kırılırlar. Bu döngü, bu şekilde devam eder. Böylece fındık ağaçları, o bölgede yaşayan sincapları aç veya tok tutarak, hayatta bırakıp öldürerek, varlıklarını sürdürüp yok ederek kontrol altında tutarlar. Sincaplar, fındık bolluğuna bağlı olarak hayatta kalır veya yok olurlar. Yani Darwin'in dediği gibi, doğada bir hayatta kalma mücadelesi söz konusudur. Bu, onun örneklerinden sadece birisidir.

III. Genetik Çeşitlilik, Hayatta Kalma Mücadelesini Etkiler!

Gelelim üçüncü iddiaya... Kalıtılabilir çeşitlilik popülasyon içerisinde var olabilir. Popülasyonlar, hayatta kalma mücadelesi de veriyor olabilir. Peki kalıtılabilir çeşitlilik, hayatta kalma mücadelesine etki ediyor mu? Yani kıtlık zamanındaki sincapların gerçekten de genetik çeşitliliklerinden ötürü hayatta kaldıklarını nasıl bileceğiz? Belki de sadece şanslıdırlar? Ve eğer sadece şans nedeniyle hayatta kalıyorlarsa, bu durumda evrimin "daha uyumlu bireyleri seçmesi" gibi bir durum söz konusu değildir. Bu söz konusu değilse, evrimden söz edemeyiz. Yani evrimin geçerliliği, çeşitlilik ile yaşam mücadelesi arasında ilişki kurulabilmesine bağlıdır.

Muhtemelen artık şaşırmayacağınız gibi, bilim insanları bu iddiayı da binlerce farklı defa doğrulamayı başarmışlardır. Bir tanesine değinmeme izin verin: Syracuse Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden Prof. Dr. Mark Ritchie, bu üçüncü postülatı deneysel olarak test etmek için dahiyane bir örnek seçmiştir: Kolombiya Yer Sincapları. Yani bir önceki iddiamızın başrol oyuncularıyla benzer hayvanlar... Deney de yine beslenme ile alakalı... Ancak Dr. Ritchie'nin peşinde olduğu özellik bambaşka bir özelliktir.

Bu sincaplar, iki farklı bitki türüyle beslenirler: Tek çenekliler (monokotlar) ve çift çenekliler (dikotlar). Bu farklı besin türlerinin farklı avantajları ve

dezavantajları vardır. Monokotlar, daha serttirler ve onları kırıp açmak daha zahmetlidir. Dolayısıyla sincap, yuvasından çıkıp kendisini riske attığında monokotları açmak için daha fazla zaman harcar. Bu da, etrafta kol gezen avcılara av olma riskini arttırır. Ancak monokotların sincaba verdiği besinsel enerji, dikotlarınkine göre daha yüksektir. Yani eğer av riski pek yüksek değilse (ki hayvanlar bunu aktif olarak takip ederler), sincap monokot bitkileri yemeye çalışacaktır. Öte yandan dikotları açmak çok kolaydır. Yani av riski altındayken bu dikot bitkiler hemencecik tüketilebilir ve yuvaya geri dönülebilir. Ancak dikotların sıkıntısı, sindirimlerinin çok güç olmasıdır. Yani kolay tüketebilirsiniz; ancak onları enerjiye dönüştürmek sincapların vücudu için çok daha zordur.

İşte bu, evrimin parametrelerle oynayarak en uyguna ulaşma algoritmasını test etmemiz için harika bir fırsat! Eğer ki kitabın bu bölümünün önceki kısımlarını tam olarak anlayabildiyseniz ve artık evrimi bir algoritma olarak zihninizde hayal edebiliyorsanız, Dr. Ritchie'nin sincaplarının bir uygunlaştırma (optimizasyon) sorunuyla karşı karşıya olduklarını görebilirsiniz. Sincaplar, monokot ve dikot bitkiler arasındayken, ikisinden de biraz olmak kaydıyla en uygun diyeti sürdürmek zorundadırlar. Diyetlerinde monokotlara da, dikotlara da fazla yer ayıranlar, en uygun (optimal) diyeti takip edenlere göre dezavantajlı olacaktır. İşte Dr. Ritchie, bu harika örnek üzerinden evrimi bir başka açıdan, tekrar ispatlamaya çalışmıştır.

109 sincap üzerinde çalışan Dr. Ritchie, popülasyon için gerçekten de optimal bir diyetin olduğunu matematiksel olarak göstermeyi başarmıştır. Sonrasında, popülasyondan örnekler toplayarak bu modeli vahşi doğada test etmiştir. Gerçekten de sincaplar, söz konusu matematiksel modele uygun bir şekilde diyetlerini ayarlamaktadırlar. Sadece bu da değil! Dr. Ritchie, bizim zaten ispatladığımız Darwin'in birinci postülatını tekrar doğrulamıştır: Sincaplar arasında bu optimal diyetten sapan bireyler bulunmaktadır. Yani popülasyon içerisinde gerçekten de bir çeşitlilik bulunmaktadır. Bu çeşitlilik üzerinde yapılacak inceleme önemlidir, çünkü ikinci ve üçüncü postülatları doğrulamanın yolu bu "sapkınlara" bakmak olacaktır.

Dr. Ritchie, ikinci postülatı da ebeveyn-yavru ilişkileri aracılığıyla ispatlamayı başarmıştır. Sincapları, ebeveynleri tarafından yetiştirilen ve kendi başlarına yetişen olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Bu iki grup arasında, kendi başlarına yetişen yavrularda optimal diyetten sapma, ebeveynleri tarafından yetiştirilen yavrulardaki optimal diyetten sapmadan daha büyüktür. Bu durum, diyet davranışlarının genetik olduğu fikrini doğrulamaktadır; çünkü ebeveynler tarafından aktarılan "kültür", genlerin çizdiği çerçeveye şekil vermekte ve diyeti uyarlamaktadır (optimize etmektedir). Bu genetik ilişki, istatistiki analizlerle de doğrulanmıştır.

İşte ilk iki iddiayı doğrulamayı başaran Dr. Ritchie, üçüncüsünü de aynı deneyle doğrulayarak önemli bir başarıya imza atmıştır. Söz konusu optimum

diyetten sapan bireylerin aldıkları enerji miktarının, en uygun diyeti takip eden bireylerinkine nazaran dikkate değer miktarda düşük olduğunu göstermiştir. Hatta bu düşüklük yavru sincaplarda öylesine barizdir ki, optimum diyetten sapan bireylerde hayati fonksiyonları sürdürmeye yetecek kadar bile enerji alınamadığı gösterilmiştir. Bunlar, eğer ki ebeveyn desteği bulamazlarsa muhtemelen elenecek olan bireylerdir.

Tabii ki enerji alımına bakmak yetmez. Bunun gerçekten de hayatta kalma mücadelesine doğrudan etki edip etmediğini kontrol etmek gerekir. Dr. Ritchie, bunu da başarmıştır. Optimum diyetten sapan sincapların vücut organlarının daha az geliştiğini, hayatta kalma miktarlarının dikkate değer ölçüde azaldığını ve çiftleştikleri zaman daha az yavru üretebildiklerini göstermiştir. Tüm bunlar, Darwin'in Evrim Teorisi'nin 3. postülatının da doğru olduğunu desteklemektedir.

IV. Doğal Seçilim Canlıları Seçer!

Bu üç iddianın doğrulanması, dördüncüsünü kaçınılmaz kılmaktadır. Buna dair bazı örnekleri kitabın önceki sayfalarında verdim. Son bir örneği de Trinidad Adaları'ndaki lepistes balıklarından vermek istiyorum. Aslında lepisteslerin evrimsel biyoloji açısından önemini *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* isimli kitabımda izah etmiştim. Ancak o kitapta daha ziyade evrimsel ekolog John Endler'in laboratuvar deneylerinden söz etmiştim. Bu kitapta, doğrudan doğada yapılan deneylerden bahsedeceğim. Böylelikle bu kitaptaki deneyler, sözünü ettiğim diğer kitabımdaki deneylerle bütünleyici özellik de göstermiş olacak.

Lepistesler (*Poecilia reticulata*) milyonbalıkları ya da gökkuşağı balıkları olarak da bilinen, dünyanın en yaygın balık türlerinden birisidir. Ayrıca en popüler akvaryum balığı olmaları bakımından da önemli bir türdür. Erkekleri 1.5-3.5 santimetre, dişileri ise 3-6 santimetre uzunluğunda olan ufacık balıklardır. Dişileri gri ve niteliksiz görünümdeyken erkekleri rengarenktir, büyük kuyruklara ve çeşitli desenlere (noktacıklar, bezemeler, çizgiler) sahiptir. Bu balıkların tıpkı insanlar gibi 23 çift kromozomu bulunur ve sözünü ettiğim fiziksel özellikleri Y kromozomu üzerinden genetik olarak aktarılabilir. Dolayısıyla bu deneyde de ilk iki postülatın doğrulandığını görmekteyiz. Üçüncü ve dördüncü postülatları ise şimdi açıklayacağım.

Lepisteslerin iki önemli avcısı vardır: Yıllık balığı (*Rivulus hartii)* ve ciklet balığı (*Crenicichla alta*). Bunlardan ilki zayıf bir avcıdır ve çok saldırgan değildir. İkincisi ise lepistesler için son derece ölümcül olan, iri ve saldırgan bir avcıdır. Bu iki avcı, Trinidad Adaları'ndaki nehir sistemlerinin farklı bölgelerinde yaşarlar. Lepistesler, iki avcının da bulunduğu bölgelerde yaşayabilmektedir ve genellikle bir bölgede yaşayan lepistesler, diğer bölgede yaşayanlardan tamamen izoledirler (aralarında çiftleşme, gen akışı vb. olmaz). Yapılan gözlemler, yıllık

balıklarının daha çoğunlukta olduğu bölgelerde lepisteslerin yavrularının daha az sayıda ama daha iri olacak şekilde evrimleştiklerini göstermiştir. Öte yandan ciklet balıklarının olduğu bölgede yaşayan aynı lepistes türü, çok sayıda ama ufacık olacak şekilde evrimleşmiştir.

Bu noktada lepisteslerle ilgili bazı gözlemlere de yer vermekte fayda var: Birçok diğer balık türü gibi lepistesler de sürüler halinde dolaşırlar. Ancak bu sürü kurma davranışı her zaman eşit derecede gerçekleşmez. Eğer ki bulunulan sularda avcıların sayısı azsa veya avcı tehdidi düşükse, lepistesler de neredeyse hiç sürü halinde bulunmazlar. Çünkü sürü halinde dolaşmak her ne kadar bireysel av olma riskini azaltsa, grubun genel dikkat miktarını arttırsa ve grup olmanın getirdiği kafa karıştırma etkisine sahip olsa da, tespit edilen besinlerin yüzlerce diğer balık tarafından paylaşılması ve potansiyel eşlerin erkekler arasında paylaşılmak zorunda olması gibi olumsuzlukları da beraberinde getirir. Yani sadece gerektiği zaman sürü halinde dolaşmak avantajlıdır. Bunun ötesinde sürüler, bireylerin evrimsel başarısına zarar verebilir.

Lepisteslerin bir diğer özelliği, diğer birçok balıkta da görülen "avcı inceleme davranışı"dır. Balıklar da, tıpkı insanlar gibi etraflarını merakla incelerler ve çevreden bilgi toplamaya çalışırlar. Bir diğer balığı gören bir lepistes, bunun avcı mı, önemsiz bir balık mı olduğunu öyle bir bakışta anlayamayabilir. Yanına yanaşması ve dikkatle incelemesi gerekir. Ancak bu tabii ki son derece riskli bir davranıştır. Lepistesler eğer ki küçük gruplar halinde geziyorlarsa, yeni karşılaştıkları potansiyel avcılara daha fazla yanaşmaya meyillidirler. Çünkü büyük gruplar halinde gezerken zaten önlemler alınmıştır. Avcıya yaklaşıp da sürüyü riske atmanın bir anlamı yoktur. Ancak daha da küçük gruplar halinde veya tamamen bireysel olarak gezinirken, lepistesler avcıya daha fazla yaklaşabilirler. Çünkü çoğu zaman avcılar tek bir lepistesin peşine düşmektense, sürü halinde olan lepisteslere saldırmayı tercih ederler. Her ne kadar kafaları karışabilse de, daha fazla avı mideye indirebilirler.

İşte lepisteslerin bu davranışlarına bakarak, onlarla ilgili çok sayıda deney düzeneği hazırlayabiliriz. John Endler'in Trinidad Adaları'nda yaptığı deneyler de tam olarak bununla ilgilidir. Endler öncelikle, farklı avcı baskıları altında erkek lepisteslerin benek sayısının nasıl değiştiğini incelemiştir. Sonuçlar çok barizdir: Avcıların olmadığı veya yıllık balıkları gibi zayıf avcıların olduğu bölgelerde lepisteslerin vücudunda ortalama 11 civarında benek bulunurken, yüksek av riskinin olduğu bölgelerde bu sayı 7 ve altına düşmektedir. Benekler, bir lepistesin tespitini kolaylaştıran unsurlardır; çünkü kamuflaja veya kaçmaya değil, dişileri üzerine çekmeye yarar. Yani üremeye yönelik, cinsel seçilim sonucu evrimleşmiş özelliklerdir.

Endler, vücudunda ortalama 11-12 beneğin bulunduğu lepistesleri toplayıp yüksek avcı ve düşük avcı baskılarının olduğu nehirlere bırakmıştır. Sadece 20 ay içerisinde bu balıkların ortalama benek sayısı değişmiş, balıklar evrim geçirmiştir. Düşük avcı baskısının bulunduğu sularda lepisteslerin benek sayısı

11'den 13 ve üzerine çıkarken, yüksek avcı baskısının bulunduğu sularda benek sayısı 10'dan 8 ve altına inmiştir. Bu, sizin veya benim için önemsiz sayılar gibi gelebilir. Ancak bu özellik, türümüzdeki "el-yüz düzgünlüğü" diyebileceğimiz, çiftleşme ihtimalimizi arttıran fiziksel özellikler gibidir. Benek sayılarındaki bu değişimler, lepisteslerin üreme ve hayatta kalma şansını ciddi anlamda değiştirmektedir. Örneğin yüksek avcı baskısının bulunduğu durumlarda doğal seçilim baskısının artması, cinsel seçilim baskısına üstün gelmektedir. Benek sayıları azalmakta, lepistesler daha fazla kamufle olabilecek özelliklere evrimleşmektedir. Doğal seçilim, gerçekten de Darwin'in öngördüğü gibi hayatta kalma mücadelesine etki eden kalıtsal çeşitliliği seçip elemektedir!

Bu sonuçlar, 1957 yılında Haskin'in yaptığı gözlemlerle ve başlattığı deney dizileriyle de bire bir uyumludur. Haskin, yine Trinidad Adaları'ndaki 200 lepistesi ciklet balıklarının olduğu yüksek av bölgesinden alarak, yıllık balıklarının olduğu düşük av bölgesine transfer etmiştir. Daha önceden anlattığım gibi, yüksek av bölgelerinde lepistesler %80'lere varan oranda sürü davranışı gösterirken, düşük av bölgelerinde sürü kurma oranı %5'lere kadar düşmektedir. Aradan geçen 41 yıl ve 100 civarında nesil sonunda Magurran ve arkadaşlarının 1998 yılında doğruladıkları gibi, yüksek sürü kurma davranışına meyleden lepistesler, düşük av bölgesine transfer olduktan sadece birkaç ay sonra sürü oluşturma davranışını yitirmişlerdir. Üstelik araştırmacılar yalnızca sürü davranışındaki evrimi gözlememişlerdir. 13 ay gibi kısa bir süre sonunda, transfer edilen lepisteslerin çiftleşme tercihleri ve pul desenleri değişmeye başlamıştır.

Tüm bunlar, öğrenme ya da alışma ile ilgili değil, genetik tetikleyicilere sahip olan sürü kurma davranışını gösterenlerin (ya da ortama artık uyumlu olmayan desenlere sahip olanların) dezavantajlı konuma geçmiş olmasındandır. Mutasyonlar nedeniyle genleri farklı olan, dolayısıyla sürü kurmaya yatkın olmayan lepistesler (ya da yeni avcı baskısına daha uyumlu desenlere sahip olanlar), yeni ortamda avantajlıdır. Bu kalıtsal çeşitlilik, gerçekten de Darwin'in öngördüğü gibi doğal seçilim tarafından seçilmektedir. Bu seçilim, nihai olarak türlerin evrimine neden olmaktadır.

Yani Darwin haklıdır!

SONUÇ

Görülebileceği gibi evrimsel biyoloji son derece kapsamlı bir bilim sahasıdır. Dikkat edecek olursanız, kitabın bu ilk bölümünde evrimsel biyolojiyi anlatmak için çok fazla sayıda bilim dalına değinmem gerekti. Sağlam temelli bir şekilde inşa edilmeye başlandığı 19. yüzyıldan bu yana evrimsel biyoloji, hemen her bilim dalıyla etkileşime geçmiş, onlara bir şeyler katmış, onlardan bir şeyler edinmiştir. Tam olarak bu sebeple evrimin bilimdeki yeri vazgeçilmezdir. İşte bu yüzden evrimin diğer bilim dallarıyla ilişkisi çok iyi anlaşılmalı, onlar içe-

risinde kendisine nasıl yer bulduğu, onları nasıl değiştirdiği çok iyi öğrenilmelidir. Bu başarıldığında, kişinin modern bilime bakış açısı değişecek, evrimsel biyolojiyi daha küçük yaşlardan itibaren toplumumuza nasıl doğru ve etkili bir şekilde öğretmemiz gerektiğini anlayacak ve hatta kişinin evren ve doğa ile ilgili daha önce göremediği şeyleri görebilmesi mümkün olacaktır.

Bu bölümde, evrimin ilişkili olduğu bilim dallarını tanımaya başlamadan önce, evrimin kendisinin düzgünce tanınması gerektiğini düşünerek, yüzeysel ama çok açılı bir giriş yapmayı tercih ettim. Elbette bu çok açılı anlatım ve dar alandan ötürü birçok konuda boşluklar kalmış olabilir. Bu boşlukların doldurulması için, vereceğim kaynaklar ve ileri okumaların yanı sıra, *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* isimli kitabımı tavsiye ederim. Evrimin temellerini tam olarak anlamanızı sağlayacağını düşünüyorum. Ancak belirtmek isterim ki, kitabın bu ilk bölümünün amacı, evrimin ilişkili olduğu diğer bilim dallarını tanımak konusunda bir temel oluşturmaktır. Bu sebeple, o bölümlerdeki konuların daha iyi anlaşılmasını sağlayacağını düşündüğüm konulara değinmeye çalıştım. Daha önemlisi, evrimin bir "kahve tartışması konusu" değil, bilimin çok önemli ve kıymetli bir sahası olduğunu ve akademik olarak çalışılan bir saha olduğunu göstermeyi hedefledim. Umuyorum ki bunlar, sonraki bölümlerin anlaşılmasını da kolaylaştıracaktır.

Kaynaklar ve İleri Okuma

- Alles, D. *Cosmological Evolution.* Alındığı site: http://fire.biol.wwu.edu/trent/alles/Cosmic_Evolution_index.html
- Andersen, T., & Bengtson, S. (1980). Melanism in the Peppered Moth Biston betularia (L.) in western Norway (Lepidoptera: Geometridae). *Insect Systematics & Evolution,* 11(2), 245-248. doi:10.1163/187631280x00590
- Bernhard, A. (2010). The Nitrogen Cycle: Processes, Players, and Human Impact. *Nature Education Knowledge,* 3(10), 25-25. Alındığı site: http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-nitrogen-cycle-processes-players-and-human-15644632
- Chardin, P., & Huxley, J. (1959). *The Phenomenon of Man.* New York: Harper.
- Coyne, J. (2011). *Melanism gene found in peppered moth.* Alındığı site: https://whyevolutionistrue.wordpress.com/2011/05/21/melanism-gene-found-in-peppered-moth/
- Endler, J. (1980). Natural Selection on Color Patterns in Poecilia reticulata. *Evolution,* 34(1), 76-91. Alındığı site: http://www.mhhe.com/biosci/genbio/raven6/lab6/labs/lab6/resources/original.pdf
- Fox, C.W., Roff, D.A. and Fairbairn, D.J. (2001). *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies.* Oxford University Press.
- Fraknoi, A. (2014). *Cosmology: The Origin, Evolution & Ultimate Fate of the Universe.* Alındığı site: https://www.astrosociety.org/education/astronomy-resource-guides/cosmology-the-origin-evolution-ultimate-fate-of-the-universe/
- *Geoevolution: The Geological Evolution of the Earth.* (2014). Alındığı site: from http://www.handprint.com/PS/GEO/geoevo.html
- Gray, C. Do Walnut Trees Get Nuts Every Year? Alındığı site: http://homeguides.sfgate.com/walnut-trees-nuts-year-43771.html

- Griffiths, A. J. (2000). Sources of variation. Alındığı site: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22012/
- Griffiths, S., & Magurran, A. (1998). Sex and schooling behaviour in the Trinidadian guppy. *Animal Behaviour*, 56, 689-693. Alındığı site: http://www.mta.ca/~raiken/Courses/3401/Labs/Lab Papers/schooling 3.pdf
- Henrich, J. (2011). *A cultural species: How culture drove human evolution.* Alındığı site: http://www.apa.org/science/about/psa/2011/11/human-evolution.aspx
- Irion, D. (2003). Analysis of Genetic Variation in 28 Dog Breed Populations With 100 Microsatellite Markers. *Journal of Heredity*, 94(1), 81-87. doi:10.1093/jhered/esg004
- Kettlewell, H. B. (1958). A survey of the frequencies of Biston betularia (L.) (Lep.) and its melanic forms in Great Britain. *Heredity*, 12(1), 51-72. doi:10.1038/hdy.1958.4
- Lattimer, J. (2015). *The Search for Life in the Universe.* Alındığı site: http://www.astro.sunysb.edu/lattimer/AST248/
- Lewens, T. (2007). Cultural Evolution. Alındığı site: http://plato.stanford.edu/entries/evolution-cultural/
- Majerus, M. E. (2008). Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian Evolution in Action. *Evolution: Education and Outreach*, 2(1), 63-74. doi:10.1007/s12052-008-0107-y
- Mayhew, P.J. (2006). *Discovering Evolutionary Ecology: Bringing Together Ecology and Evolution.* Oxford University Press.
- Miller, K. (1999). *The Peppered Moth.* Alındığı site: http://www.millerandlevine.com/km/evol/Moths/moths.html
- Muller, M. (2003). *The Origin and Evolution of Life on Earth.* Alındığı site: http://www.uic.edu/classes/bios/bios100/mike/spring2003/lect04.htm
- Oaks, J. (2000). Was al-Khwarizmi an applied algebraist? Alındığı Site: http://pages.uindy.edu/~oaks/MHMC.htm
- Pianka, E.R. (2000). *Evolutionary Ecology*, 6. Baskı. Benjamin Cummings.
- Ratcliff, W.C., *et al.* (2013). Experimental evolution of an alternating uni- and multicellular life cycle in Chlamydomonas reinhardtii. *Nature Communications*, 4. Alındığı site: http://www.nature.com/articles/ncomms3742
- Ratcliff, W.C., *et al.* (2014). Origins of multicellular evolvability in snowflake yeast. *Nature Communications*, 6. Alındığı site: http://www.nature.com/articles/ncomms7102
- Ritchie, M. (1988). Individual variation in the ability of Columbian ground squirrels to select an optimal diet. *Evolutionary Ecology*, 2(3), 232-252. Alındığı site: http://link.springer.com/article/10.1007/BF02214285
- Ritchie, M. (1990). Optimal foraging and fitness in Columbian ground squirrels. *Oecologia*, 82(1), 56-67. Alındığı site: http://link.springer.com/article/10.1007/BF00318534
- Rudge, D. W. (2005). The Beauty of Kettlewell's Classic Experimental Demonstration of Natural Selection. *BioScience*, 55(4), 369. doi:10.1641/0006-3568(2005)055[0369:tbokce]2.0.co;2
- Scientists solve major piece in the origin of biological complexity (2013). Alındığı site: https://phys.org/news/2013-11-scientists-major-piece-biological-complexity.html

- Smolin, L. (2006). Cosmological Evolution (Edge). Alındığı site: https://edge.org/conversation/lee_smolin-cosmological-evolution
- Song, Y., Endepols, S., Klemann, N., Richter, D., Matuschka, F., Shih, C., Kohn, M. (2011). Adaptive Introgression of Anticoagulant Rodent Poison Resistance by Hybridization between Old World Mice. *Current Biology*, 21(15), 1296-1301. http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2011.06.043
- Taylor, T., Mulley, G., Dills, A., Alsohim, A., Mcguffin, L., Studholme, D., Jackson, R. (2015). Evolutionary resurrection of flagellar motility via rewiring of the nitrogen regulation system. *Science*, 347(6225), 1014-1017. doi:10.1126/science.1259145
- Taylor, T. (2015). Evolutionary rewiring of bacterial regulatory networks. *Microbial Cell*, 2(7), 256-258. Alındığı site: http://microbialcell.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/2015A-Taylor-Microbial-Cell.pdf
- *The Center for Chemical Evolution.* (2016). Alındığı site: http://centerforchemicalevolution.com/
- Zhang, Z., *et al*. (2008). Estimation of heritabilities, genetic correlations, and breeding values of four traits that collectively define hip dysplasia in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 70(4), 483-492. Alındığı site: http://www.vet.cornell.edu/research/bvhip/publications/ajvr.pdf
- Ziegler, P.A. (1988). Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys, *AAPG Memoir* 43

BÖLÜM II

MATEMATİKSEL EVRİM VE POPÜLASYON GENETİĞİ

Evrimin Teorisi ve Matematiği

Çağrı Mert Bakırcı

Evrimden söz ederken, popülasyon genetiğinden bahsetmemek mümkün değildir. Çünkü her ne kadar evrimsel biyoloji çok daha geniş bir sahayı kapsıyor olsa da, popülasyon genetiği bu "evrimsel biyoloji" denen organizmanın kalbi ve beyni gibidir. Çok sayıda keşif ve bulgu, bu temel üzerine inşa edilmiştir ve bu saha olmaksızın, evrimsel biyolojiden bahsetmek pek kolay değildir. Öyle ki, çoğu zaman akademik camiada popülasyon genetiği, evrimsel biyoloji ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Yine de, daha bölümün başından belirtmek isterim ki, her popülasyon genetikçisi evrimsel biyolog olsa da, her evrimsel biyolog popülasyon genetikçisi olmak zorunda değildir. Bunu kitabın ilerleyen bölümlerindeki diğer bilim sahalarında da göreceğiz.

Popülasyon genetiği, adından anlaşılabileceği üzere, canlı popülasyonları içindeki genetik farklılıkları inceleyen ve bu genetik farklılıkların zaman içindeki değişimini konu edinen bilim dalıdır. Bir diğer deyişle, bir canlı popülasyonunun gen veya alel dağılımlarının nesiller içindeki değişimini inceleyen bilim dalıdır. Hemen fark edebileceğiniz gibi bu, 1. Bölüm'de sözünü ettiğim resmi evrim tanımının ta kendisidir! Evrim, canlı gruplarının gen ve özellik dağılımlarının nesiller ve zaman içinde değişimdir. Popülasyon genetiği de, tam olarak bunu inceleyen bilim dalıdır. Fakat evrimin ayrıca fosillere ve çevreye dayalı daha farklı seviyelerde analizleri de mümkündür. Dolayısıyla popülasyon genetiği, evrimin tek açısı değildir. Buna rağmen, genetik bilimindeki son birkaç on yıldır yapılan atılımlar göz önüne alınacak olursa, evrimin çok büyük bir kısmının popülasyon genetiği tarafından domine edildiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Bu kötü bir şey değildir. Genlerin ne kadar güçlü yol göste-

riciler olduğu geride bıraktığımız asırda tekrar tekrar ispatlanmıştır. Evrimin temellerinin genetik gibi sağlam bir bilim sahasından gücünü alması, evrimsel biyolojinin ne kadar güvenilir bir bilim dalı olduğunu bizlere bir başka açıdan göstermektedir.

Tüm bu övgülere rağmen, evrimsel biyoloji bilimsel bir temelde doğmaya başladığında, henüz ortada popülasyon genetiği yoktu. Çünkü 24 Kasım 1859 tarihinde Charles Darwin *Türlerin Kökeni* kısaltmasıyla anılan, asıl adı *Doğal Seçilim Yoluyla Oluşan Türlerin Kökeni, veya Yaşam Mücadelesinde Desteklenen Irkların Korunumu* isimli kitabını yayımladığında, henüz bilim camiasında genetik diye bir sahanın adı bile bilinmemekteydi. Öyle ki, "gen" diye bir sözcüğün icat edilmesi için 1909 yılına kadar beklenmesi gerekecekti. Bu, Darwin'in ölümünden 27 yıl sonrasına denk gelmektedir. Her ne kadar genetiğin babası olarak anılan Gregor Mendel 1866 yılında yayımladığı *Bitki Melezlenmesi Hakkında Deneyler* başlıklı makalesinde genetiğin temellerini geliştirmiş olsa da, bu temellerin öneminin bilim camiasınca fark edilmesi 1900 yılında Hugo de Vries, Carl Correns ve Erich von Tschermak'ın "Mendel'i Yeniden Keşfediş" olarak anılan çalışmalarına kadar bekleyecekti. Tabii evrimin genetikle tanışması da aynı şekilde... Ancak gecikmeli de olsa başarılan bu buluşma, bilim tarihindeki önemli dönemeçlerden birini mümkün kılacaktı: Kısa adıyla "modern sentez" olarak bilinen, modern evrimsel sentezi...

MODERN SENTEZİ ANLAMAK: DARWIN'İN TEORİSİNE YÖNELİK KARŞIT FİKİRLER

Bu bölümün giriş kısmını, son derece konsantre bir özet olacak olsa bile, evrim ve genetik ikilisinin tarihine ayırmak istiyorum. Çünkü gerçekten bilim tarihinin en nefes kesen zaman dilimlerinden birisinden söz ediyoruz. Herkesin kendince fikirlerinin olduğu, evrimin bilimsel temelinin henüz tam olarak oturtulmamış olduğu bir dönemden bahsediyoruz. Her ne kadar evrime dair fikirlerin tarihi Antik Yunan'a kadar gidiyor olsa da, dönemin bilim insanları, bilginleri, tarihçileri, aristokratları ve diğer tüm insanları Darwin'in son derece sağlam temelli gözlem ve bulgulara dayanan kitabını ve teorisini beklemiyorlardı. Hazırlıksız yakalandılar. Gelin bu tarihe son derece hızlı ve kısa bir şekilde bir göz atalım. Böylece genetiğin evrim için nasıl bir önem arz ettiğini daha iyi anlayabileceğinizi umuyorum.

1859 tarihinde Darwin'in kitabını yayınlaması, tam da tahmin edilebileceği gibi son derece karmaşık tepkiler aldı. Geliştirdiği ve ileri sürdüğü teori, hiç de azımsanacak gibi değildi. İnsanlığın binlerce yıldır sorduğu o meşhur sorulara yanıtlar verme potansiyeline sahipti: *Biz nereden geldik? Biz kimiz? Nasıl var olduk?* Teorinin, ilk etapta olmasa da, sonradan bu sorulara verdiği cevaplar çok netti: Biz, bir maymun, bir memeli, bir omurgalı, bir hayvan türüyüz. Biz, *Homo sapiens* olarak isimlendirilen bir canlı türünün mensuplarıyız.

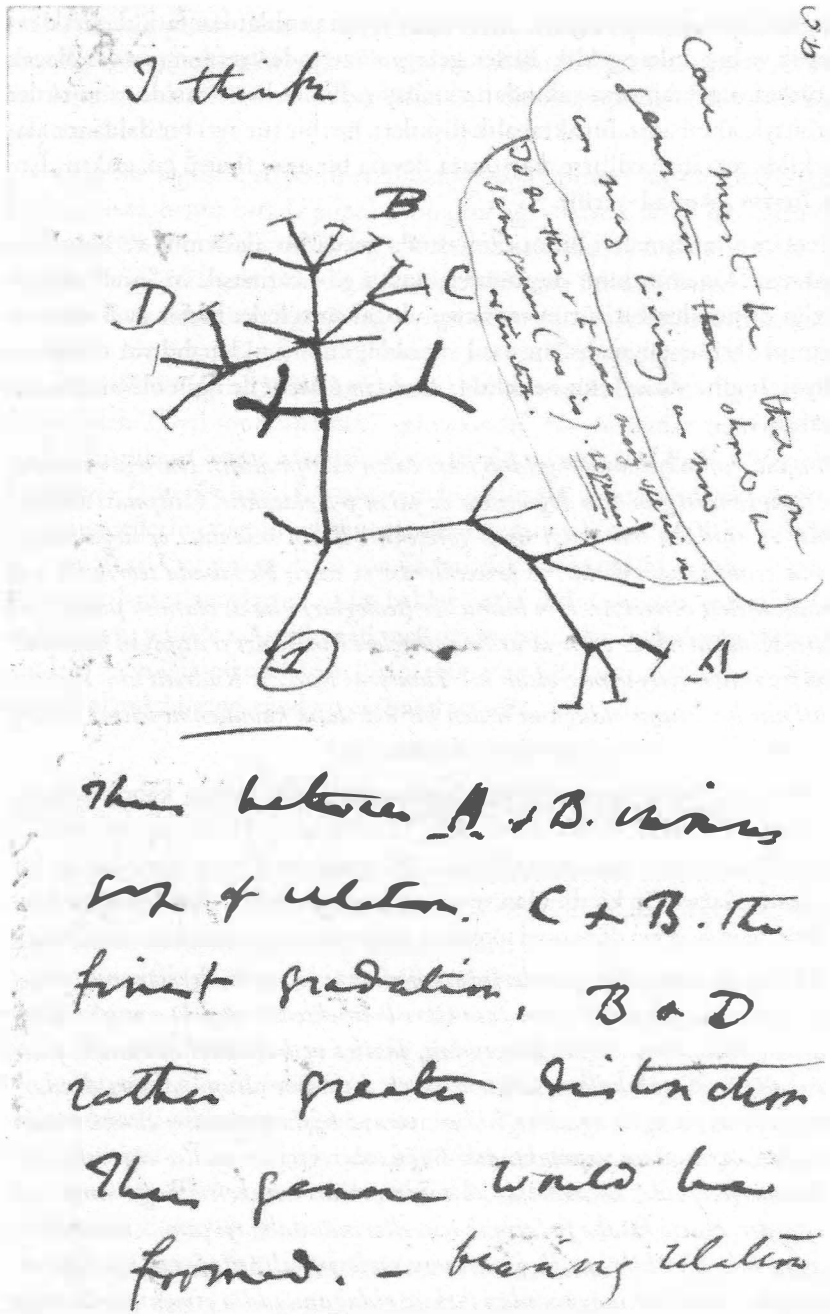
Bizler, kendimizden önce gelen, daha basit yapılı canlılardan farklılaşarak evrimleştik ve bugünlere geldik. Bizler, gezegen üzerinde var olmuş ve var olacak tüm türlerle uzaktan veya yakından akrabayız. Bizim haricimizde, tüm türler de birbiriyle akrabadır. Bu akrabalık ilişkileri, her bir tür ayrı bir dalda yer alacak şekilde şematize edilirse, karşımıza devasa bir ağaç figürü çıkacaktır. İşte buna, *Evrim Ağacı* adı verilir.

Teorinin tartışmaları bilim camiasında geçici bir alevlenme ve kutuplaşma yarattı. Dönemin kimi düşünürleri, insan gibi karmaşık ve "özel" olması gerektiği düşünülen bir türün tamamen doğal süreçlerle, hiçbir özel yaratım yöntemine ihtiyaç duymaksızın nasıl var olduğunun açıklanabiliyor olmasına öfkeliydi. İngiliz yazar John Leifchild, *Türlerin Kökeni* ile ilgili olarak şunları yazacaktı:

"İnsanların maymundan geldiği fikri zaten tartışmalıdır. Darwin'in insanî kibri, tıpkı kendisi gibi dün doğmuştur ve yarın yok olacaktır. Çalışması dikkate değerdir ve mutlaka hak ettiği ilgiyi görecektir. Bilim insanları ve doğa bilimciler onu kendi tuhaf sahalarına çekeceklerdir ve teori, bu sahada teorik bir var olma mücadelesi verecektir. Din bilimciler (teologlar) –haklı olarak– şunları soracaktır: Kendini tekrar eden yaratılma süreçleri için Tanrı'yı dışlayan kapsamlı bir teoriye neden ihtiyacımız olsun ki? Tüm yeni türlerin Kudretli'nin Yaratıcı Enerjisi'nin bir ürünü olduğunu neden bir kez daha kabullenmeyelim? Neden evrimin dolaylı var etme yöntemlerine başvuralım?"

Kimisi ise, bunu sanki yıllardır bekliyormuş gibi hemen kabullenmişti. Bunlardan en meşhur örnek, kuşkusuz "Darwin'in Buldogu" olarak anılan, önemli bilim insanı Thomas Huxley'dir. *Westminster Review* için yazdığı bir incelemede, Darwin'in kitabından ve yarattığı atmosferden şöyle bahsetmektedir (ki bu, teoriye gelen dönemsel tepkileri anlamak bakımından da önemlidir):

"Tamamen saf bilim çevrelerinin sınırlarını aşan 'türler sorunu', genel halkın dikkatini çekmektedir ve insanları bölmektedir. Bay Darwin'in kitabını herkes okumuştur veya en azından, fazilet ve kabahati hakkında fikir beyan etmiştir. Gerek halkın içinden, gerek dışından olsun, yalancı dindarlar çoktan teoriyle ilgili ağlak çığlıklar atmaya başlamışlardır; çünkü kitabı yermek fazlasıyla prim yapmaktadır. Bağnazlar kitaba cahilce sövmektedir. Her iki cinsiyetten de 'kocakarılar', kitabın çoktan tehlikeli olduğu yargısına varmışlardır. Hatta kitaba fırlatmak için ellerinde daha iyi çamur topları bulunmayan bilginler bile, antik yazarların sözlerini alıntılayarak kitabın yazarının kendisinin bir maymundan farksız olduğunu iddia etmektedirler. Öte yandan her filozof, kitabın liberalizmin cephaneliği için eşsiz bir silah olduğu kanısına varmıştır. Ve tüm başarılı doğa bilimciler ve hekimler, ileri sürülen doktrinlerle ilgili fikirleri her ne olursa olsun, kendilerini sarıp sarmalayan bu çalışmanın insanın bilgisine sağlam bir şekilde katkı sağladığı ve doğa tarihinde yeni bir çağ açtığı konusunda hemfikirdir."



Görsel 2-1: Charles Darwin Evrim Ağacı konseptini "Türlerin Transmutasyonu Üzerine Birinci Not Defteri" isimli defterine 1837 yılında bu şekilde çizmiştir. Bu sembolik çizim, türler arası köken ilişkisini göstermektedir. Ağacı dallarının uçları modern türleri simgelemektedir. Dallar, atalar üzerinden birbirine bağlanır. Dalların bağlantı noktalarında "ortak ata" denen türleri temsil eder.

Burada tüm tartışmaların detaylarına girmek doğru olmaz, kitabın ve bölümün konusundan çıkmamıza ve kitabın bir tarih dersine dönüşmesine neden olacaktır. Bunu ayrı bir çalışmaya bırakalım. Fakat önemli olan nokta, *Türlerin Kökeni*'nin yayımlanmasından sadece birkaç on sene sonra, bilim camiasında hiçbir temel kuşkunun kalmamış olmasıdır. 21. yüzyıl perspektifinden bakacak olursak sonuç, her ne açıdan ele alınırsa alınsın, bir önceki bölümde de gösterdiğim gibi, son derece nettir: Darwin, haklıydı!

1900 yılına geldiğimizde, genetiğin keşfi çok daha büyük ve heyecanlı bir dönemeci başlattı: Evrim, o zamana kadar hiç bilinmeyen bambaşka bir açıdan sınava tabi tutulabilecekti. Darwin, her ne kadar kitabında özelliklerin gelecek nesillere aktarımı için işe yarar ve doğru bir mekanizma sunamadıysa da, bunun bir gün keşfedileceğini biliyordu. O gün, artık gelmişti. Genetik, evrimle kafa kafaya çarpışacaktı. Sonuç ya iki taraftan biri için yıkım olacak ya da iki tarafın birbirine kaynaşması, birbirini törpülemesi, birbirini güçlendirmesi sonucu yeni bir fikri doğuracaktı. Gerçekten de, ikincisi oldu.

1930'lu ve 40'lı yılların sonuna kadar geçen sürede, genetiğin birçok detayı öğrenildi. Özellikle matematikçiler ve istatistikçilerin çalışmaları sayesinde canlıların ve canlı popülasyonlarının özellikleri ortak bir dilde ifade edilebilmeye başlandı. Dahası, genetiğin nasıl çalıştığına dair çok güçlü ve somut veriler elde edildi. Bunlar, artık evrimsel açıdan analiz edilebilecek ve iki bilim dalının birbirine destek mi olduğu, yoksa birinin diğeriyle çelişeceği mi anlaşılabilecekti.

İngiliz istatistikçi ve biyolog Ronald Fisher, Ukrayna doğumlu Amerikalı genetikçi ve evrimsel biyolog Theodosius Dobzhansky, Hint asıllı İngiliz fizyolog, genetikçi ve evrimsel biyolog J.B.S. Haldane, Amerikalı genetikçi Sewall Wright, İngiliz ekolog ve genetikçi Edmund Ford, Alman asıllı Amerikalı evrimsel biyolog Ernst Mayr, İngiliz teorik evrimsel biyolog, genetikçi ve uçak mühendisi John Maynard Smith, Alman evrimsel biyolog Bernhard Rensch, Sovyet genetikçi Sergei Chetverikov, Amerikalı paleontolog George Gaylord Simpson ve Amerikalı botanikçi ve genetikçi George Ledyard Stebbins, evrimsel biyoloji ile genetiğin bu büyük karşılaşmasındaki başrol oyuncularıydı. Görebileceğiniz gibi, evrimin temellerini sağlamlaştırılan bilim insanları tek bir ülke, zümre veya ideolojiden değil, dünyanın farklı yerlerinden, birbirinden farklı alanlarda çalışmalar yürütmekte olan saygın ve çok sayıda insanlardır. Ancak hepsinin tek bir gayesi vardı: Evrimsel biyolojinin gerçekten de genetik temelli bir şekilde izah edilip edilemeyeceğini ortaya koymak... Bunun için her biri farklı yöntemlere başvurdu, her biri kendi uzmanlık alanını devreye soktu, her biri evrime farklı bir açıdan (ama tamamen entelektüel olarak) saldırdı.

Sonuç? Evrim, sapasağlam ayakta kaldı. Genetiğin her açısı, evrimin öngörülerini birer birer doğruladı. Evrim ve genetik, birbirinden asla ayrı düşünülemeyecek bilim sahaları ve doğa yasalarıydı.

MODERN SENTEZİN MANİFESTOSU

Bu çarpışmadan doğan "modern sentez", aşağıdaki temel ilkeler çerçevesinde özetlenebilir. Bu özet, aynı zamanda evrimin modern bir manifestosu gibidir de... Bu maddelerin önemli olduğunu düşünüyorum, çünkü bir önceki bölümde öğrendiklerimizi tekrar doğrulama fırsatı verecek ve onların üzerine bazı yeni bilgiler ekleyecek. Modern sentezin manifestosunu şöyle sıralayabilirim:

- Tüm evrimsel olgular, bilinen genetik mekanizmalar ve doğa bilimcilerin gözlemleri sayesinde tutarlı bir şekilde açıklanabilir. Yani evrimsel biyolojinin parçalarını izah etmek için doğaüstüne veya metafizik argümanlara ihtiyaç duyulmaz. Bir bilim olarak evrimin her parçası test edilebilir, doğrulanabilir veya yanlışlanabilirdir.
- Genotip, bir bireyin genetik yapısının tamamına verilen isimdir. Fenotip, bireylerin genleri dolayısıyla sergiledikleri fiziksel özelliklerin tamamıdır. Fenotip, sadece genlerden değil, çevreden de etkilenir. Genel olarak genler, fenotipin çerçevesini ve sınırlarını belirler. Çevreyle olan etkileşim ise bu genetik sınırların içini doldurur. Çevre fenotipe etki edebilse de, genotipe etki edemez; dolayısıyla Lamarkçı Evrim anlayışı geçersizdir.
- Doğal popülasyonlarda görülen genetik çeşitlilik, evrimin anahtar olgularından birisidir. Kalıtsal çeşitlilik, genlerden kaynaklanır. Bu genlerin nasıl aktarıldığı ve özellikleri, canlıların özelliklerini belirler. Birçok fenotipik (fiziksel, davranışsal, vs.) özellik, birden fazla genin kontrolü altındadır. Benzer şekilde birçok gen, birden fazla özelliği kontrol edebilir.
- Tüm genler; mutasyonlar, gen çaprazlanması (crossover), transpozonlar gibi çeşitlilik mekanizmaları aracılığıyla değişebilirler. Bu değişim yavaştır. Çevre koşulları, mutasyon gibi evrim mekanizmalarının hızını ve biçimini etkileyebilse de, bu etki sınırlıdır.
- Mutasyonlar gibi çeşitlilik mekanizmaları tek başına adaptasyona (uyuma) neden olamaz. Sadece çeşitlilik yaratırlar; ancak bu çeşitlilik arasından seçilim mekanizmaları tarafından seçilenler popülasyon içinde giderek artar ve türün o popülasyonu, belirli bir koşula adapte olmuş (uyum sağlamış) olur.
- Doğal seçilim (ve bu manifesto dahilinde onun bir alt başlığı olarak kabul edilebilecek cinsel seçilim), açık ara farkla en önemli değişim (evrim) mekanizmasıdır. Canlıların fiziksel, davranışsal ve genetik olarak değişmeleri için illa büyük sıçramalarla farklılaşmaları gerekmez. Hayatta kalma ve üreme başarısına %0.1'den bile küçük oranda katkı sağlayan, en ufak farklılıklar bile doğal seçilim tarafından yüzlerce ve binlerce nesil boyunca seçildiği takdirde devasa değişimlere, hatta yepyeni türlerin evrimine neden olabilir.

- Vahşi doğada doğal seçilimin etkisi, daha önce düşünülenden çok daha güçlüdür. Ancak evrime yön veren sadece doğal seçilim değildir; doğada sahip olunan ekolojik görevler ve alanlar (niş) ve gen akışının önündeki bariyerler gibi etmenler de büyük öneme sahiptir.
- Seçilimin ana hedefi bireydir. Canlıların fenotipi büyük ölçüde genlerden kaynaklanır; ancak seçilim mekanizmaları canlının fenotipine etki eder. Belli fenotipte olanlar seçilip elendiği için, o fenotipe neden olan genler de seçilip elenmiş olur.
- Evrimsel biyolojide bireyler yerine popülasyonlar bazında düşünmek birincil öneme sahiptir. Her ne kadar seçilim mekanizmaları tekil bireyleri seçse de, evrimsel değişim onların genel ortalamasında, popülasyona yayılmış halde gözlenir. Bireyler, genel gidişat (trend) dahilindeki veri noktaları gibidir. Onların hayatta kalması ve ölmesi de önemlidir; ancak asıl önemli olan, genel popülasyon ortalamasının ve özelliklerinin nesiller içindeki değişimdir.
- Bir türün farklı bölgelerdeki popülasyonlarının genotipik ve fenotipik özellikleri birbirinden farklı olabilir. Bu farklılıklar deneysel ve gözlemsel olarak doğrulanabilir. Bu farklılıklar çoğu zaman türe, bulunduğu ortamlarda avantaj sağladığı için vardır; yani adaptiftir. Bu farklılıkların izolasyon altında uzun vadede seçilimi sonucunda türleşme meydana gelir. Yani atasal tür, iki (veya daha fazla) yeni türe evrimleşmiş olur.
- Evrim kademelidir. Seçilim mekanizmaları tarafından seçilen ya da elenen küçük genetik değişimler uzun zaman dilimlerinde birikir. Türler arasındaki süreksizlikler, ayrışmadan (izolasyondan) kaynaklı türleşme ve türlerin yok oluşu ile açıklanabilir. Türlerin farklı popülasyonları arasında fiziksel ve genetik olarak kademeli ve yumuşak bir geçişin olduğu gerçeği, evrimin kademeli doğasını ispatlamaktadır.
- Bir türü belirleyen genlerdir, fiziksel görünüm değil.
- Fosil kayıtlarında tespit edilen, ani gibi gözüken sıçramalar, evrimin birdenbire yeni türler yaratmasından, fosil kayıtlarının eksikliğindendir. Çok az sayıda canlı fosilleşir; fosilleşen canlıların da çok ufak bir kısmını kazılar ve araştırmalar sırasında keşfedebilmekteyiz.
- Fosil kaydında (ve diğer bilim sahalarında) bugüne kadar yapılan bütün gözlemler evrimsel öngörülerle uyumludur ve evrimsel biyolojiyi destekleyicidir. Fosil kaydındaki her bir olay, evrimsel değişimlerle açıklanabilir.
- Mikroevrim, makroevrimi doğurmak zorundadır. Canlıların genlerindeki gözle görülemez değişimler (mikroevrim), uzun vadede seçilim sonucunda gözle görülür türleşmelere ve fiziksel görünüm farklılıklarına (makroevrime) neden olacaktır. Bu, kaçınılmazdır.

Görülebileceği gibi hemen hemen her bilim dalı, bilim tarihine yön verecek olan bu senteze bir şeyler katmayı başarmıştır. Bu maddelerin her biri, modern gözlemlerle de tekrar tekrar doğrulanmıştır. İşte bu nedenle evrimsel biyoloji ve onun diğer tüm bilimlerde yarattığı değişim rüzgârı, evrimin "bütün bilimlerin harcı" olarak değerlendirilmesine neden olmuştur. Bu, son derece doğrudur.

Bu kitabın her sayfasında göreceğiniz gibi, evrim olmaksızın bilimden söz etmek akıl dışıdır. Öyle ki, geriye dönüp baktığımda bilim insanlarının Darwin'den önce etraflarında olup bitene getirdikleri açıklamalardan nasıl tatmin olduklarını anlamakta güçlük çekiyorum. Çünkü bir yapının, organın, organizmanın çalışma biçimi, davranışları, görevleri ile ilgili olarak evrim haricinde getirilen bütün açıklamalara günümüzde "yaklaşık açıklamalar" denmektedir. Öte yandan evrim, biyolojideki unsurların neden ve nasıl o şekilde oldukları ile ilgili "nihai açıklama"dır. Yaklaşık açıklamalar bize sistemlerin nasıl çalıştığı ile ilgili önemli bilgiler verse de, o sistemlerin nasıl o hale geldiğini izah edemezler. Bu bakımdan her zaman eksiktirler. Hemen bir örnekle açıklayayım:

Bir kuşun belli bir şekilde ötmesi, onun ses kutusuyla, yaşadığı bölgeyle, yılın hangi mevsiminde olduğuyla, duygu durumuyla, vb. ilgili olabilir. Bunların her biri, kuşun ötüşüyle ilgili dikkate ve araştırılmaya değer açıklamalardır. Fakat aynı zamanda her biri, "yaklaşık açıklamalar"dır. Hiçbiri, nihai olarak kuşun neden ve nasıl o şekilde öttüğünü açıklamaya yetmez. Fakat bir insan ne zaman ki söz konusu kuşun "o şekilde ötüşünün" ardında yatan evrimsel tarihi incelemeye başlar; işte o zaman nihai bir açıklamadan söz etmeye başlayabiliriz. Çünkü evrim, canlılarla ilgili var oluşsal açıklamalar getirmemizi sağlamaktadır. Bir canlı, "o canlı" olacak şekilde evrimleşmeden önce, "o canlı"ya atfedilen hiçbir özelliği barındırmamaktaydı (ya da o özelliklerin oldukça farklı versiyonlarını barındırmaktaydı). Dolayısıyla canlıları, ataları olan "başka canlılar"dan farklılaştırarak, bildiğimiz "o canlılar" haline getiren doğa yasası evrimdir. Bu da, evrimi kullanarak canlıların özellikleri, davranışları ve yapılarıyla ilgili nihai açıklamalar yapabilmemizi sağlar.

Bu nedenle evrime dayalı açıklamalar her zaman çok daha güçlü ve diğer açıklamalara temel olan açıklamalardır. Evrimsel biyolojinin tatmin edici olması da bundandır! İşte modern sentez ile birlikte açıklayıcı gücüne güç katan evrim, birçok bilim dalının merkezine yerleşmiş ve bu bilim dallarının kökünden değişmesinde çok önemli bir rol oynamıştır. Bunun mümkün olmasının bir diğer nedeni de, modern sentezin evrimi matematiksel olarak açıklama yolunda ilk önemli adım olmasıdır. Bir bilim sahasının matematiksel olarak ifade edilebilmesi, içeriklerinin matematiksel yöntemlerle ispatlanabilmesi veya çürütülebilmesi, elbette ki o sahaya müthiş bir güç ve anlam katmaktadır.

İşte bu nedenle kitabın bu bölümünde, evrimin matematiksel doğasıyla ilgili bazı açıklamalara ve bilgilere de yer vereceğim. Bilimin dili olan mate-

matiğin, biyolojinin kalbi olan evrime uyarlanabiliyor olması, elbette ki tüm bilim dalları açısından önemli bir değişim rüzgârını başlatmıştır. Bu rüzgârın etkilerini anlamak ve diğer bölümlerde tanışacağımız bilim dallarının evrimle olan karşılıklı ilişkisini kavramak için, evrimin matematiğine bakmak faydalı olacaktır.

MATEMATİKSEL BİR BİLİM OLARAK BİYOLOJİ

Mutlaka duymuşsunuzdur. Evrimle ilgili konulardan söz ederken X türünün Y türüyle akrabalığından, A özelliğinin B özelliğinden evrimleştiğinden bahsederiz. Peki tüm bunları nereden biliyoruz? Tüm bunlar, verilere sonradan bakarak uydurulmuş masallar olabilir mi? Sonuçta doğada değişen canlıları gözlerimizle göremiyoruz, en azından göremiyoruz gibi gözüküyor... Doğru iz üzerinde olduğumuzu nereden bileceğiz? Evrimsel biyolojinin çalıştığını, evrim mekanizmalarının gerçek olduğunu nasıl anlayacağız? Ya evrimsel biyologlar dünyanın en prestijli okullarından gelen, hayatımızı değiştiren her türlü bilimsel keşfe imza atan, evrenin sırlarını çözmemiz konusunda en fazla katkıyı yapan bilim insanlarından oluşan, ama tüm bunlara rağmen amacı insanları evrim diye bir şey olduğuna ikna etmek için yalan söylemek olan gizli bir yer altı organizasyonuysa? Yoksa... Illuminati? Üçgen? Piramit? İsrail? Eyvah!

Bu sorular (tamam, belki sondakiler hariç), sadece evrimi anlama (ve hatta anlamama) çabasında olanların değil, bilim insanlarının da başından beri, yüzyıllardır sordukları sorulardır. Günümüzde bunların hepsine güçlü cevaplar verilebilmektedir. Fakat en temel düzeyde, herkesin anlayabileceği seviyede bir matematik kullanılarak bile yapılabilen bir ispattan daha güçlü bir izah olabilir mi? İşte bu bölümün asıl hedefi, popülasyon genetiğini kullanarak evrimsel biyolojinin temelini matematiksel olarak ispatlamak olacak. Bu bölümde, evrimin matematiksel bir ispatından ve bilimde "temel hipotez" dediğimiz yapısından bahsederek, en temel düzeyde az önce sorduğum soruların hepsine birden yanıt vermeyi hedefliyorum (tamam, yine, sondakiler hariç; zira onlar bir cevabı hak etmiyor).

Daha önceden evrimin nasıl birden fazla bilim tarafından tekrar tekrar doğrulandığından söz etmiştim. Zaten kitabın amacı da birçok farklı açıdan bunu gösterebilmek... Ancak bu kadar disiplinler arası bir bilim dalını, diğer tüm bilimlere bağlayan bir altyapı gerekmektedir. İşte bu altyapıyı, bilimin dili olan matematikte bulmamız mümkündür.

Biyoloji, oldum olası her zaman matematiksel olmamakla suçlanmıştır. Örneğin ufak bir yan bilgi olarak, çağımızın en büyük dehalarından biri kabul edilen Stephen Hawking'in okul çağlarında biyolojiden hiç hoşlanmadığından bahsedebilirim. Gerekçe olarak, biyolojinin matematiksel arka planının olmamasını gösteriyordu. Basitçe, günümüzde birçok öğrencinin de söyleyeceği gibi, biyolojinin "çok belirsiz ve çok fazla tanıma/ezbere dayalı" olduğunu düşünü-

yordu. Evrimsel biyolojinin, oldukça matematiksel bir saha olan mühendislikle birleştiği noktada akademik çalışmalar yapan biri olarak, Hawking'in ne demek istediğini şahsen anlıyor olsam da, ona ne yazık ki hak verememekteyim. Kendisi de zaten bu hatalı düşünce tarzından vazgeçmiştir; hatta seçtiği alana dair içten içe pişmanlık duyduğunu 13 Eylül 2013'te NPR'a verdiği bir röportajda görmek mümkündür. Kendisine *"Eğer ki kariyerinize yeniden başlayacak olsaydınız, hangi alanı seçerdiniz ve neden?"* diye sorulduğunda, verdiği cevap şöyledir:

"Eğer ki şu anda sıfırdan akademik araştırmaya başlayacak olsam, yaşamın bilimi olan moleküler bilimi tercih ederdim. Crick ve Watson, 1953 yılında DNA'nın ikili sarmal yapısını ve genetik kodu keşfetti. Uzmanlaşacağım bilim yılını seçtiğim 1957 yılında bunun önemini anlayamadım. Okulumda en parlak öğrenciler hep matematik ve fiziği seçiyorlardı. Daha az parlak öğrenciler fizik ve kimyayı seçiyorlardı. En az parlak olanlarsa biyolojiyi... Ben matematik ve fizik üzerine odaklanmak istedim; ancak babam kimya seçmemi istiyordu. Çünkü matematikçiler için iş imkânı olmadığını düşünüyordu."

Biyolojinin diğer bilimler kadar matematiğe dayalı olmadığı doğrudur. Örneğin bir metale kesintili bir şekilde belli büyüklükte bir kuvvet uyguladığımızda, kaç milyon ya da milyar seferden sonra kırılacağını oldukça isabetli bir şekilde hesaplayabiliriz. Ancak elimize parmağımızla kesintili olarak bir bastırıp bir bastırmadığımızda, kaç bastırmadan sonra elimizin 1 santimetre karelik alanının kan birikimi nedeniyle kızaracağını hesaplayamayız. İlk örnekle ilgili çok iyi çalışılmış, son derece güvenilir matematiksel formüller geliştirebilmişizdir. Ne yazık ki ikinci örneğe dair herhangi bir matematiksel altyapımız bulunmamaktadır. Öyle ki, biyolojinin matematikten uzaklığı en uç düzey bilim insanlarının bile ilgisini çekmiştir. Bilgisayarların babası, Yapay Zekâ'nın fikir babası, büyük matematikçi, bilgisayar bilimci, mantık bilimci, kriptanalist ve teorik biyolog Alan Turing, ömrünün son kısmını canlıların vücutlarındaki nokta ve çizgiler gibi desenlerin nasıl oluştuğunu matematiksel olarak ifade edebilmeye ayırmıştır. 1952 yılında yayınladığı *"Morfogenezin Kimyasal Temeli"* isimli makalesinde Fibonacci dizisinden faydalanarak bitki ve hayvanlardaki desenlerin matematiksel ifadesini keşfetmeyi başarmıştır. Turing, son derece karmaşık gözüken diferansiyel denklemleri kullanarak geliştirdiği Reaksiyon-Difüzyon Sistemi isimli bu açıklamasıyla matematiksel ve teorik biyolojiye önemli katkılar sağlamıştır. Günümüzde halen geçerli olan bu açıklamalar, biyolojinin matematiksel altyapısını keşfetmek açısından son derece kıymetlidir. Bu kısmı geçmeden önce, Turing'in esprili ama bir o kadar da düşündürücü bir sözüne yer vermek istiyorum. Kendisine canlıların (örneğin atların) üzerinde bulunabilecek tüm desenleri tek bir matematiksel denklemle açıklayabilmek konusundaki keşfinin başarısı sorulduğunda, şöyle cevap vermiştir:

"Eh, çizgileri açıklamak kolay. Peki ya atın kendisini?"

Yine de biyolojinin halen fizik ya da mühendislik kadar matematiksel olmaması, biyolojinin bilimsel değerini azaltan ya da öneminin altını oyan bir durum değildir. Zira biyolojinin henüz diğer temel bilimler kadar matematiksel olmayışı, biyolojinin gerçekten matematiksel bir alt yapıya kavuşturulamayacağından değil, şu anda bunu başarabilecek kadar derin bir bilgi birikimi ve deneyime sahip olmayışımızdan kaynaklanmaktadır. Gezegenimizin gördüğü en müthiş dehaları sırf eşcinsel oldukları için katletmekten vazgeçersek, belki de biyolojinin matematiğinde büyük atılımlar yapabiliriz, ne dersiniz?



Görsel 2-2: Alan Turing'in Stephen Kettle tarafından yapılan ve Bletchley Park'ta bulunan 1.5 tonluk heykeli. Fotoğraf Wikimedia Commons'dan alınmıştır.

Tüm bunlara rağmen biyolojide, bölüm içinde ufacık bir kısmını göstereceğim gibi aslında çok yoğun bir miktarda matematik bulunmaktadır. Ancak bu matematik, çoğunlukla olasılığa ve istatistiğe dayalı bir matematiktir. Kimi zamansa genellemeler veya karakterize edici örneklemelere dayalı olarak ilerler. Örneğin spesifik bir insanın (örneğin bu kitabın okuru olarak sizin) çocukluğunuzda ne hızla boy atacağınızı genlerinize bakarak matematiksel olarak hesaplamanın şimdilik bir yolu yoktur. Ancak belli bir zaman aralığında yaşamış insan popülasyonlarının ortalama boy uzama miktarını hesaplamamız ve bundan yola çıkarak gelecekteki insan popülasyonlarının ortalama boy uzunluklarına dair yaklaşık bir sayı vermemiz mümkündür.

Kaldı ki, bu kitapta giremeyeceğim kadar karmaşık matematiksel temellere sahip olan Price Denklemi veya Kolmogorov İleri ve Geri Denklemleri gibi matematiksel evrim alanındaki konular, istatistiğe hiç başvurmaksızın da biyolojik popülasyonları analiz etmekte kullanılabilmektedir. Yani biyoloji, hele ki evrimsel biyoloji çerçevesindeki matematik, sandığınızdan çok daha üst düzey ve akademiktir.

Tüm bu matematiksel belirsizliğin en önemli sebebi, biyolojik sistemlerin hem fiziksel, hem kimyasal, hem de biyolojik yasalardan gücünü alarak son derece (hatta "kaotik" diyebileceğimiz seviyede) karmaşık olmasıdır. Bir önceki bölümde değindiğim üzere, evrenin var oluşundan bu yana süregelen varoluşun köşebaşları temel bilim dalları tarafından tutulmuştur: En temelde fizik bulunur, onun üzerine kimya gelmektedir, kimya üzerine biyoloji inşa edilmiştir ve biyolojiden de kültür doğmaktadır. Bu, aynı zamanda bilimler arasındaki determinizm ve olasılıkçılık (probabilizm) oranını da belirlemektedir. Düşünülecek olursa, fizik-kimya-biyoloji geçişinde en matematiksel ve determinist olan bilim, aynı zamanda en temel bilim olan fiziktir. Kimya ondan biraz daha az matematiksel, biraz daha fazla gözleme, istatistiğe ve rastgeleliğe (stokastisiteye) dayalıdır. Biyoloji ise en az matematiksel, en fazla gözleme ve istatistiğe dayalı olan bilimdir. Bunun sebeplerinden biri, fiziğin biyolojiden etkilenmiyor oluşu; ancak biyolojinin fizik ve kimyadan etkileniyor oluşu olabilir. Bir bilim ne kadar yüksek seviyeliyse (veya daha az temel yapıdaysa), matematiksel ifade edilebilirliği de o kadar azalıyor gibi gözükmektedir. Fakat bilim insanlarının özverili çabaları sayesinde, biyoloji gibi zor bir saha bile geride bıraktığımız asırda matematiksel olarak ifade edilebilir bir hal almaya başlamıştır. Bunu en net gördüğümüz alan ise, hemen hemen diğer tüm bilimlerle bağlantısı olan evrimsel biyolojidir.

Her şeyė rağmen matematik önemli bir araçtır çünkü eğer doğadaki bir şeyi matematiksel olarak ifade edebilirseniz ve sonrasında aynı ifade, birden fazla örnekte her seferinde benzer sonuçlar verirse, hem geliştirdiğiniz ifadenin, hem de o ifadenin gösterdiği şeyin doğru olduğunu düşünmek için iyi bir sebebiniz var demektir. Bunu bilen bilim insanları, öncelikle doğaya dair gözlemler yaparlar, sonrasında ise bunları matematiksel bir temele oturtmaya çalışırlar (fizik gibi fazlasıyla matematiksel bilimlerde kimi zaman bunun tersi de yaşanabilmektedir). Evrimsel biyolojide de bu, yüksek bir başarıyla yapılabilmiştir. Sonrasında, sayısız farklı türde ve tür popülasyonunda denenen bu matematiksel tanım, her seferinde isabetli sonuçlar vermiştir. Bu durum, doğadaki evrimin süregeldiğinin ve matematiksel olarak ifade edilebileceğinin güçlü bir göstergesidir.

Şimdi gelin hep birlikte evrimin matematiğine çok temel düzeyde bir giriş yapalım. Çünkü evrimle ilgili kitaplar genellikle "popüler bilim" sınırlarında kalabilmek için son derece yüzeysel bilgiler verirler. Halbuki biz, Evrim Ağa-

cı ailesi olarak bununla sınırlı kalmamalıyız. Okurlarımızın "genel okuyucu" seviyesinin ötesinde olduğunu veya bu seviyeye ulaşabileceğini varsayıyoruz. Bu nedenle kitabın bu kısmında birazcık matematikten söz etmekten korkmayacağım. Böylelikle ana akım evrim kitaplarının ötesine geçmiş olacağım. Dahası, gerçek bir evrimsel analizin neye benzediğine ufacık da olsa bir bakış atabilmenizi sağlamayı umuyorum. Yine de matematiği en temel düzeyde, en kolay seviyede tutacağım. Asla daha üst katmanlara çıkmayacağım. Böylece sizi, sıradan popüler bilim kitaplarının sizleri çoktan getirdiğini umduğum algı ve bilgi seviyesinin bir tık üzerine itmeye çalışacağım. Umuyorum ki başarılı olabilirim.

POPÜLASYON GENETİĞİNİN BABALARI: HARDY VE WEINBERG

İlginç bir şekilde, az sonra detaylarından bahsedeceğim matematiksel denklem, birbirinden bağımsız çalışan iki bilim insanı, Godfrey Harold Hardy ve Wilhelm Weinberg tarafından, hemen hemen aynı zamanlarda keşfedilmiştir. Bugün bu ifadeye *Hardy-Weinberg Prensibi* adını veriyoruz. Bu matematiksel prensibin tanımladığı popülasyon durumuna ise *Hardy-Weinberg Dengesi* diyoruz.

Bu prensibin ne olduğuna dair detaylara gireceğim; ancak bunu yapmadan önce, kısaca bu keşfin arkasındaki bilim insanlarını tanıyalım. Çünkü keşfin bağımsız çalışan iki bilim insanı tarafından yapılmış olması, keşfedilen yasaya dair geliştirilen denge teorisinin gücünü arttırmaktadır. Tıpkı Charles Darwin ile Alfred Russel Wallace'ın Evrim Teorisi'ni birbirlerinden tamamen bağımsız olarak keşfetmiş olmaları ve bunun teorinin temellerini güçlendiriyor olması gibi... Üstelik söz konusu bilim insanları da oldukça başarılı ve tanınmayı hak eden isimler; bu nedenle birazcık değinmek istiyorum.

Godfrey Harold Hardy, sayı teorisi ve matematiksel analizler alanında önemli çalışmaları bulunan, gelmiş geçmiş en meşhur matematikçilerden Srinivasa Ramanujan'ın akademik danışmanlığını yapmış, evrimsel biyolojinin matematiksel analizinden de görülebileceği gibi matematiğin diğer bilim dallarına uygulanması konusunda önemli çalışmalar yürütmüş bir matematikçidir. Analitik sayı teorisi gibi son derece önemli bir bilim sahasındaki en erken ve en kapsamlı çalışmaları yürütmüştür. Ancak dönemin matematikçileri geleneksel olarak "saf matematik" ve "teorik matematik" alanında çalıştıkları için, matematiğin diğer bilimlerdeki uygulamalarına pek kafa yormamıştır. Buna rağmen, öylesine yapmakta olduğu incelemeler sırasında, Darwin'in Evrim Teorisi ve o zamanlar yeni yeni popüler olmaya başlayan "genetik" alanı dahilinde, doğadaki canlıların genlerinin belli bir dengeye ulaşana kadar değiştiklerini ancak o noktadan sonra değişmeleri için evrimin bazı mekanizmalarının devreye girmesi gerektiğini fark etmiştir. Bu keşif onun için öylesine "sıradan"dır ki, konu hakkında özel bir makale yazmayı bile düşünmemiştir.

1908 yılında bir gün ünlü genetik bilimci Reginald Punnett[1] ile kriket oynarken öylesine yaptığı bu keşiften söz açmıştır. Punnett bu muhabbet üzerine Hardy'nin ne kadar önemli bir keşif yaptığını fark etmiş ve onu doğru yöne sevk etmiştir. Böylece Hardy, popülasyon genetiğinin babaları arasına farkında olmadan ve pek umursamadan da olsa adını yazdırmıştır. Hardy, saf matematik konusuna öylesine fazla odaklanmaktaydı ki, diğer hiçbir saha onun ilgisini çekmemekteydi. *Bir Matematikçinin Özrü* isimli kitabında konuyla ilgili şunları yazmaktadır:

"Ben, bugüne kadar 'işe yarar' hiçbir şey yapmadım. Benim yaptığım keşiflerin hiçbiri insanlığın rahatlığı ile ilgili olarak doğrudan veya dolaylı olarak, iyilik için veya kötülük için en ufak bir değişikliğe neden olmayacaktır."

Ne var ki tüm bu alçakgönüllüğüne rağmen Hardy yanılmıştı. Yaptığı matematiksel keşifler, son derece önemli alanlarda önemli katkılar yapmıştır. Burada popülasyon genetiği ve evrimsel biyoloji konusundaki katkılarını detaylıca analiz edeceğim. Ancak bunun haricinde, öğrencisi Ramanujan ile geliştirdiği Hardy-Ramanujan Asimptotik Formülü, Niels Bohr tarafından atom çekirdeğindeki kuantum bölünmüş fonksiyonlarının keşfinde kullanılmıştır. Aynı formül, birbiriyle etkileşmeyen Bose-Einstein sistemlerindeki termodinamik fonksiyonların keşfini mümkün kılmıştır. Her ne kadar Hardy, ömrü boyunca matematiğin "saf ve tüm uygulamalardan arınmış olması gerektiği" fikrini savunduysa da, çalışmaları matematik ve diğer bilimlerde önemli uygulamalarda kullanılmış ve yeni keşiflerin önünü açmıştır.

Söz konusu dengenin istemli "babası" olan Wilhelm Weinberg ise, Stuttgart doğumlu Alman bir hekim ve kadın doğum uzmanıdır. Weinberg'in araştırmaları özellikle otozomal çekinik genlerin neden olduğu hastalıklar (X-kromozomuna bağlı hastalıklar, Huntington Hastalığı, vs.) üzerine odaklanmıştır. Weinberg'i meşhur kılan özellik, günümüzde "ikiz çalışmaları" olarak bilinen ve genler ile çevre arasındaki etkileşimleri anlamak için ikiz kardeşlerin kullanıldığı araştırmaların öncüsü olmasıdır. Bu alanda çalışmalarını sürdürürken, doğadaki genetik dağılımın Mendel Genetiği'nden saptığını keşfetmiştir ve bundan yola çıkararak bugün "araştırma önyargısı" dediğimiz ve yaptığımız bilimsel deneylerden istatistiki analizleri kullanarak ayrıştırmamız gereken önemli bir kavramın keşfini yapmıştır. Ne yazık ki, bilimin böylesine temel bir özelliğini keşfeden Weinberg de, Hardy gibi pek tanınmamaktadır. Bunun nedeni, bugün Hardy-Weinberg Dengesi olarak tanıdığımız ve popülasyon genetiğinin temelini oluşturan yasayı ortaya koyan 1908 tarihli çalışmasının Almanca olarak basılmasıolmuştur. Gelmiş geçmiş en büyük popülasyon genetikçileri arasında yer alan,

1 Reginard Crundall Punnett (20 Haziran 1875 – 3 Ocak 1967), biyolojiye çok büyük katkılar sağlamış İngiliz bir genetik bilimcidir. Muhtemelen kendisini, liselerde de öğretilen meşhur Punnett Karesi ile tanıyorsunuzdur. Bu kare şeklindeki çizelgeyi kullanarak ebeveynlerden yola çıkarak yavruların ne tip genotiplere sahip olacağını olasılıksal olarak hesaplamak mümkündür. Punnett tarafından yazılan ve 1905 yılında yayınlanan *Mendelism* isimli kitabın, genetik alanında yazılan ilk ders kitabı olduğu kabul edilir. Bu kitap aynı zamanda, genetiğin detaylarını akademik literatüre hâkim olmayan halka aktarma amacı güden ilk popüler bilim eseridir.

Madison'da bulunan Wisconsin Üniversitesi'nin ayrıcalıklı profesörü Dr. James Franklin Crow, Weinberg hakkında şunları yazmaktadır:

"Hardy ile aynı zamanlarda yazılan Weinberg'in makalesi neden tam 35 sene boyunca göz ardı edilmiştir? Nedenini söyleyeyim: makalenin Almanca yazılmış olması... O zamanlar genetik alanı, İngilizce konuşan bilim insanları tarafından büyük oranda domine edilmiş haldeydi ve ne yazık ki, diğer dillerdeki çalışmalar sıklıkla göz ardı edilmekteydi."

Neyse ki günümüzde, en azından bilim camiası dahilinde, iki önemli ismin de hakkı kendilerine iade edilmektedir. İki ismin de en büyük bulgusu, evrimsel değişimlerin popülasyonlar üzerindeki etkisini matematiksel olarak ifade etmek olmuştur. Hardy ve Weinberg, hiçbir zaman birlikte çalışmamıştır. İkisinin de, birbirinden bağımsız olarak evrimin aynı matematiksel analizini keşfetmiş olması, evrimsel biyolojinin ne kadar güvenilir bir bilim dalı olduğunun sinyallerinden sadece birisidir.

EVRİMİN ÇOK DA HASSAS OLMAYAN DENGESİ: HARDY-WEINBERG DENGESİ

Aslında Hardy-Weinberg Dengesi, evrimin salt bir şekilde ve tamamen matematiksel olarak formülleştirilmesinden öte, doğadaki belli bir popülasyonun evrimleşip evrimleşmediğini anlamamızı sağlayan matematiksel bir model olarak görülmelidir. Bunun ne kadar kıymetli bir araç olduğunu belki tahmin edebilirsiniz: Bir popülasyona bakıp, belli bir matematiksel formüle göre o popülasyonun evrimleşip evrimleşmediğini tespit etmek, çok yavaş bir şekilde süregelmesinden ötürü gözlemenin çok zor olduğu bir doğa yasasını araştırmak için oldukça faydalıdır. Ancak elbette, Hardy-Weinberg Dengesi'nden yapılan bazı çıkarımlar ve onun üzerine inşa edilen geliştirilmiş bazı diğer denklemler, belli koşullar sağlandığında evrimin ne tür değişimler yaratacağını gösterebilmektedir.

Hardy-Weinberg Dengesi'nin bir diğer önemi, evrimin "boş hipotezi" olmasıdır (belki "temel hipotez" demek daha anlaşılır olacaktır; ancak teknik terim "boş hipotez"dir). Boş hipotezler, bir bilimsel teorinin tam kalbinde yer alan, en temel önermelerdir. Çoğu zaman o kadar basit ve yalındırlar ki, kulağa "aptalca" gelirler. Kimi zaman bu hipotezler "herkes tarafından yaygın bir şekilde kabul edilen gerçekler" olarak da tanımlanabilirler. Bilim insanları, boş hipotezleri ispatlamaya çalışmazlar. Tam tersine onları, bilimsel ispatlarıyla reddetmeye, geçersiz kılmaya veya tamamen çürütmeye çalışırlar. Bu konuya ilerleyen sayfalarda tekrar döneceğiz.

Temel varsayımın net olarak tespit ve ispat edilmesi ve o temelin bilimsel (ve mümkünse matematiksel) olarak ifade edilmesi, onun üzerine inşa edilecek her şeyi daha da güçlü kılacaktır. Örneğin bazı diğer felsefe türlerinin aksine bilimde her türlü "öncül varsayım"ın ispatlanması gerekir. *"X vardır"* veya *"Y doğrudur"* diye bir varsayımda bulunup da, o şeyin gerçekten var olduğu veya

varsayımın geçerliliği ispatlanmaksızın üzerine diğer fikirler inşa edilemez. İnsanlığın başına en büyük sorunları açan ideolojiler, temelleri ispatlanmaksızın üzerine inanç sistemleri ve fikirler inşa edilen ideolojilerdir. Hatta bu nedenle bugüne kadar inşa edilmiş, oldukça karmaşık ve toplum arasında kendine geniş yer bulabilmiş birçok felsefi görüş, aslında henüz temel varsayımlarının bile ispatlanmamış olmasından ötürü çürük ve bilimsel olarak çeşitli derecelerde geçersizdir. Elbette, her fikrin bilimsel metodolojiye uyması beklenemez; ancak gerçeğe ulaşmak açısından bilimin alternatiflerinden fersahlar boyu önde olduğu gerçeği, bizleri diğer tutum ve düşüncelerin temellerini ve geçerliliklerini de bilimsel açıdan sorgulamaya zorlamaktadır. Bu bakımdan evrimsel biyoloji, merkezindeki temel fikrin hem gözlemsel olarak, hem matematiksel olarak tekrar tekrar doğrulanmış olması bakımından, bilim tarihinin gördüğü en güçlü teorileri barındıran bir bilim sahasıdır.

Şimdi gelelim Hardy-Weinberg Dengesi'nin ne dediğine... Evrimsel biyolojinin boş hipotezi olan Hardy-Weinberg Dengesi'ne göre, eğer ki nesiller geçiyor olmasına rağmen incelenen herhangi bir alelin popülasyon içindeki görülme sıklığı değişmiyorsa, o popülasyon, en azından o gen/alel açısından evrimleşmiyor demektir. Görülebileceği gibi bir boş hipotez, ileri sürülen iddianın tersi gibidir: Evrimin iddiası, bir alelin popülasyon içindeki görülme sıklığı (frekansı) değişiyorsa, o popülasyon evrimleşiyor olmak zorunda olduğu yönündedir. Boş hipotez ise bunun tersini ileri sürer. Sonrasında bu boş hipotez üzerinden gidilerek, ana argümanın geçerliliği test edilir. Örneğin, eğer ki alel frekansı değişmemesine rağmen bir genin evrimsel değişimlere neden olduğu görülseydi, boş hipotez yanlışlanmış olurdu ve değiştirilmesi/geliştirilmesi gerekirdi. Fakat bugüne kadar bu tür bir yanlışlama yapılamamıştır. Her seferinde, genlerin popülasyon içindeki görülme sıklığı ile evrimsel değişimler arasındaki ilişkiler başarıyla tespit edilebilmiştir. Daha yalın bir dille, Hardy ile Weinberg'ün yaptığını şöyle izah edebiliriz: Evrimin günümüzde kullandığımız resmi tanımını alıp, bunu popülasyonlara ve onların genetiğine uyarlamışlardır. Bu tür bir analizi ve sonuçlarını etkili kılan ise, biyologlara genlerin evrimini tespit ve takip edebilecekleri basit bir matematiksel altyapı sağlamış olmasıdır.

Doğal popülasyonlar, genellikle az sonra matematiğinden de söz edeceğim bu gen dengesinden saparlar. Yani doğadaki spesifik popülasyonlara bakıp da Hardy-Weinberg Dengesi'ne uyup uymadıklarını inceyecek olursanız, neredeyse hiçbir zaman uymadıklarını görürsünüz. Bu sizi şaşırtabilir: *"Eğer ki doğal popülasyonlar neredeyse her zaman Hardy-Weinberg Dengesi'nden sapıyorsa, neden bilimde böyle bir dengeden bahsediliyor ki?"* diye sorabilirsiniz. Sorunun cevabı kısa ve net: Evrim var da ondan! Doğadaki çok az sayıdaki popülasyon Hardy-Weinberg Dengesi'ndedir; çünkü doğadaki hemen hemen her popülasyon, hemen hemen her an evrimleşme halindedir. Tabii ki evrimden söz ederken, popülasyon ve nesillerden bahsetmekteyiz. Ancak vahşi doğada yaşam ve üreme mücadelesi verip de, evrimleşmemekte olan bir popülasyon bulmak

imkânsız gibidir. Dolayısıyla Hardy-Weinberg Dengesi'ne uyan popülasyon bulmak da çok ama çok zordur. Buna rağmen, yapılan araştırmalar spesifik popülasyonlar yerine türlerin geneline baktıklarında, doğada gerçekten de Hardy-Weinberg Dengesi'nin görülebileceğini ortaya koymuşlardır. Bir örneği, kendi türümüz *Homo sapiens* üzerinden verebiliriz:

Dediğim gibi Hardy-Weinberg Dengesi, evrimsel mekanizmaların işlemediği bir popülasyonda genlerin görülme sıklıklarının (frekanslarının) belli bir denge noktasında sabitlenip kalacağını öngörmektedir. Uluslararası Hapmap Projesi; Kanada, Çin, Japonya, Nijerya, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri'nden bilim insanlarının ortak çabalarıyla üretilen, insan genlerindeki çeşitliliği ve gen frekanslarını haritalandıran dev bir bilim projesidir. Dolayıyla bu projenin veritabanlarını kullanarak, insanlardaki genetik çeşitliliğe dair çok kıymetli veriler elde edebiliriz. İşte Chicago Üniversitesi'nden John Novembre ve Davis'teki Kaliforniya Üniversitesi'nden Graham Coop gibi genetik bilimciler, insan popülasyonlarının genelinin Hardy-Weinberg Dengesi'ne uyup uymadığını test etmek için bu veritabanını kullanmışlardır. Sonuçlar, hayranlık vericidir: Toplamda 10 bin farklı genetik çeşitliliği tek bir grafiğe dökmeyi başaran bilim insanları, insan popülasyonlarının genel ortalamasının tam da matematiksel evrimin (veya popülasyon genetiğinin) öngördüğü değerlerde olduğunu göstermişlerdir.

Peki bir tür Hardy-Weinberg Dengesi'ndeyse evrimleşmez demek doğru mudur? Tam olarak değil. Dediğim gibi, tür popülasyonları aslında Hardy-Weinberg Dengesi'nden saparlar, çünkü sürekli evrim geçirmektedirler. Yani türün alt popülasyonları, bulundukları bölgelere durmaksızın adapte olmaktadırlar. Bu evrimsel adaptasyon sonucu değişen genler, göçler gibi evrim mekanizmaları aracılığıyla diğer popülasyonlara da yayılabilir. Nihayetinde bu ufak popülasyonların diğerleriyle etkileşimi, tüm türün yavaş yavaş ama her seferinde yeni bir Hardy-Weinberg Dengesi'ne ulaşacak şekilde değişmesiyle sonuçlanır.

HARDY-WEİNBERG DENGESİNİN MATEMATİĞİ

Hardy-Weinberg Dengesi, bu sürekli değişim içindeki denge noktalarını tespit etmemizi sağladığı için çok önemlidir. Bir diğer önemi de, halihazırda değişmekte olan popülasyonların evrimsel süreçlerini matematiksel analiz etmemizi mümkün kılmasıdır. Hardy-Weinberg Dengesi'ni anlamanın en kolay yolu, birçoklarına şaşırtıcı gelecek olsa da, matematiğinin içerisine dalmaktır. Çünkü temel düzeyde Hardy-Weinberg Dengesi'nin matematiği, ortaokul düzeyinde matematik bilenlerin bile anlayabileceği kadar basittir. Dolayısıyla kitabın bu kısmında birazcık "popüler bilim" sınırlarından çıkarak, "akademik bilim" sınırlarına yaklaşmak istiyorum. Bu tür kısmen basit konularda kendinizi zorlayarak popüler bilimin dışına çıkmak, konu ile ilgili kavrayışınızı çok

daha sağlam temellere oturtacaktır. Hardy-Weinberg Dengesi, bu tür bir girişim için güzel bir başlangıç noktasıdır.

Tabii ki burada bahsedeceklerim, giderek büyüyen bir bilim dalı olan matematiksel evrimin belki girişinin girişi olabilecek kadar kısa ve öz bir parçasıdır. Burada okuduklarınızın, evrimle ilgili matematiksel analizlere yer veren birkaç yüz sayfalık ders kitaplarının, bir bölümünün belki ilk 1-2 paragrafı gibi düşünebilirsiniz. Böylece bu matematiğin ne kadar ileri düzeylere ulaştırılabileceğini anlayabilirsiniz diye umuyorum. Fakat yine de okurlara böyle bir matematiğin varlığını ve önemini tattırmanın faydalı olacağını düşünüyorum. Çünkü bugüne kadar yazılan evrimle ilgili popüler bilim kitapları, genellikle evrimi bilim düşmanlarına karşı savunu amacıyla kaleme alınmış veya çok genel anlatımlara yer veren kitaplar oldu. Bunu kırmanın zamanı geldi. Evrimi birilerine karşı savunmaya ihtiyacımız yok. Dünya'nın düz olduğunu, NASA'nın tüm insanlığı kandırdığını iddia eden bir avuç insan var diye dünyanın küreselliğini savunma ihtiyacı duyuyor muyuz? Tarihin her evresinde bilim düşmanları ve cahiller oldu ve her zaman olacak. Bunlara karşı mücadele gerektiğinde her türlü verilecek. Ancak amaç bundan ibaret hale getirildiğinde, bilimin gücünün ve güzelliğini özü de kaybedilmiş oluyor. Bilimin merkezinde yer alan bir bilim dalını, bilimle alakası olmayan insanların ipe sapa gelmez çarpıtma ve iddialarına karşı korumakla gerekenden fazla zaman kaybedemeyiz. Eğer ki bununla zaman kaybederken, bir yandan modern bilimi, ilerleyişini ve içeriğini anlatmaz, şu anda olduğu konumu halka ulaştıramazsak, her geçen gün daha geri kalırız. Buna izin veremeyiz. Eğer izin verirsek evrime (ve genel olarak bilime) karşı olan saplantılı görüşler ve bu görüşlerin partizanları kazanmış olur. İstediklerini onlara veremeyiz. O nedenle, hazırsanız, başlayalım:

Dediğim gibi, Hardy-Weinberg Dengesi'nin en temel örneklerinin matematiği oldukça basittir. Burada aslında çok fazla detayına girmeyeceğim; fakat havada kalmaması bakımından temel bir Mendel genetiği örneğiyle işin matematiğine giriş yapabiliriz.

Örneğin bir bitkide boy uzunluğunu etkileyen genin iki aleli olsun. Birinin uzun boyluluk, diğerininse kısa boyluluk aleli olduğunu varsayalım. Bunlardan uzun boyluluğa neden olana A, küçük boyluluğa neden olana a diyelim. Normalde her canlı annesinden 1 set, babasından 1 set gen aldığı için, boy uzunluğuyla ilgili gen de her bitki bireyinde 2 adet olacaktır. Örneğin babasından A, annesinden a alan bir bireyin o gen için genotipi Aa olacaktır. İki ebeveyninden de A alan bir bireyinki AA, ikisinden de a alan bir bireyinki aa olacaktır. Bu üçünden farklı bir opsiyon söz konusu değildir: AA, Aa ve aa. Bu noktada, aA ile Aa'nın aynı şeyler olduğuna dikkatinizi çekmek isterim. Benim burada göstereceğim analiz açısından, genelde liselerde kapsamlıca öğretilen baskınlık-çekiniklik ya da homozigot-heterozigot konuları çok önemli değildir; detaylarına girmeyeceğim. Fakat genel olarak diğerine baskın olan, yani kendi özelliklerinin ortaya çıkmasını daha fazla başarabilen alele "baskın/dominant", diğerine

"çekinik/resesif" denir.[2] Örneğin Aa şeklinde genotipe sahip bir bitki genelde uzun boylu olmaya meyillidir, çünkü A aleli, a aleline baskındır ve uzun boyluluğu ortaya çıkarır. Benzer şekilde, kromozomları üzerinde birbirinin aynısı iki aleli taşıyan bireylere (AA ve aa) "homozigot", farklı kopyaları taşıyanlara (Aa) "heterozigot" denmektedir.

Hardy-Weinberg Dengesi açısından asıl önemli olan, bu iki alelin her birinin popülasyon içinde bulunma sıklığıdır (frekans). Örneğin 5 bireyden oluşan bir bitki popülasyonu hayal edelim. Bu bireylerin her birinin kendine ait bir genotipi (genetik yapısı) vardır. Burada kolaylık olması için tek bir gen ve onun iki adet aleli olduğunu (A ve a) düşünüyoruz; ancak her bir canlıda bunlar gibi on binlerce gen ve kimi zaman ikiden fazla alel olduğunu unutmayın; dolayısıyla evrim, bunların hepsinin popülasyon bazında, nesiller içindeki değişiminin bir toplamı gibidir. Fakat şimdilik sadece boy uzunluğuna ve onun iki aleline odaklanalım.

Eğer ki 5 bireyimiz varsa, bunların her birinde biri anneden, diğeri babadan gelmek üzere 2 alel bulunacağı için popülasyonumuz içinde uzun boyluluğa ait 10 adet alelimiz var demektir. Örneğin bu 5 bireyin 3 tanesi AA, bir tanesi Aa, bir tanesi ise aa olsun. Eğer bu 10 alelin nasıl dağıldığını sayacak olursanız, basitçe bunu yapabilirsiniz: 5 bireyin 3 tanesi AA olduğu için, bunlardan popülasyona toplamda 6 adet A aleli gelir (her 3 bireyden de 2'şer tane). 5'inden 1 tanesi Aa olduğu için, popülasyona 1 adet A, 1 adet a katılmış olur. Diğerinden ise 2 tane a gelir. Sayacak olursanız, bu popülasyonda toplamda 7 tane A aleli, 3 tane a aleli bulunuyor demektir. İşte alelin görülme sıklığından (frekansından) kastımız tam olarak budur. Örneğin A alelinin frekansı 10'da 7'dir. Bu, %70 ya da daha sık karşılaşacağınız şekilde, 0.7 olarak ifade edilir. a alelinin frekansı ise 10'da 3, %30 ya da 0.3'tür (bunların hepsi aynı şeyin farklı ifadeleridir).

Burada dikkat edebileceğiniz ilk şey, A ile a'nın frekansları toplamının 1'e, yani %100'e eşit olmasıdır. Bu son derece mantıklıdır: Eğer ki bir torbada sadece kırmızı ve beyaz bilyeler varsa ve kırmızıların oranı %30 ise, beyazların oranı otomatik olarak %70 olacaktır. Saymanıza gerek bile yoktur. İşte bu, Hardy-Weinberg Dengesi'nin en temel matematiksel önermesini bize verir. Eğer ki A alelinin görülme sıklığını p harfi ile, a alelinin frekansını ise q harfi ile temsil edecek olursak, Hardy-Weinberg Dengesi şöyle ifade edilir:

$$p + q = 1$$

2 Aleller arasında baskınlığı belirleyen şey, sahip olunan alel setlerinden birinin diğerine göre genetik olarak daha fazla ifade edilmesidir (bkz: transkripsiyon). Yani bir alelin kodladığı protein yapısı, diğerine göre daha fazla üretilir. Bu nedenle bu alelden üretilen proteinin sebep olduğu fiziksel özellik ortaya çıkar. Unutmamak gerekir ki baskınlık ve çekiniklik yapısal özellikler değildir; göreceli özelliklerdir. Yani bir alelin baskınlığından söz ederken aslında kendi eşi olan diğer alele olan baskınlığından söz ederiz. Ne var ki bir alele baskın olan bir diğer alel, başka bir alel karşısında çekinik olabilir; bir diğeriyle eş-baskın olabilir.

İşte Hardy-Weinberg Dengesi, burada devreye girer: Hardy-Weinberg Prensibi'ne göre, eğer ki popülasyon üzerine evrim mekanizmalarının hiçbiri etki etmiyorsa, her bir alelin frekansı, nesiller geçiyor olsa bile sabit kalacaktır! Ancak eğer ki bu alel frekansları değişiyorsa, evrim var olmak zorundadır. Çünkü evrimden başka hiçbir bilindik kuvvet, bu frekansları değiştiremez. Dolayısıyla az önce verdiğim denklemde p ve q zaman içinde değişmiyorsa, o popülasyon "Hardy-Weinberg Dengesi'ne ulaşmış" ya da "Hardy-Weinberg Dengesi'nde" deriz.

Bir düşünün: örnek popülasyonumuz içindeki A alelini ne değiştirebilir? Örneğin, o 3 adet AA bireydeki A alellerinden biri, a aleline nasıl dönüşür? Bir geni değiştiren nedir? Bir geni farklılaştıran nedir? Cevap çok açık: *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* isimli kitabımda tüm detaylarına girdiğim, bu kitabın ise ilk bölümünde kısaca bahsettiğim evrimin "Çeşitlilik Mekanizmaları"! Yani mutasyonlar, transpozonlar, gen çaprazlanması... Burada, anlaması en kolay olduğu için mutasyonlar üzerinde duracağız. İşte! Hardy-Weinberg Dengesi bize bazı bilgiler vermeye başladı bile! Karşımızda, evrimin çeşitlilik mekanizmalarından birisi... Peki ya, birkaç nesil geçtikten sonra A alelinin sayısının artmasına, a alelinin ise azalmasına ne sebep olabilir? Yani bu iki alelden birini seçen ve/veya diğerini eleyen bir mekanizma aklınıza geliyor mu? Evet, doğru bildiniz: Seçilim! Evrimin en güçlü ve en temel seçilim mekanizması!

İşte Hardy ve Weinberg'ün fark ettiği buydu. Eğer ki ele aldığımız alellerden herhangi birinin görülme sıklığı, nesillere bağlı olarak değişiyorsa, evrim var olmak zorundaydı. Ancak eğer ki frekanslar değişmiyorsa, o popülasyon evrimleşmiyor demektir. İşte bu evrimleşmeden dengede kalma durumuna Hardy-Weinberg Dengesi diyoruz. Bu dengeden tespit edilen her sapma, evrime işaret etmektedir. Tabii ki fark edebileceğiniz gibi bu evrimleşme ya da evrimleşmeme durumu değişmez değildir; tam tersine, sürekli değişir. Ele aldığınız bir alel, belli bir zaman diliminde evrimleşirken, bir diğer zaman diliminde evrimleşmiyor olabilir. Çevre değiştikçe, alellerin değişimi de farklılaşabilecektir. Zaten Hardy-Weinberg Dengesi'nin bilime kattığı muhteşem araç da tam olarak budur: Bir genin evrimleşip evrimleşmediğini tespit edebiliriz. Sonrasında, gelecekteki yönelimlerini belli istatistiki hesaplar çerçevesinde tahmin edebiliriz. Daha önemlisi, bunlardan yola çıkarak geçmişte popülasyonların nasıl evrimleştiğini anlayabiliriz. Böylece geçmişin sır perdelerini aralayabiliriz. Tüm bunların ötesinde, Hardy-Weinberg Dengesi'ni kullanarak şu andaki ekolojik sistemlerin durumunu anlayabilir, hastalıkları daha iyi tanıyabilir, soyu tükenmekte olan türlere yardım edebiliriz. Bunlar, modern bilime güç katan önemli unsurlardır.

Buraya kadar, Hardy-Weinberg Dengesi ile ilgili verdiğim en temel bilgileri özetlemek gerekirse: Hardy-Weinberg Dengesi, evrimin en temelinde yer alan, evrimi matematiksel olarak ifade eden bir prensipten doğan dengedir. Bu prensibe göre, eğer ki popülasyon içindeki alel frekansları nesiller içinde değişmiyorsa, evrimin mekanizmaları o popülasyonda, o gen/alel üzerine etki etmiyor

demektir. Dolayısıyla ne kadar nesil geçerse geçsin, o frekans sabit kalacaktır. Ancak bir frekans değişimi varsa, evrim de var olmak zorundadır. Çünkü frekans değişimine neden olabilecek tek unsur, evrimin mekanizmalarıdır.

Bugüne kadar Hardy-Weinberg Dengesi'ni bozan, dolayısıyla evrim mekanizması olduğu anlaşılan birçok doğa yasası veya doğal süreç tespit edilebilmiştir. Bu evrim mekanizmaları, aynı zamanda bu dengenin geçerli olması için sağlanması gereken koşulları belirler. Dediğim gibi, Hardy-Weinberg Dengesi'nin sağlanabilmesi ve sürekli olabilmesi için hiçbir evrim mekanizmasının aktif olmaması gerekmektedir. Peki nedir bu mekanizmalar? Temel olarak dengeyi bozabilecek 5 faktör vardır ve bunların her biri Hardy-Weinberg Dengesi'nin "koşulları" olarak bilinir:

1. Doğal (veya yapay) seçilim olmayacak.
2. Çiftleşmeler tamamen rastgele olacak (cinsel seçilim olmayacak).
3. Mutasyonlar olmayacak.
4. Gen transferi (genetik göç) olmayacak.
5. Popülasyon sonsuz büyüklükte olacak.

Yine hemen fark edebileceğiniz gibi, burada çok önemli bir gerçek vardır: Bu 5 koşulun bir arada sağlanması pratik olarak imkânsıza yakındır. Seçilimin hiç olmadığı, mutasyonlardan tamamen izole, hiçbir şekilde göç etmeyen, sonsuz büyüklüğe erişebilen bir popülasyon mümkün değildir. Bunlar mutlaka öyle ya da böyle etki eder. İşte tam olarak bu nedenle Hardy-Weinberg Dengesi, evrimin "boş hipotezi"dir. Her şeyden arındırıldıktan sonra geri kalandır. Olayın özüdür. Eğer ki evrimin hiçbir mekanizması etki edemeseydi, popülasyona ne olacağını görmemizi sağlayan prensiptir.

Bu ne işe yarar? Özünü bildikten sonra, o özden meydana gelecek her sapmanın nedenini analiz etmek çok daha kolaydır. Örneğin yeni keşfedilen bir hastalığın nedenlerini, semptomlarını, özelliklerini, etkilerini, vs. anlamak için, o hastalığın neden olduğu sonuçları, sağlıklılık durumundan sapma şekline bakarak kıyaslarız. Sonuçta bir hastalığı, o hastalığın bulunmadığı sağlıklı bir birey veya durum olmaksızın tespit etmemiz mümkün değildir. Eğer ki her bir insanın burnu, doğumundan ölümüne kadar aksaydı (ya da mesela tıkalı olsaydı), burun akıntısı (veya tıkanıklığı) bir hastalık semptomu olarak görülemezdi. Evrimsel analizde de, popülasyonların boş hipotezden (Hardy-Weinberg Dengesi'nden) ne kadar ve nasıl saptığına bakarak, hangi evrim mekanizmasının nasıl ve ne şiddette etki ettiğini tespit etmemiz mümkündür.

Hardy-Weinberg Dengesi'nin matematiği, belirttiğim gibi, burada bahsettiğimden oldukça kapsamlıdır. Bunların her birine burada girmeyeceğim, çünkü içinden çıkmamız mümkün olmazdı; fakat bölümün sonundaki kaynaklardan faydalı kitaplara erişmeniz mümkün olacaktır. Merhum hocamız ve Evrim Ağacı'nın eski akademik danışmanlarından Aykut Kence de dahil olmak üzere Ali Nihat Bozcuk, Battal Çıplak, Hasan Başıbüyük, Süphan Karaytuğ, İslam Gündüz gibi değerli akademisyenlerimiz tarafından dilimize de kazandırılmış

bu kitapları edinerek evrimin matematiğine daha fazla odaklanabilir ve o kitaplarda verilen bilgilerle evrimsel biyolojinin özünü çok daha iyi (ve akademik) bir şekilde anlayabilirsiniz. Ama şimdi, biraz daha matematik!

RASTLANTININ MATEMATİĞİ: MUTASYONLARIN EVRİME ETKİSİ

Hardy-Weinberg Dengesi ile ilgili bilmeniz gereken en önemli şey, az önce sözünü ettiğim 5 koşulun da kendine has matematiksel analizlerinin bulunduğudur. Hatırlayacak olursanız, bu 5 koşul sağlandığında, yani evrimin mekanizmaları etki etmediğinde, p ve q sayıları değişmiyordu. Fakat yine söylediğim gibi, bu mekanizmaların hiç aktif olmadığı herhangi bir popülasyon bulmak neredeyse mümkün değildir. Dolayısıyla her bir koşulun "kırılması" (ihlal edilmesi, bozulması) sonucu, verdiğim matematiksel denklem değişmektedir; çünkü o mekanizmalara bağlı olarak, gerçekte birçok popülasyonda p ve q sayıları değişmektedir veya bu mekanizmalardan etkilenmektedir. Matematiksel evrim ve evrimsel analiz dahilinde, her bir koşul ihlal edildiğinde bu denklemin nasıl değişeceği tam olarak bilinmektedir. Bu daha kapsamlı denklemler kullanılarak, Hardy-Weinberg Dengesi'nden sapan popülasyonların ne şekilde evrim geçirdiği analiz edilebilmektedir. Burada bunlara bir örnek vermek istiyorum:

Diyelim ki incelemek istediğiniz popülasyon üzerinde mutasyonların etkili olduğunu biliyoruz. İşin aslına bakacak olursanız bu kaçınılmazdır, çünkü etrafımızda her an mutajenler (mutasyona neden olan kimyasallar) ve radyasyon bulunmaktadır. Bunların etkisiyle canlıların büyük bir kısmının hücrelerinde durmaksızın mutasyonlar meydana gelir. Bunların büyük bir kısmı hemen düzeltilir; ancak bazı mutasyonlar düzeltilemeden kalır. Bu mutasyonlar eğer ki canlıların üreme organlarında, üreme hücrelerinde ya da sperm ve yumurtanın birleşiminden doğan zigot ile o zigottan oluşan ilk birkaç hücrede meydana gelecek olursa, gelecek nesillere de aktarılarak evrimsel sürece katılmış olur. Mutasyonlardan kaçmak mümkün değildir. Dolayısıyla hemen hemen her evrimsel analizde mutasyonlara yer vermek zorundayız. Mutasyonlar, evrimin seçilim mekanizmalarının (örneğin doğal seçilimin) üzerine etki edebileceği temel malzemeyi yaratırlar. Bu malzeme, çeşitliliktir. Popülasyon içinde meydana gelen mutasyonlar canlıyı veya canlının vücudunda süregelen süreçleri, üretilen ürünleri (proteinler gibi) az da olsa değiştirirler. Kimi zaman mutasyonlar ani değişimler yaratabilir ("faydalı" ve "zararlı" mutasyonlar gibi). Çoğu zamansa mutasyonların etkisi yok denecek kadar azdır (buna "nötr" ya da "nötre yakın" mutasyonlar deriz). Bu nötre yakın mutasyonların seçilim mekanizmalarıyla seçilmesi, farklı nötre yakın mutasyonların bir araya gelmesi ve bunların ortak etkilerinin de seçilmesi sonucunda canlılar değişir ve evrimleşirler. Dolayısıyla mutasyonlarla seçilim arasındaki ilişki her zaman çok yakındır ve evrimin ana fikrini oluşturur. Bu sebeple mutasyonların matematiksel analizi de bize evrimle ilgili ilgi çekici bilgiler verebilmektedir.

Akademik dünyaya girdiğinizde, evrimle ilgili konularda *"Mutasyonlar aşırı nadir meydana gelen olaylardır"* lafını sık duyarsınız. Ancak bu, konu hakkında uzman olmayanlar için sıkıntılı yanlış anlaşılmalara neden olabilir. Çünkü cümle bu haliyle eksiktir. Konu hakkında uzman olan kişiler ne kastedildiğini elbette ki anlayacaktır; ancak akademik makaleler ve araştırmalarla iç içe olmayan insanların hataya düşmesi kolaydır. Dolayısıyla, daha anlaşılır kılmak adına cümlenin doğrusu şu şekilde olmalıdır: *"Genom içindeki her bir nükleotit başına meydana gelen mutasyon sayısı aşırı küçüktür."* İşte bu şekilde ifade edildiğinde doğru olur. Ne demek istediğimi izah edeyim:

Mutasyon oranı μ (Yunancada "mü" harfi) ile ifade edilir. Bu sayı, birçok tür için inanılmaz küçük bir sayıdır. Mesela 10^{-9} veya 10^{-8} gibi sayılar, mutasyon oranları için oldukça yaygındır. Bu sayılar, 0,000000001 gibi ufacık sayılardır. Yok denecek kadar küçük! Bu ne demektir? Mutasyonlar neredeyse hiç meydana gelmez mi? Ama bu kulağa pek doğru gelmiyor! Çünkü biliyoruz ki, var olmuş bütün canlıların, var olmuş bütün özellikleri bir noktada meydana gelmiş, ufak değişimlere neden olmuş mutasyonlarla ve sonrasında bunların seçilimiyle var olmuştur. Mutasyonlar popülasyona yeni genler, yeni özellikler, çeşitlilik katmaktadır. Sonrasında bu çeşitliliğin avantaj sağlayanları seçilmektedir ve türler değişmektedir. Eğer mutasyonlar aşırı nadirse, bu kadar geniş bir çeşitlilik nasıl var olabilir?

Bu sayıların bu kadar küçük olmasının nedeni, bu sayıların birimleridir. Örneğin 10^{-9} sayısı, bir canlının 1 adet hücresindeki tek bir adet nükleotit (genleri ve DNA'yı oluşturan hayat molekülleri) üzerinde mutasyon meydana gelme olasılığıdır. Bilim insanları genellikle mutasyon oranları için bu birimi (hücre başına ve nükleotit başına düşen mutasyon oranını) kullandıkları için, mutasyon oranları da aşırı seyrek gibi algılanmaktadır. Hâlbuki canlılarda bulunan hücre sayısını ve onlar içindeki nükleotit sayısını, hatta tek hücreli bir canlı içindeki nükleotit sayısını bile düşünecek olursak, bu sayının ne demek olduğu daha anlamlı hale gelmektedir. Gerçek bir örnekten yola çıkalım:

İnsanların ve şempanzelerin hücrelerinde bulunan sahtegenler üzerindeki mutasyon oranları (μ) 2,5 x 10^{-8} civarındadır. Sahtegenler, evrimsel süreçte körelmiş özelliklerimize ait, işlevsiz genlerdir. Aslında sahtegenler üzerindeki mutasyon oranları, diğer genlerdekinden kısmen yüksektir. Ancak konuyu anlamak adına şimdilik bu sayının genelde genlerde gördüğümüz mutasyon oranlarıyla aynı olduğunu varsayalım ve analizimizi sadece sahtegenlerle sınırlamayalım. Bu durumda, hücrelerimizdeki her bir nükleotidde, her bir mitoz bölünme sırasında 0,00000025 mutasyon meydana gelmektedir diyebiliriz. İyi de bu çok saçma değil mi? 1 mutasyon anlamlıdır; ancak "yarım mutasyon" ya da "0,00000025 mutasyon" ne anlama gelir? Bu sadece bir sıklık oranıdır. Kıyas yapmak amacıyla bu şekilde, tek bir nesil (ya da tek bir mitoz bölünme) hesaba katılarak verilir. Bir diğer değişle, insan hücrelerinde tek ve belirli bir nükleotit üzerinde mutasyon meydana gelmesi için istatistikî olarak yaklaşık 4.000.000 adet mitoz gerekmektedir. Bunu nasıl hesapladık?

Tek bir nükleotitte mutasyon oluşması için gereken mitoz sayısı (M):

$$M = 1 / \mu$$

Örneğin, daha net anlamak açısından, eğer ki μ değeriniz 0,1 olsaydı, 1 mutasyon meydana gelmesi için ortalama 10 neslin geçmesi ya da 10 mitoz yaşanması gerekirdi (1 / 0,1 = 10 hesabından ötürü). Dolayısıyla mutasyon oranı ne kadar düşükse, 1 mutasyonun sabitlenmesi için gereken nesil sayısı o kadar fazla olacaktır.

Yine de pek mantıklı gelmiyor, değil mi? Eğer gerçek bir örnekte evrimi görmemiz için 4.000.000 gibi abartılı sayıda nesil/mitoz gerekiyorsa, bu evrim nasıl gerçekleşiyor? Cevap basit: Mitoz, hücrelerimizde aşırı sık olan bir olaydır. Aslına bakarsanız, hücrelerimiz ömrümüz boyunca yaklaşık 10^{16} (10 katrilyon) defa mitoz bölünme geçirir. Dolayısıyla 4 milyon bölünme, bu sayının yanında hiçtir.

Ancak yine de sayılar evrimi izah etmek için yeterli değil gibi... Çünkü hâlâ önemli bir noktayı fark etmedik: Halen tek bir nükleotidi düşünüyoruz. İnsan genomunun genelinde, tüm nükleotitleri düşünmemiz gerekiyor. Çünkü evrim, tek bir nükleotit ile olan bir süreç değildir. Tüm genom işin içindedir. Ancak matematiksel analizler genellikle tek bir özelliği, tek bir geni ya da tek bir nükleotiti hedef aldığı için bilim insanları bu sayılarla çalışırlar. Yoksa evrimin genelini düşündüğümüzde sayılar son derece makul hale gelmektedir. Göstermeme izin verin:

İnsan genomunda (her bir hücreniz içinde) 3.200.000.000 adet nükleotit bulunur. Yukarıda sözünü ettiğimiz μ sayısı, bunların her birindeki mutasyon oranıdır. Dolayısıyla bu iki sayıyı çarptığımızda, genom başına her bir mitoz bölünmede meydana gelen mutasyon sayısını buluruz:

Her bir hücredeki toplam mutasyon oranı (μ_g):

$$\mu_g = N_{baz} * \mu$$

Burada N_{baz},hücredeki nükleotit sayısını ifade eder. Dolayısıyla insan için bir hesap yapacak olursak:

$$\mu_{g,insan} = 3.200.000 \times 0,00000025$$

$$\mu_{g,insan} = 800$$

Her bir hücremizde mitoz bölünme başına 800 mutasyon! İşte şimdi konuşmaya başladık! Bir de bu hesaba toplam mitoz sayısını ve istatistiki hata paylarını eklediğimizde, İnsanın Moleküler Genetiği isimli ders kitabında belirtildiği gibi, ömrümüz boyunca her bir genimizde toplamda 100 milyon ila 10 milyar arasında mutasyona meydana geldiğini görürüz! Bu defa da sayı abartılı oldu gibi, sonuçta mutasyonlar *o kadar da* zararsız değişimler değiller... Çünkü hesabımıza düzeltme mekanizmalarını katmadık. Söz konusu mutasyonların (ve genetik çeşitliliğe neden olan diğer değişimlerin) büyük bir kısmı, hücre içi denetim mekanizmaları aracılığıyla düzeltilmekte, bazıları sadece meydana geldiği hücreyi etkilemekte veya etkisiz olduğu için herhangi bir değişim yaratamamaktadır. Ancak daha önce sözünü ettiğim gibi üreme hücrelerini ve zigotu etkileyecek mutasyonlar, soy hatlarına

katılarak evrimsel olarak anlamlı hale gelebilir. Bizim ilgilendiğimiz de bu tür mutasyonlardır.

Yapılan istatistiki analizler, düzeltme mekanizmalarının etkisi de hesaba katıldığında, her bir insan sperm hücresinde 1,6-6,4 mutasyon taşındığını göstermektedir. Birey bazında baktığımızdaysa, her birimiz anne-babalarımızdan toplamda 56-160 mutasyon arası fark ile yaşamaktayız! Örneğin, bugüne kadar insan türü içindeki mutasyon sıklığı ile ilgili yapılan en kapsamlı araştırmada, her bir nesilde yeni yavruların ebeveynlerine kıyasla ortalamada 60 yeni mutasyonla doğduğu gösterilmiştir. İlginç bir yan gerçek olarak, babanın yaşı ilerledikçe aktarılan mutasyonların sayısının arttığı bilgisini verebilirim. Araştırmaya göre 20 yaşındaki bir baba yavrusuna ortalamada 25 mutasyon aktarırken, 40 yaşındaki bir baba yavrusuna spermler aracılığıyla ortalamada 65 mutasyon aktarmaktadır. Ancak ne olursa olsun, ebeveynlerden yavrulara her bir geçişte, dikkate değer miktarda mutasyon da gelecek nesillere aktarılmaktadır. Bu sayılar belki trilyonlar kadar büyük değil; ancak pratik olarak 0'a eşit olan sayılar kadar da küçük değil. Dolayısıyla önemli sayıda mutasyon her nesilde popülasyonumuzda birikiyor.

Daha önceden de belirttiğim gibi mutasyonlar, son derece avantajlı olabilecekleri gibi, son derece ölümcül de olabilirler. Genele baktığımızda, mutasyonların ezici bir çoğunluğu etkisiz (nötr) ya da neredeyse etkisizdir. Yararlı olanları genellikle vücudunda meydana geldikleri bireye çeşitli oranlarda katkı sağlarlar. Bazı mutasyonlar canlının *evrimsel uyum başarısını* (kabaca "hayatta kalma ve üreme başarısı veya oranı" olarak düşünebilirsiniz) sadece %1-2 gibi ufak miktarda arttırabilse de, bazı diğer mutasyonların tek seferde %1600 (16 kat) gibi devasa faydalar sağladığı bilinmektedir.[3] Zararlı olanlar ise benzer şekilde %1-2'lik bir uyum başarısı düşüşüne neden olabileceği gibi, bireyin doğrudan ölümüne de neden olabilirler. Gelin bunları örnekleyelim:

Yararlı mutasyon örneği sorulduğunda, fazla uzağa bakmanın gereği yoktur. Soru kafa karıştırıcıdır, ancak cevabı çok basit ve açıktır. Yararlı mutasyonlar her yerdedir, çünkü şu anda var olan özelliklerimizin tamamı bir zamanlar meydana gelen yararlı mutasyonların seçilim mekanizmalarıyla seçilmesi sayesinde oluşmuştur. Örneğin 5 parmağa sahip olmamızın nedeni faydalı mutasyonlardır.

3 2011 yılında *"Antimicrobial Agents and Chemoterapy"* dergisinde yayımlanan bir makalede, tek bir mutasyonun bakterilerde uyum başarısını %1600 artırabildiği gösterilmiştir. MIC, "bir bakteri popülasyonunun %99'undan fazlasının çoğalmasını durdurmak için verilmesi gereken antibiyotik miktarı" olarak tanımlanır. Dolayısıyla araştırmalarda, bir bakterinin direncini MIC'ye bakarak ölçebiliriz. *Mycobacterium tuberculosis* türü bakterisinde bulunan *GidB* geninin mutasyonlar sonucu silinmesi (delesyonu), bakterilerin streptomisin içerikli antibiyotiklere direncini tek bir seferde 16 katına çıkarmaktadır! Bu, faydalı mutasyonlara güzel bir örnektir. Sonuçtan emin olmak için kromozomal *GidB* geni silinmiş bu bakteri soy hattına plazmide klonlanmış bir *GidB* geni dışarıdan verilmiştir ve direnç, anında ve tamamen kaybolmuştur. Böylece *GidB* delesyonunun, yani tek bir mutasyonun, doğrudan faydalı sonuç verdiği ve direnci 16 kat (%1600) kadar devasa miktarda arttırabildiği kanıtlanmıştır. Bu gen üzerinde meydana gelebilecek yüzlerce potansiyel çerçeve kaydırıcı mutasyon, direnci 16 katına çıkarma şansına sahiptir.

Günümüzden 400 milyon yıl kadar önce karaya ilk adımlarını atmaya başlayan atalarımızda 7-8 adet parmak bulunmaktaydı. Ancak bazı mutasyonlar bu sayıyı değiştirdi ve 5 ve 6 parmaklı canlıların doğmaya başlamasına neden oldu (tıpkı bugün 6 parmaklı doğumlara neden olan mutasyonlar gibi). Bunlar daha ilk doğduklarında müthiş bir avantaj hissetmediler elbette. Ancak karalarda dengeyi sağlayan en uyumlu kombinasyonlardan birisi, fiziksel sebeplerle 5 parmak düzeniydi. Bu nedenle 5 parmaklılar karalara daha kolay uyum sağlayıp evrimsel süreçte ilerlemeye devam ederken, 6, 7 ve 8 parmaklılar elendi. Böylece o karalara çıkan atalarımızdan evrimleşen tüm canlılar (sürüngenler, memeliler, kuşlar gibi) 5 parmak yapısına sahip oldular. Görüleceği gibi, benimsediğimiz en tipik özelliklerimiz bile faydalı mutasyonların ve bunların seçiliminin bir sonucudur. Aynı durumu sadece parmak sayısında değil, sahip olduğumuz tüm özelliklerde görmekteyiz. Yararlı bir mutasyon illa bir canlıyı bir anda "ortamın kralı" yapmak zorunda değildir. Ancak ufak farklılıklar, uzun vadede müthiş değişimleri sağlayabilir. Seçilim baskısı yeterince güçlü olduğu müddetçe, mutasyonlara bağlı olarak meydana gelen hiç beklenmedik değişimler çok hızlı bir şekilde seçilerek o canlı türü için "normal özellik" ("norm") haline gelebilir. Bunu evrim tarihinde sürekli olarak gördük ve görmeye de devam ediyoruz. Örneğin kapkara volkanik arazilerde yaşayan beyaz farelerde koyu renge neden olan mutasyonların %1-2 gibi ufak avantajlar sağlamasına rağmen birikimli seçilim sonucunda farelerin sadece birkaç yüz nesilde tamamen siyah olacak biçimde evrimleşmesi gibi...

Nötral (nötr, etkisiz) mutasyonlar ile nötre yakın mutasyonlar, doğada en sık karşılaştığımız mutasyon tipleridir. Bunun sebebi, en önemli yapıtaşlarımız olan proteinlerin üretiminde kullanılan aminoasitleri kodlayan nükleotitlerin hücrelerimiz içinde 3'lü gruplar halinde okunmasında yatmaktadır. Bilindiği üzere yaşamın dili 4 harften oluşmaktadır: Adenin (A), Timin (T), Guanin (G) ve Sitozin (C). Bunlar, DNA'larımızı oluşturan nükleotitlerin yapısındaki şekerlerin farklı kimyasal yapılarına verilen isimlerdir. RNA üzerinde, DNA'daki Timin yerine Urasil (U) bulunur. Bu 4 harf, kodon adı verilen üçlü gruplar halinde okunarak aminoasitleri üretirler. Bu aminoasitler de bir araya gelerek proteinleri... Proteinler de envai çeşit özelliğimizde görev alarak bizleri meydana getirir.

İşte bu 4 harfin üçlü kodonlar üzerindeki farklı dizilimleri, 64 farklı kombinasyon üretebilmektedir (eğer olasılık matematiği ile aranız iyiyse, bunun sebebi 4x4x4=64 hesabıdır). Buna karşılık, canlılığın yapısına katılan 20-22 adet aminoasit bulunmaktadır. Bu durumda, ihtiyacımız olan aminoasitlerden daha fazla sayıda kombinasyona sahibiz demektir. İşte bu sebeple birden fazla harf kombinasyonu, birebir aynı aminoasitlerin üretiminde kullanılabilir. Buna bağlı olarak da, üçlü kodonları oluşturan nükleotitlerde meydana gelen bazı mutasyonlar, hiçbir etkiye sahip olmayacaktır çünkü mutasyon sonucunda oluşan yeni harf kombinasyonu da, birebir aynı aminoasidi kodlayabilir olacaktır.

Örneğin, Adenin-Guanin-Adenin (AGA) kodonu, Arjinin adı verilen bir aminoasidi kodlamaktadır. Adenin-Guanin-Guanin (AGG) kodonu da Arjinin aminoasidini kodlamaktadır. Bu durumda, bu kodonun üçüncü nükleotidi üzerinde meydana gelen ve Adenin nükleotidini Guanin nükleotidine çeviren bir mutasyon, hiçbir etkiye sahip olmayacaktır. Çünkü ana kodon da, mutant kodon da birebir aynı nükleotidi kodlamaktadır. Bu durumda üretilen aminoasit değişmeyecek, bu aminoasitten üretilen proteinin yapısında hiçbir değişiklik yaşanmayacak, dolayısıyla canlının işlevinde hiçbir farklılık oluşmayacaktır.

Nötr mutasyonları sadece kodon düzeyinde incelemek şart değildir. Organizma düzeyinde de nötr mutasyonlara rastlamamız mümkündür. Ancak incelememizi organizma düzeyinde yaptığımızda, söz konusu mutasyonların, gen düzeyindeki nötr mutasyonların aksine, aslen canlının fiziksel veya yapısal özelliklerini değiştirdiğini görürüz. Fakat mutasyonlar sonucu meydana gelen bu değişimler, canlının hayatta kalma başarısında olumlu veya olumsuz hiçbir etkiye neden olmamaktadır. Örneğin, mutasyonlar nedeniyle ebeveynlerinizin aksine yapışık kulak memesiyle doğmanız, hayatta kalma ve üreme başarınızı hiçbir şekilde etkilemeyecektir (ya da etki, göz ardı edilebilir düzeyde olacaktır). İşte bu durumda meydana gelen mutasyon, fiziksel bir değişime neden olduysa da evrimsel açıdan etkisiz bir mutasyondur.

Nötr mutasyonlar ilk etapta hiçbir etkiye sahip değilmiş gibi gözükse de, evrimsel sürecin uzun ve zorlu sürecinde nihayetinde etkilere neden olabilirler. Örneğin, birden fazla gende meydana gelen nötr mutasyonlar, çerçeve kaydırıcı mutasyonlar gibi daha farklı mutasyon tiplerinin etkisi altında yan yana veya bir araya gelebilir ve yeni gen kombinasyonları yaratabilir. Benzer şekilde, fiziksel etkilere neden olup da uyum başarısını pek de etkilemeyen mutasyonlar, çevre şartlarının değişmesi nedeniyle canlının hayatta kalma ve üreme başarısı birdenbire olumlu ya da olumsuz etkilere sahip olabilirler. İşte bu nedenle mutasyonlar evrimsel çeşitliliğin nihai kaynağıdır deriz. Mutasyonlar öyle veya böyle sürekli olarak çeşitlilik yaratırlar. Bu çeşitlilik içinden sadece ortama uyumlu olanlar seçilir, diğerleri ise elenir.

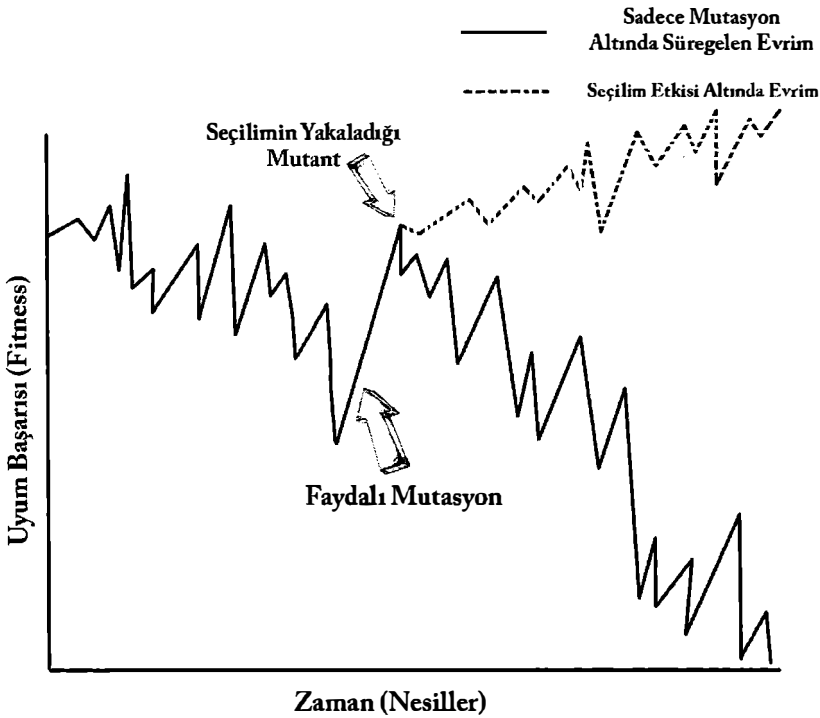
Bu noktada karşımıza, zararlı mutasyonlar çıkmaktadır. Zararlı mutasyonlar, genellikle canlıda ani fiziksel değişimlere neden olan, son derece etkili ve güçlü mutasyonlardır. Birçok canlı halihazırda içinde yaşadığı ortama uyumlu olacak şekilde özelleştiği için, bu "norm"da meydana gelecek ani sapmalar, muhtemelen uyum değil, uyumsuzluk sağlayacaktır. Bu durumda bu mutant bireyler hayatta kalamayacak ve/veya üreyemeyecektir. Böylelikle, zararlı etkili mutasyonlar da hızlı bir şekilde popülasyon içinden elenecektir. Örneğin, *SCN5A* isimli bir gen üzerinde meydana gelen bazı mutasyonlar, kalp kaslarındaki iyon kanallarının yapısını değiştirerek kalp karıncıklarının kasılma biçimini olumsuz bir şekilde etkiler. Bu mutasyona sahip bireylerde bayılma, nöbet geçirme, nefes darlığı ve ani ölüm görülebilir. Brugada Sendromu denen bu hastalığa sahip bireylerin %30'unda bu zararlı mutasyona rastlanmaktadır.

Yararlı ve zararlı mutasyonların uzun vadeli etkilerini anlamak, evrimsel analiz açısından önemlidir. Ayrıca evrimi anlamayı da kolaylaştıracaktır. Ani etkili yararlı mutasyonların çoğu zaman ortalama uyum başarısı üzerinde %0-10 arasında değişen faydaları olsa da, bu ufak katkıların uzun vadede canlılara ve evrime katabilecekleri faydaların bir sınırı yoktur. Dediğim gibi, kimi zaman %1600 gibi uçuk miktarlarda avantaj sağlayan mutasyonlara bile doğada rastlarız. Bu durumda, pozitif (faydalı) yönde değişim pratik olarak sınırsızca yaşanabilir diyebiliriz. Öte yandan, ani etkili zararlı mutasyonların belli bir üst sınırı vardır ve o sınıra çok hızlı bir şekilde ve hatta anlık olarak ulaşılabilir: ölüm. Yani yararlı mutasyonlar, bir canlının evrimsel uyum başarısını birkaç on veya birkaç yüz kat arttırabilirken, zararlı mutasyon en fazla %100'lük bir uyum başarısı düşüşüne neden olabilirler. Zararlı bir mutasyonun ölümün ötesinde verebileceği bir zarar, ölümden öte olumsuzluğa neden olabilecek bir etkisi bulunmamaktadır. "%200'lük uyum başarısı azalması" diye bir şey olamaz, çünkü %100'lük bir uyum başarısı azalmasında canlı zaten çoktan ölmüş veya kesinlikle üreyemez hale gelmiş olacaktır ("uyum başarısının tamamını" kaybetmiştir). Üstelik bu ölüm, vücuttaki tüm diğer mutasyonların da sonu demektir: Yararlı veya zararlı, diğer mutasyonlar da bu ölümcül mutasyonla birlikte elenip gider.

İşte tam olarak bu sebeplerle mutasyonların ortalama uyum başarısı üzerindeki etkisi, uzun vadede uyum başarısını azaltacak yöndedir. Zararlı mutasyonlar ölümcül olabildikleri için, yararlı mutasyonları da beraberlerinde götürebilirler. Ani etkili ve faydalı bir mutasyon uyum başarısını bin kat da arttırsa, ani etkili ölümcül bir mutasyon bu zor bulunan faydalı mutasyonu silip atacaktır. Belki de insanlar arasındaki *"Mutasyonlar zararlıdır!"* algısı bu sebeple yayılmıştır ve korunmaktadır. Ancak bu hatalı bir genellemedir; çünkü eğer ki zararlı mutasyon ölümcül değilse (ki sıklıkla değildir), canlı yaşamını sürdürebilir ve diğer yararlı mutasyonların etkisi altında üreyerek evrimsel bir avantaja erişebilir.

Mutasyonlarla ilgili bu tür bir genellemenin hatalı olmasının bir diğer önemli nedeni, benim şu ana kadar yaptığım mutasyon analizi de dahil olmak üzere bu tip analizlerde seçilimin etkisinin göz ardı ediliyor olmasıdır! Eğer ki canlı üzerinde hiçbir seçilim baskısı olmasaydı ve sadece mutasyonlar etki ediyor olsaydı, nihayetinde zararlı mutasyonlar yararlılara üstün gelir ve canlıların yok olmasına neden olurdu. Çünkü faydalı etkiye sahip mutasyonların popülasyon içinde yayılarak baskın hale gelmesinin bir yolu olmazdı. Ancak gerçekte durumun böyle olmadığını biliyoruz. Canlılar müthiş bir hızla çeşitlenip evrimleşebiliyorlar. İşte bunu sağlayan mekanizma, seçilim mekanizmalarıdır. Doğal seçilim (ve diğer seçilim mekanizmaları), mutasyonların etkisiyle bir yukarı bir aşağı (ancak uzun vadede aşağı doğru) sürekli dalgalanan uyum başarısı dağılımı içinden en uyumlu ve başarılıları seçer, diğerlerini eler (bu durum Görsel 1'de gösterilmiştir). Böylece evet, zararlı mutasyonları üzerinde bi-

riktiren canlılar ölür; ancak içlerinden bazıları avantajlı oldukları için seçilerek hayatta kalır ve ürerler. İşte evrim de bunun bir sonucudur.



Görsel 2-3: Grafikteki düz siyah çizgi, seçilimin var olmadığı hayâli bir popülasyondaki mutasyonların etkisi altında uyum başarısının giderek düşüşünü göstermektedir. Görülebileceği gibi uyum başarısı, rastgele etkili mutasyonların etkisi altında artıp azalmaktadır; ancak genel eğilim azalma yönündedir. Ancak ne zaman ki seçilim devreye girer, işte o noktada her seferinde daha uyumlular seçilip, daha uyumsuzlar eleneceği için, popülasyonların ortalama uyum başarısı giderek artabilir. Yine dalgalanma vardır; ancak genel eğilim artış yönündedür. Seçilimin devreye girme nedeni, bulunulan ortama fazladan uyum sağlanmasını mümkün kılan bir özelliği ortaya çıkaran bir mutasyonun yaşanması olabilir. İşte bu nedenle mutasyonlar tek başlarına evrimin ana sorumlusu olamazlar (çünkü seçilim olmaksızın mutasyonlar ortalamada zararlı olacaktır); ancak durmaksızın çeşitlilik yarattıkları gözden kaçmamalıdır (uyum başarısındaki dalgalanma, bu çeşitlilik yaratımından kaynaklanmaktadır; yoksa dümdüz bir çizgiyle azalma görülürdü).

Yani evrimsel analiz yaparken Hardy-Weinberg Dengesi kullanılıyorsa ve daha önceden verdiğim her bir koşulun bu denge üzerindeki etkisi inceleniyorsa, diğer koşulların etkisi göz ardı edilerek temel bir analiz yapılmaktadır. Örneğin burada mutasyonları incelerken seçilimin etkisini göz ardı ederiz.

Böylece eğer ki sadece mutasyonlar etkili olacak olsaydı, popülasyonlar nasıl evrimleşirlerdi, bunu anlarız. Sonrasında farklı koşullardan öğrendiklerimizi birleştirerek toplu bir analiz yapmamız mümkün olur. Bilimde, bu şekilde farklı parçalardan edindiklerimizi birleştirerek genel bir analiz yapma işlemine kimi zaman "süperpozisyon tekniği" adı verilir. Hardy-Weinberg Dengesi'ne dayanan analizler bu tekniğin güzel bir örneğidir.

Şimdi mutasyonların seçilim olmaksızın neden işe yaramaz ve anlamsız değişimler olduğunu matematiksel olarak görelim. Böylece bu analiz örneğimizi de tamamlamış olacağız. Dahası, mutasyonların yarar-zarar dengesi ve seçilim ile ilişkisini de daha net olarak anlamış olacağız.

MUTASYONLAR EVRİME TEK BAŞLARINA NEDEN OLABİLİRLER Mİ?

Sorunun kısa cevabı "hayır"! Daha uzun cevabı ise "neredeyse hayır"... Daha da uzun cevabı içinse, bölüm içinde edindiğimiz önceki bilgilerimizi kullanarak ufak bir analize ihtiyacımız var. Şimdi gelin birlikte Hardy-Weinberg Dengesi'ni bozalım:

Öncelikle, konuyu anlayabilmek için kısmen yüksek bir mutasyon oranı (μ) seçelim: 10^{-5} mesela (yani 0,00001). Bunu aklımızda tutalım. Yine alel olarak A ve a bulunan bir popülasyon hayal edelim. Hatırlayacak olursanız, baskın alel olan A'nın bulunma sıklığını (alel frekansını) p harfiyle, çekinik alel olan a'nın sıklığını ise q harfiyle ifade etmekteyiz. Şimdi, popülasyonumuzdaki alel frekanslarının başlangıçtaki değerlerini belirleyelim. Diyelim ki analiz başlangıcında bu frekanslar şu şekildeydi:

$$p = 0.9\ (\%90)$$

$$q = 0.1\ (\%10)$$

Toplamlarının 1 olmak zorunda olmasına dikkatinizi çekiyorum tekrardan. Eğer ki elimizde popülasyonun alel frekansları bulunuyorsa, genotiplerin popülasyon içindeki sıklıklarını da kolaylıkla belirleyebiliriz. Bunu yapmak için basit bir denklem kullanacağız. Aslında bu, $p+q=1$ denkleminin genişletilmesinden elde edilen, Hardy-Weinberg Dengesi'nin farklı bir ifadesinden ibarettir. Matematikten birazcık anlayan okurlarım, $p+q=1$ denkleminin iki tarafının da karesini alacak olursak ne elde edeceğimizi bilebilirler. Basitçe, elde edeceğimiz şöyle bir denklemdir:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Bu, Hardy-Weinberg'ün daha da sık karşılaşabileceğiniz ifadesidir. *"İyi ama durup dururken neden karesini aldık?"* diye soruyor olabilirsiniz. Nedeni tamamen olasılık matematiğine dayanıyor. Kısaca izah edeyim:

p'nin A alelinin bulunma sıklığı olduğunu hatırlayın. Bu "bulunma sıklığı", aynı zamanda bir sperm ve yumurta popülasyonuna da benzetilebilir. Her

bir sperm ve her bir yumurta tek bir aleli üzerinde taşır. Çünkü unutmayın ki sperm veya yumurta hücresi, ebeveynlerin ürettiği ve kendilerine ait tek kromozom setini taşıyan hücrelerdir. Bunlar bir araya gelerek yavruyu oluşturur. İşte bu nedenle eşeyli üreme sonucu oluşan her yavrunun anneden (yumurtadan) gelen bir set, babadan (spermden) gelen bir set olmak üzere iki set kromozomu bulunmaktadır. Bu gen setleri içindeki her bir genin farklı versiyonlarına "alel" dediğimizden bahsetmiştim. Dolayısıyla bir sperm popülasyonu içinde eğer ki p değeri 0,5 ise (yani %50 ise), o spermlerin her 2 tanesinden 1 tanesinde A aleli bulunuyor demektir. Tabii ki geri kalanında da a aleli bulunur (bu bulunma sıklığını da q ile ifade ediyoruz).

İşte bir popülasyon içinde A alelinin bulunma sıklığını, spermlerin yumurtalarla birleşme olasılığına göre analiz ettiğimizde, olasılık matematiği devreye girmektedir. Hemen basitleştirerek anlatayım: Diyelim ki bir torbada 5'i kırmızı 5'i beyaz olmak üzere 10 tane top var. Bir tane top çekip, rengine bakıp, çektiğiniz topu torbaya geri attığımızı düşünelim. Rastgele ve torbanın içerisine bakmadan yapacağınız bir çekimde, kırmızı bir top çekme olasılığınız %50'dir (renklerin sayısı eşit olduğu için). Yani istatistiki olarak her 2 seferden 1 tanesinde çekeceğiniz top kırmızı olacaktır. Sonra çektiğiniz topu geri attığınızı unutmayın. Şimdi, tekrar bir çekim yapacak olsanız, kırmızı topu çekme ihtimaliniz nedir? Yine %50. Çünkü bir önceki çekim işleminin, bir sonraki çekim işlemine hiçbir etkisi olmamıştır. Bir önce kırmızı veya beyaz çekmiş olmanız, bir sonraki sefer kırmızı veya beyaz çekme ihtimalinizi hiçbir şekilde etkilemeyecektir (aynı durumu para örneğinden de düşünebilirsiniz: Bir önceki sefer yazı atmanız, bir sonraki sefer yazı veya tura atmanızı etkilemeyecektir). İşte bu durumda, 2 defa üst üste kırmızı çekme ihtimaliniz, her bir seferde kırmızı çekme ihtimalinizin çarpımına eşittir. Yani %25. Neden? Çünkü 0,5 (%50) ile 0,5'in çarpımı 0,25'tir (%25). Yani her seferinde 1 top çekip, geri atıp tekrar çekecek olsanız ve bu iki defa çekme işlemini 4 defa üst üste yapacak olsanız, istatistiki olarak bunlardan 1 tanesinde üst üste kırmızı çekeceksinizdir. Diğer seferlerdeyse kırmızı-beyaz, beyaz-kırmızı ya da beyaz-beyaz çekeceksinizdir. Tabii ki bunun teorik bir hesap olduğunu ve pratikte bu ideal durumdan sapmalar olabileceğini unutmayınız. Ancak olasılık matematiği basitçe burada anlattığım şekilde işler. Aynı işlem, çektiğiniz topu torbaya geri atmasanız da aynı şekilde yapılır; sadece sayılar birazcık değişecektir.

Sperm ve yumurtalarda da durum aynıdır. Her ikisinde de A aleli olan bir sperm ve yumurtanın birleşme olasılığı, her birinin A aleli taşıma olasılığının (yani p değerinin) çarpımına eşittir. Bu nedenle, iki tane A'nın bir araya gelme ihtimali p ile p'nin çarpımıdır. Bu da, bir diğer deyişle, $\mathbf{p^2}$'ye eşittir. Aynı durum a aleli (ve dolayısıyla q değeri) için de geçerlidir. Zıt olanların seçimi de aynıdır; sadece sayılar bu defa birbirine eşit olmadığı için (p ve q'nun eşit ve 0,5 olduğu durum haricinde), p ile q çarpılır ve o çarpım da 2'yle çarpılır. Bunun nedeni, spermden A yumurtadan a gelebileceği gibi, spermden a yumurtadan A da ge-

lebilecek olmasıdır. Bu iki durum benim burada yaptığım hesap açısından birbiriyle tıpatıp aynı sonucu doğurmaktadır.[4] Aa ile aA'nın aynı şeyler olduğunu hatırlayınız. Yani bir olasılığın 2 katı durum geçerlidir. İşte bunların hepsini bir arada yazacak olursak, karşımıza şöyle bir genotip tablosu çıkar:

$$AA \text{ olasılığı} = p^2$$

$$Aa \text{ olasılığı} = 2pq$$

$$aa \text{ olasılığı} = q^2$$

Başta p değerini 0.9, q değerini 0.1 olarak belirlediğimizi hatırlayın. Şimdi bu sayıları yerleştirecek olursak:

$$AA = 0.81 \ (\%81)$$

$$Aa = 0.18 \ (\%18)$$

$$aa = 0.01 \ (\%1)$$

Yani eğer ki 100 bireyden oluşan bir popülasyonumuz olsaydı, birey sayısı aşağıdaki gibi olacaktı:

$$AA = 81$$

$$Aa = 18$$

$$aa = 1$$

Peki, buraya kadar basit bir düzeyde Hardy-Weinberg Dengesi'nden söz etmiş olduk. Mutasyonları nasıl dahil edeceğiz? Şimdi ona bir bakalım:

Mutasyon, tanımı gereği bir alelin bir diğerine dönüşmesi demektir. Bu, genellikle bir veya birkaç nükleotidin değişerek yeni bir dizilime sahip bir gen yaratması olarak da düşünülebilir. Yani gen, orijinal genden farklı olduğu için yeni bir alel olarak görülmesinde bir sakınca yoktur. Dolayısıyla, A'nın a'ya dönüşmesi bir mutasyondur. Tam tersi de bir mutasyondur. Ancak bunlar, 2 ayrı tip mutasyon olarak değerlendirilirler. Şimdilik sadece tek bir tipe, yani A'nın a'ya dönüştüğü mutasyonlara bakalım. Mutasyon oranımızı az önce 10^{-5} almıştık. Bu durumda her nesilde, A alellerinin 0,00001 tanesi a'ya dönüşecektir. Bu popülasyonumuzu nasıl etkiler? Gen frekansını nasıl değiştirir?

Öncelikle, sadece 1 nesil geçtiğinde frekansın nasıl değiştiğini analiz edelim. Her nesilde, sadece 0,00001 tane alel değişimi olacağından, 1 nesil sonundaki A alelinin frekansı şu şekilde azalacaktır:

$$p = 0.9 - (0{,}00001)*(0.9)$$

$$p = 0{,}899991$$

Neden böyle? Çünkü her nesilde, 0,9 sıklıkla bulunan alelin 0,00001

4 Aslında daha teknik analizlerde Aa ile aA ayrı kombinasyonlar olarak ele alınabilir; çünkü özellikle eşey karakterleri gibi bazı durumlarda anneden gelen spesifik gen seti ile babadan gelen spesifik gen seti önem kazanmaktadır. Ancak benim burada gösterdiğim gibi daha düşük seviyeli analizlerde bu iki genotipi birebir aynı almanın hiçbir sakıncası yoktur.

oranında değişmesi gerekiyor. Dolayısıyla bir sonraki nesil, 0,9'dan, 0,9 ile 0,00001'in çarpımı kadar az A aleli taşıyacak. Bu çarpım 0,000009'a eşit. Müthiş küçük bir sayı! Tabii bu oranda a aleli de artmış olacak. Yani benzer şekilde:

$$q = 0.1 + (0{,}00001)*(0.9)$$

$$q = 0{,}100009$$

Görebileceğiniz gibi A aleli, 1 nesil sonunda 10^{-5} oranındaki mutasyonlar nedeniyle 0,9'dan 0,899991'e düştü. Bu dikkate bile alınmayacak kadar ufak bir değişim; ancak yine de bir değişim. Aynı şekilde, a aleli de 1 nesilde, sadece mutasyonlar sebebiyle 0,1'den 0,100009'a yükseldi. Başlangıçta da, mutasyon ve nesil atlama sonrasında da toplamlarının (p+q toplamının) 1'e eşit olduğuna dikkat ediniz.

Peki, bu şekilde 10 nesil, 100 nesil, 10 bin nesil geçseydi frekanslar nasıl değişirdi? Bu formülü genellemenin bir yolu var mı? Evet, oldukça basit! Fark edebileceğiniz gibi, her nesilde yeni frekans (p_1), bir öncekini frekansın (p_0) mutasyon oranıyla (μ) çarpımı kadar eksiliyor. Dolayısıyla kaç nesil gitmek istersek, o kadar defa frekans ile mutasyon oranını çarpıp, ilk frekanstan çıkarmamız gerekiyor. Tabii her nesildeki çarpımda, önceki frekansın daha önceki nesillere göre daha da az olduğunu hesaba katmamız gerekiyor. Adım adım takip edelim.

0. nesilde:

$$p = p_0$$

1. nesilde:

$$p_1 = p_0 - (p_0*\mu)$$

veya

$$p_1 = p_0*(1-\mu)$$

2. nesilde:

$$p_2 = p_1 - (p_1*\mu)$$

veya

$$p_2 = p_1*(1-\mu)$$

veya

$$p_2 = p_0*(1-\mu)*(1-\mu)$$

veya

$$p_2=p_0*(1-\mu)^2$$

Denklemlere dikkat ederseniz, 2. nesilde 1. nesle kıyasla tek yaptığım, aynı şeyi tekrar etmek ve sonrasında denklemde 1. nesle ait denklemi yerine yerleştirmektir. Ve eğer ki kalın harflerle yazdığım denklemlere dikkat edecek olursanız, nesiller geçtikçe görmeye başladığımız deseni de fark edebilirsiniz. 2. nesilde en altta tarafta verdiğim formül, 2. nesildeki A aleli frekansını, 0. nesildeki A aleli frekansına doğrudan bağlamaktadır. İşte bunu sürekli sürdürecek olursanız, istediğiniz kadar nesil (n) sonrasını şöyle hesaplayabilirsiniz (ki denklemlerde gördüğümüz desen de budur):

$$p_n = p_0 * (1-\mu)^n$$

ve

$$q_n = q_0 * (1+\mu)^n$$

veya

$$q_n = 1 - p_n$$

Bu denklemlerde "n", hesaplamak istediğiniz nesil sayısıdır. p_n o nesildeki A aleli frekansıdır. p_0 ise başlangıçtaki A aleli frekansıdır. Fark edecek olursanız, bu hesaplama A'nın a'ya dönüşümü (p'nin azalıp q'nun artması) üzerine kuruludur. Eğer ki mutasyon ters etkiliyse (a'yı A'ya dönüştürüyorsa), formül çok az da olsa değişecektir. Ancak basitçe p'yi her zaman azalan, q'yu her zaman artan aleli temsil edecek şekilde seçerseniz, tek bir formülle işin içinden çıkabilirsiniz.

BAZI ÖRNEKLER, ÇIKARIMLAR VE SONUÇLAR

Abartılı bir örnekle bunun etkisini görelim, böylece bu denklemleri anlamak çok daha kolay olacaktır. Diyelim ki mutasyon oranı 0,01 gibi çok çok yüksek olsun. Normalde 10^{-8} (0,00000001) gibi sayılar olduğunu hatırlayınız. Ancak kolaylık olması açısından 0,01 diyelim. Başlangıçta, sadece A alelimiz olsun, hiç a olmasın. 10 nesil sonra, sadece A'yı a'ya dönüştüren mutasyonların etkisi altında popülasyonun nasıl evrimleşeceğini hesaplayalım. Bu durumda, az önce sözünü ettiğim formüle koyacağımız değişkenler şöyledir:

$$p_0 = 1$$

$$q_0 = 0$$

$$\mu = 0{,}01$$

$$n = 10$$

Denkleme bu sayıları yerleştirecek olursak:

$$p_{10} = 1 * (1-0{,}01)^{10}$$

$$p_{10} = 0{,}904382075$$

ya da yuvarlarsak:

$$p_{10} = 0{,}9044\ (\%90.44)$$

$$q_{10} = 0{,}0956\ (\%9.56)$$

Bu kadar devasa bir mutasyon oranı ile yola çıktığımızda, 10 nesil içinde popülasyon epey hızlı bir şekilde evrimleşiyor. A'nın frekansı 1'den (%100'den), 0,9044'e inerken, a aleli hiç yokken (q=0 iken) 10 nesilde mutasyonlar sayesinde 0,0956'lık bir frekansa erişiyor. İşte bu evrimdir!

Ancak... Normalde mutasyon oranları asla bu kadar yüksek değildir. Dolayısıyla gelin daha gerçekçi bir hesaplama yapalım. Mutasyon oranımızı gerçeğe

yakın bir sayı olan 10^{-9} alalım ve 10 nesil gibi basitçe "hiç" olan bir süre yerine, evrimi az çok gözleyebileceğimiz bir süre olan 1000 nesli hesaplayalım. Başlangıçta yine A frekansımız %100, yani 1 olsun. Ortamda hiç a bulunmasın. Bakalım 1000 nesil sonra, sadece mutasyonların etkisiyle popülasyon nasıl değişecek? Değişkenlerimiz bu defa şu şekilde:

$$p_0 = 1$$
$$q_0 = 0$$
$$\mu = 0{,}000000001$$
$$n = 1000$$

Formülümüze yerleştirelim:

$$p_{1000} = 1 * (1\text{-}0{,}000000001)^{1000}$$
$$p_{1000} = 0{,}999999$$
$$q_{1000} = 0{,}000001$$

Gerçekçi bir mutasyon oranı kullandığımızda, 1000 nesil geçmesine rağmen A alelinin 1000. nesildeki frekansı (p_{1000}) neredeyse hiç azalmadı! Çünkü gerçekte mutasyon oranı o kadar küçük ki, genomdaki spesifik bir alelin değişmesi imkânsıza yakın (ama imkânsız değil). Çok ufak bir kıpırdanma oldu 1000 nesil sonunda; ancak yine de pratik olarak değişmediğini varsayabiliriz. Her 1.000.000 bireyden sadece 1 tanesinde mutasyon sonucu meydana gelen a aleli görülebilmeye başlandı. Bu, yine yok denecek kadar az bir sayıdır.

Görebileceğiniz gibi, mutasyonun direkt olarak evrime neden olma ihtimali yok denecek kadar azdır. Çünkü son verdiğim örnek, gerçekçi bir örnektir. İşte bu sebeple mutasyonların evrimsel değişimin ana mekanizması olamayacağını söyleriz. Seçilimi hesaba katmadığımız için evrimsel bir değişime neden olmaları mümkün değildir. Fakat mutasyonlar, seçilim olsa da, olmasa da çeşitlilik yaratmaya katkı sağlarlar, hem de ne katkı! Mutasyonlar olmasaydı, yeni aleller var olamaz, seçilimin seçeceği malzeme kalmaz ve evrim dururdu. Ki bu gerçeği az sonra kendi gözlerinizle göreceksiniz; çünkü matematiksel olarak göstereceğim. Eğer mutasyonlar (veya genel olarak Çeşitlilik Mekanizmaları) var olmasa türler ya kısa sürede yok olur ya da tamamen birbirine benzer bireylerden oluşur hale gelirdi (ki bunun da sonu er ya da geç yok oluştur). Dolayısıyla mutasyonların önemini küçümsememek; ancak evrim üzerindeki tek başına etkisizliğini de anlamak ve algılamak gerekmektedir.

Ayrıca unutmayınız ki burada yaptığım hesap sadece 1 alel için geçerlidir. Ancak daha önce de belirttiğim gibi şu anda vücutlarınızda 20.000 civarında gen ve 3,2 milyar nükleotit bulunuyor. Eğer ki tek bir nükleotitte meydana gelecek mutasyonun her zaman bir geni değiştireceğini varsayarsak (ki bu çok doğu bir varsayım olmazdı), aynı işlemi insan genomunda bulunan 3,2 milyar baz çiftinin her biri için düşünmek gerekmektedir. Üstelik

bu, sadece insan (*Homo sapiens*)! Örneğin *Paris japonica* gibi dev genomlu türler düşünülecek olursa, baz çifti sayısı 149 milyara kadar çıkabilmektedir! Bunların her birinin değişme ihtimali vardır ve bunlar değiştikçe, evrimin de yönü değişmektedir.

HER ŞEYİ ANLAMLANDIRAN YASA: (DOĞAL, CİNSEL, YAPAY) SEÇİLİM

Mutasyonları aslen evrim üzerinde etkisiz kılan durum, her bir mutasyonun tek bir bireyde meydana gelmesidir. Yani aynı nükleotit üzerinde birden fazla bireyde birebir aynı mutasyonun meydana gelme ihtimali son derece düşüktür. Dolayısıyla, örneğin 1000 bireyi içinde barındıran bir popülasyonda, 1000 bireyin yarısında bile birebir aynı mutasyonun yaşanması ihtimali pratik olarak imkânsızdır. Ancak evrimin yaşanması için böyle bir olasılığın gerçekleşmesine gerek olmadığı gibi, evrim de binlerce bireyde tıpatıp aynı mutasyonun meydana gelmesi değildir. Evrimin gerçekleşme yolunun bir popülasyondaki tüm bireylerde aynı mutasyonun meydana gelmesi ve dolayısıyla popülasyonun mutasyonlar nedeniyle değiştiği yönündeki algı, mutasyonlarla ilgili halk arasındaki hatalı algılardan sadece bir tanesidir. Ama bu, çok ciddi bir hatadır. Hem belirtiğim gibi matematiksel olarak olanaksızdır, hem de biyoloji açısından tamamen yanlıştır. Popülasyona yeni bir çeşitliliği dahil edebilen spesifik bir mutasyon, belirli bir bireyde meydana gelir, tüm popülasyonda değil! Peki bu spesifik mutasyon nasıl popülasyona yayılır ve nasıl türlerin değişimine katkı sağlar? Yeni bir özellik, nasıl olur da bir türün tüm bireylerinde bulunur hale gelir? İşte bu soruların kısa cevabı seçilimdir.

Kitabın bu kısmında, Hardy-Weinberg Dengesi ile ilgili matematiksel analizlerime devam etmek istiyorum. Şimdi yapacağım şey, doğal seçilimi de hesaba katmak... Hatırlayacak olursanız, Denge'nin kurallarından bir diğeri, seçilimin popülasyonlar üzerinde olmadığını varsaymasıydı. Ancak biliyoruz ki yaşam ve üreme mücadelesi veren her canlı üzerinde bir seçilim baskısı olmak zorundadır. Peki bunların matematiksel evrime etkisi nedir? Mutasyonların evrime tek başlarına neden olamayacaklarını gördük; peki ya seçilim bunu yapabilir mi? Doğadaki seçilimin canlı türlerini evrimleştirme gücü olduğunu matematiksel olarak ispatlayabilir miyiz? Gelin hep birlikte görelim:

Yine 2 alelli modelimizi kullanalım, çünkü bu, anlaması en basit olanı... Alellerimizin adı bu defa B_1 ve B_2 olsun. Tıpkı bir önceki örnekteki A ve a gibi; ancak farklı harflere ve isimlendirmelere de alışın diye böyle yapmayı uygun görüyorum. Hemen bir başlangıç frekansı tanımlayalım:

$$p = 0.6$$

$$q = 0.4$$

p'nin B_1'in frekansı, q'nun ise B_2'nin frekansı olduğunu hatırlayınız. Toplamlarının 1 olmak zorunda olduğunu da hatırlayınız. Bu durumda, eğer ki

popülasyon içinde 100 birey varsa ve başlangıçta elimizdeki popülasyon başlangıçta halihazırda Hardy-Weinberg Dengesi'nde ise, artık genotip frekanslarını nasıl bulabileceğinizi biliyorsunuz, yine de bir defa daha hatırlatayım:

$$B_1B_1:$$
$$p^2 = (0.6)^2 = 0.36$$

$$B_1B_2:$$
$$2pq = 2*(0.6)*(0.4) = 0.48$$

$$B_2B_2:$$
$$q^2 = (0.4)^2 = 0.16$$

Tabii bunlar sadece bu genotiplerin (gen yapılarının) frekansını verecektir. Görebileceğiniz gibi, genotip frekanslarının toplamı da daima 1'e eşittir (0.36+0.48+0.16=1). Eğer ki popülasyon içinde 100 birey olduğunu varsayarsak, bu frekansları 100 ile çarpmanız gerekiyor. Kısaca, popülasyondaki birey sayısı ile her bir genotipin frekansını çarparak, her bir genotipin popülasyonda kaç adet bulunduğunu bulabilirsiniz. Bu durumda:

B_1B_1 genotipinden 36 tane,

B_1B_2 genotipinden 48 tane,

B_2B_2 genotipinden 16 tane bulunur.

Şimdi, bu genotiplerin bulundukları ortam koşullarından ötürü hepsinin hayatta kalamadığını varsayalım. Yani bu noktada Hardy-Weinberg Dengesi'ni bir kez daha bozuyoruz. Çünkü hatırlayacak olursanız bu denge dahilinde her bireyin hayatta kaldığı ve eşit sayıda ürediği varsayılıyordu. Ancak bu, gerçek popülasyonlarda böyle değildir. Her genetik varyasyonun hayatta kalma başarısı birbirinden farklıdır. İşte şimdi bu gerçeği modelimize dahil edeceğiz. Diyelim ki, herhangi bir sebep (veya sebeplerden) ötürü:

B_1B_1 genotipinin tamamı %100'ü (ya da 1.00'i) hayatta kalsın.

B_1B_2 genotipinin %75'i (ya da 0.75'i) hayatta kalsın.

B_2B_2 genotipinin yarısı %50'si (ya da 0.50'si) hayatta kalsın.

Bu hayatta kalma oranları normalde vahşi doğada yapılan gözlemler ve deneylerle tespit edilmektedir. Belli bir popülasyon sürekli olarak gözlem altında tutularak hangi genlere sahip olanların ne kadar hayatta kalabildikleri ve üreyebildikleri takip edilir. Böylece hangi genotipin yüzde kaç başarıya sahip olduğu tespit edilerek analizler yapılabilir.

Bu durumda ata popülasyon seçilim baskısı altında bırakıldığında, kaç tanesi hayatta kalabilecek ve üreyecektir? Çok basit! Bu hayatta kalma oranlarını, birey sayısı ile hayatta kalma oranlarını çarparız. Dolayısıyla,

B_1B_1 genotipinin tamamı 36 birey hayatta kalır. (36 * 1=36)

B_1B_2 genotipinin 36 bireyi hayatta kalır (48 * 0.75 = 36)

B_2B_2 genotipinin 8 bireyi hayatta kalır (16 * 0.50 = 8)

Burada ilk iki genotipin aynı sayıda bireyinin hayatta kalması tamamen matematiksel bir tesadüftür. Farklı sayılarla işlemi tekrar ederek pratik yapabilirsiniz.

Şimdi, bu noktada eğer ki ikinci bir seçilim unsurunu, cinsel seçilim kavramını hesaba katabiliriz. Ancak daha önce de bahsettiğim gibi, matematiksel analiz bakımından doğal seçilim ile cinsel seçilimin özünde hiçbir farkı yoktur. İkisi de, yukarıda verildiği gibi bir yüzde ile ifade edilir. Dolayısıyla burada cinsel seçilimin etkisini analize dahil etmek için yapacağınız tek şey, bu farklı genotiplerin her birinin üreme başarısı için birer yüzde (%) belirleyerek, hayata kalan bireyleri o yüzdelerle çarpmak ve üreyebilenleri belirlemektir. Bunu, sayıları daha da küçültmemek ve matematiği karmaşıklaştırmamak adına burada yapmayacağım; ancak eğer dilerseniz pratik yapmak adına siz uygulayabilirsiniz. Örneğin eğer ki üreme başarıları sırayla %50, %39 ve %88 olsaydı, kaç birey üreme başarısına ulaşırdı? Bunu hesaplamayı size bırakıyorum.

Cinsel seçilimi bu noktada hesaba katmadığımız için, en son elde ettiğimiz sayılarla devam edebilirim. Diyelim ki bu canlıların her biri eşit sayıda üreme hücresi (gamet) üretsin ve bunların hepsi üreme havuzuna katılabilsin. Tabii ki gerçek hayatta bu da böyle değildir; bazı gametler başarısız olarak ölür, havuza dahil olamaz. Bu sebep, başka bir yüzdeyi işin içine sokabilir (ya da bu yüzde, cinsel seçilim üzerinden doğal seçilime dahil edilebilir). Ancak hesabı basit tutmak adına, her birinin 10 adet üreme hücresi ürettiğini varsayalım. Bu durumda:

B_1B_1 genotipi 360 adet B_1 gameti üretir (36 * 10 = 360)

B_1B_2 genotipi 180 adet B_1, 180 adet B_2 gameti üretir (36 * 10 / 2 = 180)[5]

B_2B_2 genotipi 80 adet B_2 gameti üretir (8 * 10 = 80)

Şimdi, başlangıçtaki gibi B_1 ve B_2 alellerinden oluşan yeni bir popülasyon var elimizde. Hatırlayacak olursanız başlangıçtaki alel frekansları 0.6 ile 0.4'tü. Acaba şimdi de aynı kaldı mı? Eğer aynı kaldıysa, Hardy-Weinberg Dengesi bozulmamış demektir. Dolayısıyla böyle bir durumda evrimden söz edemeyiz. Ancak eğer ki oranlar değiştiyse, bu denge bozulmuş ve evrim işliyor demektir. Bakalım neler oldu?

Alellerin yeni frekanslarını nasıl hesaplarız? Çok basit! Her bir alelin sayısını, toplam alel sayısına böleceğiz. B_1 ile başlayalım. Kaç tane B_1 aleli olduğunu sayacağız. En son hesapta belirttiklerimden görebileceğiniz gibi, sadece 2 yerden (B_1B_1 ve B_1B_2 genotiplerinden) B_1 aleli gelmektedir. Bu durumda, bunları toplayacağız ve toplam alel sayısına (360 + 360 + 80) böleceğiz. Bu işlem bize şunu verir:

5 Burada, heterozigot olan B_1B_2 genotipi analiz edildiği için, homozigot olan diğer durumların aksine 2'ye bölmemiz gerekiyor.

$$p = (360 + 180) / (360 + 360 + 80)$$
$$p = 540 / 800$$
$$p = 0.675$$

İşte bu! Alel sayımız ciddi biçimde değişti! Eskiden 0,6 olan alel miktarı, sadece 1 nesil sonunda 0,675 oldu. Yani B_1 aleli üzerinde *pozitif seçilim* olduğunu söyleyebiliriz, çünkü sayısı arttı. Peki B_2 aleline ne oldu? Evet, tahmin edebileceğiniz gibi o da azaldı. Alel frekanslarının toplamının her zaman 1'e eşit olması gerektiğini hatırlayın. Bu durumda:

$$q = 1 - p$$
$$q = 0.325$$

Aynı sayıya, B_2 aleli sayısını toplam alel sayısına bölerek de ulaşabilirsiniz (260/800=0,325). Gördüğünüz gibi sayı, 0,4'ten 0,325'e düştü. Yani B_2 aleli üzerinde *negatif seçilim* vardır.

Bu basit örnek, bize çok bariz bir gerçeği göstermektedir: Seçilim, öylesine güçlü bir evrim mekanizmasıdır ki, sadece birkaç nesil içinde popülasyon içinde mutasyonlar tarafından yaratılan ufacık değişimleri katlayarak arttırabilir ve hatta popülasyonda baskın hale getirebilir!

Doğal seçilimin matematiksel analizini biraz daha devam ettirecek olursam, kafanızın iyice karışma ihtimali var. Çünkü işin içine direkt ve dolaylı uyum başarısı, ortalama uyum başarısı gibi ek kavramlar girecek ve denklemler büyüyecek. Bunların detaylarına girecek olursam, bu kitap iyice ders kitabına dönüşmüş olacak. Ancak burada yapmak istediğim sadece diğer popüler bilim kitaplarının yapabildiğinin aksine, size evrimin matematiğini birazcık da olsa tattırabilmek. İnsanların oturdukları yerden, kahvehanelerden, internette klavye başında atıp tutarak eleştirdikleri evrimsel biyoloji arkasında yatan matematiği gösterebilmek. Kısaca, bu bilimin ne kadar köklü olduğuna ve akademik düzlemde nasıl çalışıldığına dair ufacık, gerçekten ufacık bir örnek verebilmek... Ama meraklı okurlarımıza söz! Bir diğer kitapta bunun çok daha teknik olan tüm detaylarını hem matematiksel, hem de akademik düzeyde anlatacağım.

Yaptığımız basit ve gerçekçi hesaplamalar sonucunda, gen frekanslarının mutasyonlar etkisinde neredeyse hiç değişmediğini, seçilim etkisi altında ise müthiş bir hızla değişebileceğini gördük. İşte evrim budur! Evrim, popülasyon içindeki alel frekanslarının değişimidir. Evrim, mutasyonlar gibi çeşitlilik mekanizmalarınca yaratılan çeşitliliğin, seçilim mekanizmalarınca seçilip elenmesi sonucunda popülasyonda bazı genlerin, alellerin ve özelliklerin görülme sıklıklarının (frekanslarının) artıp azalmasıdır. Yoksa evrim, bir atın ineğe dönüşmesi, bir farenin yarasaya evrimleşmesi demek değildir. Evet, canlılar büyük skalada değişimler de geçirirler ve bunun örneklerini kitabın ilerleyen kısımlarında göreceğiz. Küçük değişimler, sıklıkla büyük farklılıklara yol açmaktadır, bunlara da yeri geldikçe örneklerle değineceğiz. Ancak evrimden söz etmek

için, illa büyük çapta değişimler görmemiz şart değildir. Canlıların değişimi, farklılaşması, türleşmesi burada anlattığım basit temelden başlar. Her evrimsel süreçte canlının dramatik bir değişim geçirmesi şart değildir. O canlının popülasyonundaki genlerin dağılım frekansları değişse bile bu, evrimin yaşandığını anlamamız için yeterlidir.

SONUÇ

Tekrardan altını çizmek gerekirse: Hardy-Weinberg Dengesi, 5 temel koşula dayanarak inşa edilmiştir. Bunların matematiksel analizi, her bir koşulun tek tek ihlal edilmesi halinde ortaya çıkacak durumlar incelenerek yapılmaktadır. Burada sizlere önce genel bir Hardy-Weinberg Dengesi çerçevesi çizdikten sonra, sadece mutasyonlar ve doğal seçilim ile ilgili durumları örnekleyerek basit birkaç analiz örneği gösterdim. Buna bağlı olarak, mutasyonların tek başlarına evrimin itici motoru olamayacağını, ancak seçilim ile mutasyon bir araya geldiğinde anlamlı değişimlerden söz edebileceğimizi öğrenmiş olduk. Kitabın matematik kitabına dönmemesi ve konudan fazlasıyla saparak evrimsel analiz kitabına dönüşmemesi için diğer koşulların ihlal edilmesinden doğan matematiksel durumlara yer vermiyorum. Ancak bunları yapacak olsaydık, seçilim mekanizmalarının etkisi altında türlerin ve tür içi alel frekanslarının sadece birkaç nesilde bile kökünden değişebileceğini görecektik; ki matematikle uğraşmayı sevenler için bunu ispatlamak hiç de zor olmayacaktır.

Bu bölümden, evrime dair temelde almamız gereken bilgi şudur: Mutasyon, yeni malzemeler yaratan çok etkili bir mekanizmadır; ancak türlerin anlamlı bir şekilde ortamlarına adapte olacak şekilde evrimleşmelerini sağlayamaz. Seçilim ise çeşitlilik yaratamaz; ancak mutasyonlar gibi çeşitlilik mekanizmalarının yarattığı varyasyonları (çeşitliliği) seçerek en uyumluların sayısının artmasını, diğerlerinin ise elenmesini sağlar. Bu iki mekanizma (ve evrimin diğer mekanizmaları) bir araya geldiğinde, evrim mekanizmaları en basit başlangıçtan, en karmaşık ve en güzel canlıların ortaya çıkmasını sağlayabilmektedir.

İşte evrimsel biyologlar ve popülasyon genetiği üzerine araştırmalar yürüten uzmanlar, burada ufacık bir zerresini aktarmaya çalıştığım matematiksel ve istatistiki analiz yöntemlerini kullanarak canlıların evrimlerine yönelik tahminlerde bulunmaya çalışırlar. Bunu yaparken sadece geleceği değil, geçmişi de masaya yatırır ve incelerler. Bu analiz yöntemlerini geliştirdikçe, sadece türlerin nasıl evrimleştiğini anlamakla kalmayacağız, aynı zamanda evrimin genel olarak nasıl bir mekanizmaya sahip olduğunu matematiksel olarak çok daha net bir şekilde ifade edebileceğiz. Bu keşiflerin de tek sonucu temel bilimler alanında olmayacak. Kitabımızın ilerleyen bölümlerinde göreceğiniz gibi, evrim gibi temel ve önemli bir doğa yasasının matematiksel analizi, mühendislik gibi hayatımızın içine işlemiş bilimleri de kökünden şekillendirebilecektir.

Bu ilk iki bölümde evrimsel biyolojinin temellerine pratik ve teorik bir bakış attık. Böylece konuyla ilgili belli bir altyapıyı sağlamış olduk. Şimdi, büyük oranda kronolojik bir süreci takip ederek evrimsel biyoloji ile ilişkili diğer bilim dallarına ve bunların evrimsel biyolojiden öğrendiklerine ve ona kattıklarına bakış atmaya başlayabiliriz. Bu yolculukta ilk durağımız Jeoloji olacak; zira biyolojik evrimi öğrenmek istiyorsak, öncelikle gezegenimiz Dünya'yı inşa etmeliyiz! Ancak bu bir sonraki bölümde sadece gezegenimizi tanımakla kalmayacağız; aynı zamanda yaşamın gezegenimizdeki kimyasal, biyokimyasal ve jeolojik temellerine de bütünsel bir bakış atacağız. Ayrıca, evrimin biyolojinin bir dalı haline gelmeden önce nasıl jeolojik bir teori olarak doğduğunu öğreneceğiz. Bu bölüm birazcık daha teorik olacak; bu nedenle kahvenizi alın, zihninizi açın ve bizimle gelin.

Daha yeni başlıyoruz...

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Arney, K. (2014). *How the zebra got its stripes, with Alan Turing.* Alındığı site: http://mosaicscience.com/story/how-zebra-got-its-stripes-alan-turingBateson, William (1894). *Materials for the Study of Variation Treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species.* London; New York: Macmillan & Co.
- Bohr, Harald (1952). "Looking Backward". Collected Mathematical Works 1. Copenhagen: *Dansk Matematisk Forening.* xiii–xxxiv.
- Brugada Syndrome. (2016). Alındığı site: https://ghr.nlm.nih.gov/condition/brugada-syndrome
- Carroll, Sean B. (2005). *Endless Forms Most Beautiful: The New Science of Evo Devo and the Making of the Animal Kingdom.* Illustrations by Jamie W. Carroll, Josh P. Klaiss, Leanne M. Olds (1. Baskı). New York: W.W. Norton & Company.
- Coates, M. (2005). *Why do most species have five digits on their hands and feet?* Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/why-do-most-species-have/
- Coop, G. (2011). *Graham Coop - UC Davis Lab Page.* Alındığı site: http://gcbias.org/Crow, J. (1999). Hardy, Weinberg and language impediments. *Genetics,* 152(3), 821-825. Alındığı site: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1460671/ Frazer, K. *et al.* (2008). A second generation human haplotype map of over 3.1 million SNPs. *Nature,* 449, 851-861. doi:10.1038/nature06258
- Freeman, S., & Herron, J. (2002). *Evrimsel Analiz.* Ankara: Palme Yayıncılık.
- Futuyma, D. (2008). *Evrim* (2. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık
- Gould, Stephen Jay (1977). *Ontogeny and Phylogeny.* Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
- HapMap Homepage. (2013). Alındığı site: http://hapmap.ncbi.nlm.nih.gov/
- Huxley, T.H. (1860). *Review of the Origin of Species.* Alındığı site: http://www.victorianweb.org/science/science_texts/huxley_review_of_origin.htmlKong, A., *et al.* (2012). Rate of de novo mutations and the importance of father's age to disease risk. *Nature,* 488, 471-475. Alındığı site: http://goo.gl/U1ROhb

- Kutschera, U. (2003). A comparative analysis of the Darwin-Wallace papers and the development of the concept of natural selection. *Theory in Biosciences*, 122(4), 343-359. Alındığı site: http://link.springer.com/article/10.1007/s12064-003-0063-6Laurin, M. (1998). A Reevaluation of the Origin of Pentadactyly. *Evolution*, 52(5), 1476-1482. Alındığı site: http://www.jstor.org/stable/2411316Leifchild, J.R. (1859). Review of 'Origin', *Athenaeum* (No. 1673). Alındığı site: http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=side&itemID=A506&pageseq=1Maynard Smith, John & Szathmáry, Eörs (1995). *The Major Transitions in Evolution*. Oxford, UK; New York: Oxford University Press.
- Mayr, Ernst (2002). *What Evolution Is*. London: Phoenix.
- Schneider, I., & Shubin, N. (2012). Making Limbs from Fins. *Developmental Cell*, 23(6), 1121-1122. http://dx.doi.org/10.1016/j.devcel.2012.11.011
- Simpson, George Gaylord (1944). *Tempo and Mode in Evolution*. Columbia Classics in Evolution (Reprint ed.). New York: Columbia University Press.
- *Stephen Hawking Looks Back*. (2013). Alındığı site: http://www.npr.org/2013/09/13/222101247/stephen-hawking-looks-back
- Stern, C. (1962). Wilhelm Weinberg. *Genetics*, 47, 1-5.
- Turing, A. (1952). The Chemical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 237(641), 37-72. doi:10.1098/rstb.1952.0012

BÖLÜM III

JEOLOJİ VE PALEONTOLOJİ

Yaşamın ve Biyolojinin Başlangıç Noktası![1]

Volkan Sarıgül

Jeoloji veya Türkçe adıyla yerbilimi (Eski Yunanca γῆ + λογος, *gē* "yer" + *logos* "öğreti, düstur"), yerkürenin ve diğer katı gökcisimlerinin oluşumu, yapısı ve süreçlerini inceleyen bilim dalıdır. Her ne kadar yerküre hakkındaki düşüncelerimiz daha eski zamanlara uzansa da, jeoloji kelimesi kayıtlara ilk defa İtalyan doğa bilimci Ulisse Aldrovandi (1522-1605) tarafından 10 Kasım 1603 yılında geçmiştir. Bu nedenle jeolojinin, bugünkü pek çok bilim dalından daha eski ve köklü bir bilim dalı olduğu söylenebilir.

Paleontoloji[2], jeolojinin yaşamın evrimiyle ilgilenen dalıdır. Fosil (veya taşıl) bilimi olarak Türkçeye aktarabileceğimiz paleontoloji (Eski Yunanca παλαιός + ὄν + λογος, *palaios* "eski (zamandan kalma)" + *on* "varlık" + *logos* "öğreti, düstur"), adı üzerinde, canlıların taşlaşmış kalıntıları veya izleri üzerinde çalışır. Paleontoloji biliminin temellerinin atıldığı yıllarda henüz tam anlamıyla bir Evrim Teorisi oluşmamış olduğundan, fosiller temel olarak içlerinde bulundukları kayaçları birbirleriyle ilişkilendirmekte (veya deneştirmekte) ya da jeolojik istifleri birbirlerinden ayırt etmekte kullanılmışlardır.

1 Bu bölümün ilgili kısımlarına sağladığı katkılardan ötürü Prof. Dr. A. M. Celâl Şengör'e ve bu çalışmaya beni dahil ederek metin içindeki bazı önemli konuların detaylandırılması için yönlendirmelerde bulunan editörümüz Çağrı Mert Bakırcı'ya teşekkür ederim. Bölüm içinde kullanılan "Evrim Teorisi" ve "Doğal Seçilim Teorisi/Kuramı" vurguları ile yazım bütünlüğü açısından bu bölümü kitabın diğer bölümlerine bağlayan geçişler editöre aittir.

2 İlk olarak Fransız doğa bilimci Henri Marie Ducrotay de Blainville (1777-1850) tarafından kullanıldığı kaynaklarda geçmektedir (bkz. Servais, T. ve diğerleri 2012, *Paleontology in France: 200 years in the footsteps of Cuvier and Lamarck*, Palaentologica Electronica 15(1), 12 sayfa).

Evrim ise zaman içindeki değişimi ifade eder. Dolayısıyla, zamanın aktığı, yani hareketin olduğu her yerde evrim de kaçınılmaz olarak vardır. Genellikle evrim denilince akla yanlış olarak sadece biyoloji gelir. Ancak jeoloji örneğinde görüldüğü üzere, yerküremiz canlılar (yani organizmalar) âlemini kıskandıracak kadar hareketli ve değişkendir. Dolayısıyla bu süreçler asla birbirlerinden ayrı olarak düşünülemezler.

Bu kısımda jeolojinin canlıların evrimi fikrine oluşturduğu temelin yanı sıra, kendi evrimsel sürecine ve yaşamın başlangıcına olan etkilerine de değineceğim. Kapsamı son derece geniş olan bu konular ile ilgili öne sürülen bütün görüşlere ve kaynaklara burada yer vermem maalesef mümkün değil. Bu sebeple, önemli noktaları tarihsel bir akış içinde ve olabildiğince sade bir dil kullanarak anlatmaya çalışacağım. Daha fazla bilgi edinmek isteyenler, hem bölüm boyunca verilen dipnotlardaki detaylı açıklamalardan faydalanabilirler, hem de konu hakkında yazılmış temel veya seçilmiş bazı eserlerin künyelerini bulabilirler (kitap ve makale isimleri *italik* yazılmıştır).

DÜNYA'NIN İÇ YAPISI

Jeoloji ve biyoloji, diğer doğa bilimi dalları gibi, yekpare doğa sisteminin birer parçasını temsil ederler. Fakat biyoloji bize sadece günümüz canlıları hakkında bilgi sağladığından dolayı evrimin tarihini anlamak yerkürenin tarihini, yani jeolojiyi, anlamaktan geçer. Bu sebeple önce yerkürenin oluşumu, yapısı ve evrimine bir özet geçmek gerekir.

Gezegenimiz, parçası olduğu Güneş Sistemi'nin geri kalanı ile birlikte yaklaşık 4.6 milyar sene önce oluşmuştur. Alışık olmayanlar için aklın sınırlarını zorlayan bu denli uzun bir geçmişin varlığı Dünya'ya düşmüş göktaşları (meteoritler) ve Ay'dan getirilen kaya örnekleri üzerinde yapılan radyometrik[3] yaş tayinleriyle sabittir.[4] Dünya'yı oluşturan malzemeler gezegenin yığışım sürecinde yoğunluklarına göre kümelenmişlerdir. Bu yoğunluk farkını gözeterek Dünya'yı üç ana katmana ayırıyoruz: çekirdek, manto ve kabuk. Merkezdeki çekirdek en yoğun malzemenin toplandığı yerdir. Büyük oranda demirden oluşan metalik bir yapıya sahiptir ve sahip olduğu yaklaşık 3400 kilometrelik yarıçap ile Dünya'nın yarıçapının (~6370 km) yarısından fazlasını teşkil eder. Çekirdek ayrıca gezegenin en yüksek sıcaklık ve basınç koşullarını barındıran bölgesidir. Temel kaynağı, içinde bulunan radyoaktif izotopların bozunmaları

3 Radyometri: Elektomanyetik ışınım ölçümlerini içeren teknikler bütünü.

4 Bu konudaki eski ama klasik bir makale için bkz. Patterson, C. 1956. *Age of meteorites and the Earth*, Geochimica and Cosmochimica Acta 10, 230-237. Radyometrik yaşlandırma ile Ay ve meteoritlerin nasıl yaşlandırıldığı hakkında bir başka klasik çalışma için bkz. Dalrymple, G. B. 1984, *How old is the Earth: A response to "scientific" creationism*, Proceedings of the 63rd Annual Meeting of the Pacific Division, Part 3, American Association for the Advancement of Science (AAAS), sayfalar 66-131.

sırasında açığa çıkan ısı olan çekirdeğin sıcaklığı 6000 santigrat derece civarlarındadır. Bu kadar yüksek sıcaklığa sahip olması nedeniyle dış kısmı sıvılaşmış olan çekirdeğin iç kısmı ise, daha dış katmanlarının uyguladığı korkunç yükseklikteki basınç sebebiyle katı halde bulunmaktadır.

Çekirdeği saran manto tabakası magnezyumca zengin silikat[5] kayaçlarından oluşur; bu kayaçların mantonun üst katmanlarında bulunanlarına peridotit denir. Manto kayaçları aslen katı halde bulunsalar da manto tabakasındaki yüksek sıcaklıktan dolayı plastik davranış gösterirler, yani "akarlar". Mantonun akışkan davranış sergileyen kısmına astenosfer (hamurküre) adı verilir. Çekirdeğe daha yakın olması sebebiyle astenosferin alt bölümü üst bölümüne göre daha sıcaktır. Isınan kayaçların yoğunluğu azaldıkça yüzeye doğru hareketlenirler; buna karşılık üst katmanlarda bulunan kayaçlar ısı kaybettikleri için yoğunlukları artar ve çökmeye başlarlar. Bu tıpkı ısınan havanın yükselmesi ve yerine soğuk havaya bırakmasına benzer. Aynı akışkanlarda (hava, su vs.) olduğu gibi, astenosferdeki bu çeşit harekete bağlı ısı aktarımlarına konveksiyon adı verilir. Mantonun sadece en üst tabakası astenosfere dahil değildir; bu tabaka üzerinde duran yerkabuğu ile birleşerek daha katı olan litosfer (taşküre) katmanını oluşturur. Astenosferden yükselen kayaçlar litosferin tabanında zayıf bir bölge bulduklarında oraya nüfuz ederler. Nüfuz edilen bölgedeki düşük basınç sebebiyle ergiyik hale geçen manto malzemesine magma adı verilir. Magma genellikle litosferin tabanında oluşturduğu haznelerde toplanır ve yeryüzüne doğru sokulumlar yaparak ilerler.

Yoğunluğu ortalama olarak 3.3 gr/cm^3 olan peridotitlere göre daha düşük yoğunluğa sahip, silisyum ve alüminyumca zengin kayaçlardan meydana gelen yerkabuğu, yeryüzünün en üstte duran katmanıdır. Bileşimsel olarak okyanusal kabuk (ortalama yoğunluk 3 gr/cm^3) ve kıtasal kabuk (ortalama yoğunluk 2.7 gr/cm^3) olmak üzere ikiye ayrılan yerkabuğunun oluşumu, magmanın farklılaşma sürecinin bir temsili sayılabilir. Farklılaşma, magmanın sıcaklığını kaybettikçe ergiyik içinde kalan en yoğun minerallerin katılaşarak magmatik kayaçları oluşturma sürecine verilen isimdir. Bu farklılaşma mekanizmasını anlamak için astenosferin en üst kısmından yola çıkan bir magma kütlesinin yüzeye doğru yaklaştığını varsayalım. Yükselen ve yükseldikçe soğuyan magma içinden ilk farklılaşan mineraller, yerkabuğunun manto kısmının kayaçları olan litosfer peridotitlerini oluştururlar. Ancak asıl farklılaşma işte bu andan itibaren başlar. Peridotit oluşturan malzemesi eksik olduğu halde yeryüzüne doğru ilerlemeye devam eden magma içinden ilk farklılaşan kayaç bazalttır. Peridotitlere nazaran alüminyum ve kalsiyum açısından zengin, siyah renkli bir magmatik kayaç olan bazalt, okyanusal kabuğu oluşturan temel kayaçtır. İçerisinden bazalt malzemesi de eksilen magma, eğer kalın bir yerkabuğu katmanına yerleşmiş ise yüzeye doğru daha fazla

5 Silikatlar, silisyum oksit bileşiklerinin çeşitli diğer elementleri yapılarına alarak oluşturdukları mineral grubunun ismidir. Bu minerallerden oluşan kayaçlara ise silikat kayaçları denir.

sokularak daha fazla farklılaşma ve yeni kayaçlar üretme şansı bulur. Bu farklılaşma silsilesinin en sonunda magmadan geriye kalan mineraller ise kıtasal kabuğun esas malzemesi olan ve yüksek miktarda sodyum ve potasyum içeren granit isimli nihai kayacı meydana getirirler.

Çekirdek ve manto ile mukayese edildiğinde incecik bir katman olan yerkabuğunun kalınlığı okyanusların tabanında 7 ila 10 kilometre arasında değişirken, kıtalardaki kalınlık 70 kilometreyi bulabilir. Buna yerkabuğunun tabanını teşkil eden manto bölümünün kalınlığını da eklersek ortalama olarak 100 ila 120 kilometre kalınlığında bir litosfer tabakası ile karşılaşırız. Litosfer tabakası irili ufaklı pek çok levhadan (veya plakadan) meydana gelir ve bu levhalar astenosferden yükselen konveksiyon akımları doğrultusunda aynı suyun üzerinde yüzen tahta parçaları gibi hareket ederler. Tektonik veya levha tektoniği işte bu levha harekelerini ve oluşturdukları jeolojik yapıları inceleyen bilim dalıdır. Tektonik sadece levha hareketleri ve bunların doğrudan sonuçları olan depremlerle ilgilenmekte kalmaz, aynı zamanda çekirdekten gelen ısının yönettiği magmatizma ve metamorfizma[6] gibi yerkürenin iç süreçleri ile enerjisini Güneş'ten alan, iklimsel ve astronomik faktörlerle doğrudan bağlantılı bulunan aşınma (erozyon), taşınım ve çökelim (sedimantasyon) gibi dış süreçleri arasındaki ilişkileri anlamamıza da yardımcı olur.

JEOLOJİK EVRİM MEKANİZMALARI

Daha önceki bölümlerde evrim algoritmasının biyolojik evrimin ötesinde de çalıştığından bahsetmiştik. Şimdi gelin, yaşamı başlatma gücüne sahip biyolojik ve kimyasal süreçlerin öncülü olan ve temelde tektonik süreçler üzerinden yürüyen jeolojik evrim mekanizmalarına bir göz atalım.

Çekirdekten yayılan enerjinin manto içinde yarattığı konveksiyon akımları ve bu akımların yeryüzündeki tezahürü olan tektonik hareketler Dünya'yı dinamik ve evrilen bir gezegen halinde tutmaktadır. Gezegenimizin jeolojik evriminin hikâyesi ise bütün bu hareketlerin izlerinin kayıtlı olduğu tek kaynağımız olan yerkabuğunu kayaçlarının incelenmesiyle anlaşılabilir.[7] Peki, yerkabuğunun evrimi nasıl başladı? Bu soruyu iki ardışık aşamada cevaplamak yerinde olur. İlk önce yerkabuğunun bugünkü bileşimine nasıl ulaştığı ile başlayalım.

Dünya üzerinde ilk kayaçların oluştuğu ilk birkaç yüz milyon yıl hakkında elimizde fazla kanıt kalmamış olsa da[8], bu zaman dilimi içinde ilk bazalt

6 Jeolojide kayaçların sahip oldukları mineral ve dokuların sıcaklık ve/veya basınç etkisiyle değişime uğraması olayı (İng. Metamorphism).

7 Gezegenimizin oluşumundan itibaren geçirdiği jeolojik evrimi olabildiğince sade bir dille anlatan güzel bir kitap için bkz. Hazen, R. M. 2012. *The Story of Earth*, Penguin Books.

8 Yerkürenin ilk 500 milyon senelik bölümünü kapsayan Hadeyan (İng. Hadean) Çağı hakkında bildiklerimiz çok kısıtlıdır. Kabul edilen, bu çağda Dünya'nın ve uydusu Ay'ın ağır bir meteor bombardımanı altında olduğudur. Bu bombardımanın yaklaşık 3.9 milyar yıl önceki şiddetli son

kabuğun oluştuğu ve konveksiyon akımlarının bu kabuğu parçalayıp hareket ettirmesi ile ilk levha tektoniğinin başlamış olabileceği düşünülmektedir.[9] Yüzey sıcaklığının suyun sıvı halde bulunabileceği seviyeye düşmesinin de bu zaman diliminde gerçekleştiği hakkında bulgular vardır. Bugün dünya üzerinde bildiğimiz en yaşlı kayaçlarını bulunduran ve tektonik deformasyonlardan yalıtılmış kraton[10] isimli bazı birimler mevcuttur. Bu kratonlardan Batı Avustralya'da bulunan Yılgarn Kratonu üzerinde yaklaşık 4.4-4.3 milyar yıl öncesine tarihlenen zirkon mineralleri keşfedilmiştir.[11] Zirkon, yerkürenin en dayanıklı birkaç mineralinden biridir ve kristal yapısında uranyum bulundurması sebebiyle yaşlandırma analizlerinde sıkça kullanılır. Bu denli eski bir zirkon minerali, keşfi kadar sonuçlarıyla da ön plana çıkar. İlk olarak ne denli eski bir gezegende yaşadığımızın dolaylı bir göstergesidir; fakat daha önemlisi, zirkonun oluşabilmesi için gereken sıvı suyun bu dönemde ortamda var olduğunu göstermektedir. Sıvı suyun yerkabuğunun evrimi için önemi, biraz önce bahsettiğim bazaltın ergime sıcaklığını 1200 santigrat derecelerden 700 santigrat derecelere kadar düşürmesi ve dolayısıyla granit ve diğer magmatik kayaçları oluşabilmesi için gereken koşulları yaratmasıdır. Dolayısıyla ilk granit ve ilk kıta kabuğu da yine yerkürenin bu erken safhasında ortaya çıkmış gibi görünmektedir. Görülebileceği gibi bir gezegende suyun var olması biyolojik evrimden önce jeolojik evrim ile ilişkilidir.

Şimdi cevabımızın ikinci ayağına, yani kıtaların bugünkü konumlarına nasıl ulaştıklarına gelelim. Sahi, kıtaların bir zamanlar farklı konumlarda olduklarını nereden biliyoruz? Bu sorunun cevabı için modern tektonik anlayışına giden yolda birincil öneme sahip yer şekilleri olan dağlara ve dağ oluşum kuramlarına bakmamız gerekir.

Hem sürekli bir aşınmaya maruz kalmaları nedeniyle kayaç katmanlarını incelemeye imkân tanıyan yüzlekler vermelerinden, hem de çoğu kez sağladıkları hammadde kaynakları sebebiyle dağların yapısı her zaman için ilgi çekici bir konu olmuştur. Bütün barındırdıklarının ötesinde dağları oluşturan kayaç tabakalarının içinde deniz hayvanlarına ait kabuk ve diş fosillerinin de bulunmuş olması, bunu ilk fark eden insanlar için oldukça şaşırtıcı olmuş olmalıdır.

---

aşamasından sonra bittiği, hem Ay kraterlerinden elde edilen bulgular hem de dünya üzerinde geniş çaplı kayaç oluşumlarının bu zamana denk gelmesiyle desteklenmektedir.

9 Hazen 2012, adı geçen eser, özellikle 71'den 74'de kadar olan sayfalar.

10 Kraton, kıtasal litosferin yaşlı ve stabil parçalarına verilen isimdir. Rift oluşumu ve kıta kayması süreçlerinden başarıyla "sağ çıkmayı" başaran bu jeolojik bölgeler, genellikle tektonik plakaların iç kısımlarında bulunurlar. Genellikle kristalize olmuş zemin kayaçlarından oluşurlar. Sıklıkla daha genç çökel kayaçlarınca kaplanmış halde bulunurlar. Genellikle kalın bir kabuğa ve derin litografik köklere sahiptirler. Bu kökler, yüzeyin yüzlerce kilometre altına, kimi zaman gezegenimizin manto tabakasına kadar uzanabilmektedir.

11 Bu konu hakkında aynı yılda ve peşpeşe yayımlanan iki makale için bkz. Wilde ve diğ. 2001. *Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago*, Nature 409:175-178; Mojzsis ve diğ. 2001. *Oxygen-isotope evidence from ancient zircons for liquid water at the Earth's surface 4,300 Myr ago*, Nature 409:178-181.

Bugünkü akrabaları denizlerde ve okyanuslarda yaşamakta olan bu hayvanlar, en yakın su kütlesinden bu kadar uzakta ve bu denli yüksek irtifada yaşıyor olamazlardı. Dolayısıyla en mantıklı açıklama dağları oluşturan kayaçların bir zamanlar deniz tabanında çökelmiş ve bir şekilde yükselerek bugünkü dağları oluşturmuş olmalarıydı. Peki ama nasıl?

Bu yükselmenin nasıl cereyan ettiği hakkında 19. ve 20. yüzyıl jeologları bir hayli kafa yormuşlardı.[12] Dağ oluşumları hakkında ilk görüşler, ileride coğrafi türleşmenin fikir babası olarak da tanıyacağımız Leopold von Buch (1774-1853) gibi kimi jeologların da belirttikleri üzere, yerkürenin derinliklerinden gelen ısıdan beslenen magma sokulumlarının yerkabuğunu şişirerek yükselttiği yönündeydi. Ancak arazi gözlemleri, dağların iç yapısının bir falez veya kanyon gibi düzenli değil eğimli ve kıvrımlı tabakalardan oluştuğunu gösteriyordu. Dolayısıyla sadece dikey eksende gerçekleşecek bir yükselme dağ oluşumunu açıklamaya yetmiyordu; aynı zamanda tabaka yapısında gözlemlenen yatay yönlü sıkışmaları da açıklamak gerekiyordu.

19. yüzyılın etkili jeologlarından Léonce Élie de Beaumont (1798-1874) yerkürenin zaman içinde soğuyarak ilk oluştuğu dönemdeki sıcaklığını kaybettiğini ve bir meyve kurusuna benzer bir şekilde buruşup küçüldüğünü düşünüyordu.[13] Bu teoriyi dile getiren ilk kişi olan Élie de Beaumont, yerkabuğundaki buruşmaların neden olduğu sıkışmalar neticesinde kayaç tabakalarında bir anda meydana gelen kıvrımlanma ve yükselme ile dağların şekillendiğini savunuyordu.

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren James Hall (1811-1898), James Dwight Dana (1813-1895) ve Eduard Suess (1831-1914) gibi önemli jeologların etkisiyle aşınma ve çökelim gibi dış süreçler dağ oluşumunda en az magmatizma kadar etkili olarak kabul edilmeye başlandı. Özellikle Dana'nın isim babalığını yaptığı ve devasa kalınlıktaki çökellerin ağırlığı ile zayıflayan havza tabanlarının yerkürenin yatay büzüşme kuvvetlerine engel olamaması sonucu bu çökel istiflerinin bir anda sıkışıp yükselerek dağlara dönüştüklerini savunan jeosenklinal[14] teorisi, levha sınırlarının keşfedildiği 20. yüzyılın ortalarına kadar tektonikçilerin kafasını epeyce meşgul etmişti. Beaumont ve Dana'nın fikirlerini takip eden tektonik

12 Dağ oluşumları ve modern tektonik kuramına giden yol konusunda referans alınabilecek en yetkin bilim insanlarından biri olan Celal Şengör'ün yayımlarından bazıları için: Şengör, A. M. C. 1982. *Eduard Suess's relations to the pre-1950 schools of thought in global tectonics*, Geologische Rundschau 71, 381-420; aynı yazar 1990, *Plate Tectonics and Orogenic Research after 25 years: a Tethyan Perspective*, Earth-Science Reviews 27:1-201; aynı yazar 1999, *Continental interiors and cratons: any relation?*, Tectonophysics 305:1-42; aynı yazar 2003, *The large-wavelength deformations of the lithosphere*, The Geological Society of America Memoir 196.

13 Élie de Beaumont'un ısıl büzüşme (İng. Thermal contraction) görüşü esasen Pierre-Simon Laplace (1749-1827), William Herschel (1738-1822) ve Jean-Baptiste Joseph Fourier'nin (1768-1830) çalışmalarıyla ortaya çıkan, her ısınmış nesne gibi gezegenimizin de ilk ısısını oluşumundan itibaren zaman içinde kaybettiğini öne süren ve termodinamik çalışmaların öncülü sayılabilecek bulutsu kuramından (İng. Nebular hypothesis) ilham alınarak geliştirilmiştir.

14 Türkçeye "yertekne" olarak da çevrilen teori (İng. Geosyncline).

ekolü, sadece jeosenklinal alanlarının eğilip bükülebildiği durağan bir yerküre hayal etmişlerdi; sabit varsayılan "kıtaların" ise ısı durumlarına bağlı olarak bazılarının yüzeyde, diğerlerinin de okyanusların altında kaldıkları kabul ediliyordu.

Ancak, 20. yüzyılın şafağında keşfedilen radyoaktivite ve bu yeni kavram üzerine yapılan çalışmalar Dünya'nın iç ısısının radyoaktif bozunmalar sonucu ortaya çıkan enerjiden beslendiğinin anlaşılmasını sağlamıştı. Dünya'nın çok hızlı bir içsel soğuma sürecinde olduğu teorisinin bu sayede çürütülmesiyle rafa kalkan ısıl büzüşme teorisi, halihazırda kendi içinde bile çokça pürüz bulunduran jeosenklinal kuramında derin bir yara açmıştı. Ne var ki bu kurama vurulacak öldürücü darbe yine kendi içinden, yani jeolojik ve paleontolojik bulgulardan gelecekti. Örneğin, keşfedildiği yıllardan itibaren Güney Amerika'nın Atlas Okyanusu'na bakan kıyı şeridinin tam karşısındaki Afrika kıyı şeridi ile oluşturduğu olağandışı örtüşme, 20. yüzyılda artık kendini iki kıtanın kayaç ve fosil bulgularında da iyiden iyiye göstermeye başlamıştı. Afrika'nın güney kesiminden çıkarılmış iki omurgalı fosili olan *Mesosaurus* (Mesozorus diye okunur) ve *Cynognathus*'un (Saynonatus diye okunur) Güney Amerika'da da keşfedilmesi geniş yankı uyandırmıştı. İlki bir tatlı su dörtayaklısı, ikincisi ise 3 metre uzunluğunda bir karasal dörtayaklı olan bu omurgalı hayvanlar Atlas Okyanusu'nu nasıl aşmış olabilirlerdi? Aynı şekilde, karada yaşayan ve domuz boyutlarında bir dörtayaklı olan *Lystrosaurus* (Listrozorus diye okunur) fosilleri hem Afrika hem de Hindistan'da ortaya çıkarılmış; *Glossopteris* (Glossoteris diye okunur) isimli dil şekilli yapraklara sahip bir bitkinin fosilleri ise Güney Amerika, Afrika, Hindistan ve Avustralya'yı içine alan büyük bir coğrafya içinde kaydedilmişti (bu iki cinse ait fosiller daha sonraları Antarktika'da da keşfedilecekti). Aradaki koca okyanuslara rağmen böyle bir dağılım nasıl mümkün olabilmişti? Acaba kıtalar arasında bir zamanlar kara köprüleri mi vardı? Yoksa zannedilenlerin aksine Dünya zaman içinde şişerek genişliyor ve karaları birbirinden ayrı mı düşürüyordu? Açıkçası bu durum, meşhur hikâyedeki bir avuç körün bir fili betimlemeye çalışmasına benziyordu...

Derken cevap hiç beklenmedik bir yerden, kariyerine meteoroloji ile başlayıp sonradan jeolojiye merak salan Alfred Lothar Wegener'den (1880-1930) geldi. Wegener, o döneme kadar elde edilmiş olan tüm verileri birleştirerek yerkürenin bir zamanlar Pangea isimli tek bir süperkıta halinde olduğunu ve bugünkü kıtaların Pangea'dan koparak zaman içinde mevcut konumlarına ulaşmış oldukları sonucuna vardır.[15] Fikir olarak çağının ilerisinde olmasına ve yine aynı yıllarda konveksiyon akımlarının kıta hareketlerine olan etkileri tartışılmaya başlanmasına rağmen Wegener, bu teorisini destekleyecek sağlam mekanizmalar öne süremediği için bilim camiası tarafından yetersiz bulundu ve çok sert eleştiriler aldı.

15 Yerküre üzerinde var olmuş tek süperkıtanın Pangea olduğunu sanıyorsanız yanılıyorsunuz. Pangea'dan evvel 3 veya 4 süperkıtanın daha jeolojik zaman içinde oluşup daha sonrasında parçalara ayrıldıklarını hakkında bulgular mevcut.

Yine de Wegener'in sayıca az da olsa destekçileri vardı. Bunların başında Güney Amerika ve Afrika'nın kayaç, fosil ve maden bakımından korelasyonuna büyük katkılar koymuş olan jeolog Alexander du Toit (1878-1948) gelmekteydi. Bir diğer destekçisi ise tektonizma üzerine çalışan jeolog Émile Argand (1879-1940) idi. Argand, uzun seneler çalıştığı Alplerde dağ sıralarına paralel doğrultuda gelişmiş bazı atımlar olduğunu keşfetti. Bu atımlar yerkabuğunda herhangi bir uzama veya kısalmaya yol açmayan yanal hareketlerin de olabildiğini göstererek Wegener'in bahsettiği kıta kaymaları için eksik olan mekanizmanın önemli bir parçasını ortaya koyuyordu. Ama levha tektoniği eğer bugün hâlâ geçerli ise, bütün bu bilgileri tamamlayacak faal levhaların kanıtlarına ulaşmak şarttı.

Bu kanıtlar ise ancak denizaltı teknolojisinde büyük atılımlar yapılan İkinci Dünya Savaşı yılları ve sonrasında gelebildi. Düşmana yakalanmamak için Atlas Okyanusu'nun derinliklerinde dolaşan denizaltılar, okyanusun dibinde koca bir dağ sırası bulunduğunu keşfetmişlerdir. Savaş sırasında pek üzerine düşülemeyen bu bulguların özellikle 1950'li ve 60'lı yıllarda ciddi bir biçimde çalışılması sonucu okyanusun dibindeki devasa sırtların Eski ve Yeni Dünya kıtalarını ayıran bir levha sınırı olduğu anlaşıldı. Temel mekanizmayı ortaya koyamamış olsa da Wegener'in haklı olduğu ortaya çıkmıştı, kıtalar gerçekten de hareket halindeydiler! 1970'lere gelindiğinde artık levha tektoniği geçerli bir kurama dönüşmüştü ve dünyanın dört bir tarafındaki jeologlar yeryüzünü şekillendiren bu levhaların sınırlarını hem okyanuslar, hem de karalar üzerinde belirlemeye başlamışlardı.

Günümüzde, üzerinde yaşadığımız yerkabuğu 8 büyük levha ve pek çok daha ufak levhadan meydana gelmektedir[16] ve tüm bu levhalar üç grup içinde sınıflanır. Eğer bugünkü Atlas Okyanusu boyunca görüldüğü gibi levhalar birbirlerinden uzaklaşıyorlar ise bunlara *iraksak levhalar* denir. Iraksak levha sınırları, okyanus ortası sırtları[17] denen isostatik olarak yükselmiş sırtlar barındırırken, aralarındaki yayılma merkezleri[18] denen aralıktan da bazalt bileşimli magma yüzeye yerleşip yeni okyanus tabanlarını oluşturur. Yeni okyanus tabanlarının yayılma hızları değişkenlik gösterebilir. Örneğin, Amerika kıtalarının Avrupa ve Afrika kıtalarından ayrılma hızı yılda birkaç santimetre kadarken, Büyük Okyanus'un güneydoğu kısmında bulunan okyanus ortası sırtlarındaki ayrılma hızı yılda 15 santimetrenin üzerindedir.

Öte yandan, eğer iki levha birbirlerine doğru hareket ediyorlarsa bunlara *yakınsak levhalar* adı verilir. Yakınsak levha sınırlarını daha iyi anlayabilmek için bu bölümün başında bahsettiğim kayaç yoğunluklarını aklınıza getirin. Peridotitten granite doğru giderken, aynı Dünya'nın yığışmasında olduğu gibi,

16 Avrasya levhası, Afrika levhası, Hindistan levhası, Avustralya levhası (kimilerine göre bu iki levha Hint-Avustralya levhası olarak beraber sayılır), Antarktika levhası, Pasifik levhası, Kuzey Amerika levhası ve Güney Amerika levhası bu sekiz ana levhayı oluşturmaktadır. Diğer ufak levhaların sayısı ise araştırmacıların kullandıkları kriterlere göre değişmektedir.

17 İng. Mid-ocean ridges.

18 İng. Seafloor spreading center.

çok yoğundan az yoğuna doğru bir silsile oluştuğuna dikkat etmişsinizdir. Bu yoğunluk farkı yakınsak levha tektoniğini mümkün kılan etmenlerden birisidir. Bir okyanus ve bir kıta kabuğunun çarpıştığı durumlarda, az yoğun olan granitçe zengin kıta kabuğu yüzeyde kalırken, daha yoğun olan bazalt okyanus kabuğu levha sınırından itibaren mantoya doğru dalar. Söz konusu dalmanın gerçekleştiği yakınsak levha sınırları derin bir hendek ile başlayıp astenosfere doğru uzanan ve dalan levhanın geçirdiği ergime süreçlerini içeren dalma-batma kuşaklarını[19] oluşturur. 10 kilometreden fazla derinliğiyle bugünkü okyanusların en derin noktası olan Mariana Hendeği de böyle bir dalma-batma kuşağının parçasıdır. Mantoya doğru dalan bazalt kabuğun ergimesiyle oluşan magma ise üstte kalan kıta kabuğuna sokularak volkanlar meydana getirir. Büyük Okyanus'un tabanındaki levhalardan biri olan Nazca levhasının Güney Amerika levhasının altına dalmasıyla oluşan And Dağları, bu şekilde oluşmuş en tipik volkanik sıradağ örneklerinden biridir. Peki eğer batan okyanusal kabuğun peşinden sürüklediği bir kıta kabuğu var ise ne olacak? Sürüklenen kıta kabuğu, yaklaşık eş yoğunluğa sahip olan öbür kıta kabuğunun altına tam olarak dalamadığı için ona bindirir ve yükselmesine sebep olur. Bu tip tektonik yapılara kenet kuşakları[20] adı verilir. Bu yükseltiler, bizdeki Torosların da dahil olduğu Alp-Himalaya kuşağı gibi levha bindirmeleriyle oluşmuş ve volkanik kökenli olmayan büyük sıradağ sistemlerini meydana getirirler.

Üçüncü ve son olarak eğer iki levha birbirlerine göre yanal yönde hareket ediyorlarsa bunlara *transform levhalar* adı verilir. Transform levhalar birbirleriyle aynı doğrultuda ama zıt yönlerde hareket etmeleri sonucu sağ veya sol yanal atımlar gösterirler. Ülkemizdeki meşhur Kuzey Anadolu Fay Hattı bu tip levha sınırına iyi bir örnek oluşturur. Yılda ortalama 2.5 santimetrelik bir hızla ilerleyen bu sağ yanal atımlı sistem[21], diğer doğrultu atımlı sistemler gibi yüzeyden ilerleyen fay hatlarından oluşur. İnsan yerleşimleriyle doğrudan temas halinde olan bu yüzey kırıklarının ne kadar tehlikeli olabilecekleri yakın geçmişte yaşadığımız Gölcük ve Düzce depremleri ile bir kez daha görülmüştür.

TEKTONİZMA: YAŞAMI MÜMKÜN KILAN JEOLOJİK SÜREÇLER

Jeoloji ve evrimin tarihine daha detaylı bir şekilde geçmeden önce, jeolojiyle ilgili çok temel ve değinilmezse eksikliği hissedilecek bir konudan söz edelim: Tektonizmanın yaşamın başlangıcı üzerindeki etkileri. İlk bakışta belki anlaması ve kabul etmesi güç gelebilir ama tektonik faaliyetler yaşamın nasıl ortaya çıkmış olabileceğini açıklayan en makul teori olarak öne çıkmaktadır.

19 İng. Subduction zone.

20 İng. Suture zone.

21 Şengör, A. M. C. ve diğerleri 2005. *The North Anatolian Fault: A new look.* Annual Review of Earth and Planetary Sciences 33:37-112.

Yaşamın nasıl başladığı sorusu da, tıpkı dünyanın nasıl oluştuğu gibi insanların en başından beri merak ettikleri soruların arasındadır; dolayısıyla bu soruya aranan cevapların tarihi de eskilere uzanmaktadır. Örneğin, elimize ulaşan en eski kayıtlar, antik dönemlerde yaşayan insanlar arasında hayvanların nemli topraktan veya çamurdan bir anda, kendiliğinden oluşuverdiklerine yönelik yaygın bir kanı olduğuna işaret ediyor.[22] Bu durum, eski zamanlardaki insanların da tıpkı bizlerin yaptığı gibi gözleme dayalı çıkarımlarla doğayı anlamaya çalıştıklarını göstermektedir. Özellikle de kurbağa veya solucan gibi küçük hayvanların hayatlarının büyük bir kısmını bu gibi ortamlarda geçirdikleri ve yeterince büyüyüp, zamanı geldiğinde yine bu ortamdan "birdenbire" yeryüzüne çıktıkları düşünülürse, toprağın bir "yaratıcı unsur" olduğunun zannedilmesi de doğal karşılanmalıdır. Yaşamın yapıtaşlarının ve onu meydana getiren süreçlerin bu dönemlerde bilinmemesi, canlıların doğruca topraktan "doğdukları" şeklinde tasavvur edilmelerine sebep olmuştur. Doğrudan oluşum teorisi[23] olarak nitelendirebileceğimiz bu görüş, aslında ilkel bir inorganik oluşum fikri olarak düşünülebilir. Buna karşılık, yaşamın içinde inorganik yapıtaşları olsa da, aslen organik süreçler sonucu ortaya çıktığı görüşü ise 19. yüzyıla kadar şekillenememiştir. Bu gecikmenin sebebi, organik oluşum görüşü için gereken biyolojik gözlemlerin ancak o dönemde tamamlanabilmiş olmasıdır.

Bir canlının nasıl oluştuğu hakkındaki ilk bilgiler, doğal olarak, üreme sistemleri üzerine yapılmış gözlemlerle elde edilmiştir. Tamamen çıplak gözle yapılan incelemelere dayanan ve Aristo'dan (M.Ö. 384-322) William Harvey'e (1578-1657) kadar süregelmiş olan klasik görüş bütün canlıların yumurtadan geliştiğini öne sürmekteydi.[24] Uzun zaman doğru kabul edilmiş olan bu görüşe ilk itirazlar ise mikroskobun icadından sonraki döneme rastlar. İlk mikroskobu üreten Antonie van Leeuwenhoek'in (1632-1723) öğrencisi olan Nicholaas Hartsoeker (1656-1725) spermleri mikroskop altında inceledikten sonra, bu hareketli yapıların içlerinde küçük insancıkların veya hayvancıkların olması gerektiğini düşünerek önoluşumculuk[25] denen akımın temellerini atmış oldu. Buna göre bir adamın doğacak çocuğu, o adamın sperminin içinde tam gelişmiş bir bebek olarak durmaktaydı; o bebeğin daha ileride doğacak olan çocuğu da onun sperminin içinde hazır beklemekteydi. Bir başka değişle, bir adamın doğacak olan tüm çocukları ve torunları, bir Matruşka bebeği veya bir kuru soğanın iç tabakaları misali, spermlerin içinde sonsuz bir

22 Daha sonrasında diğer Doğu Akdeniz uygarlıklarına da sirayet etmiş olan nehir taşkınlarından geriye kalan çamurdan oluşan canlılar efsanesi, her ikisi de birer nehir uygarlığı olan Eski Mısır ve Babil geleneğinden çıkmış gibi görünmektedir (bkz. Guthrie, W. K. C. 1962. *A History of Greek Philosophy*, cilt 1, 58'den 60'a kadar olan sayfalar).

23 İng. Spontaneous generation (veya Fr. Génération spontanée).

24 Latince tabiriyle "*omni vivo ex ovo*", yani "tüm yaşam yumurtadan gelir".

25 Önoluşumculuk (İng. Preformationism), adı üzerinde gelecek tüm nesillerin halihazırda oluşmuş olduğunu öne süren görüştür. Hartsoeker'in bu insancıkları (homonculus) veya hayvancıkları (animalculum) gerçekten görmediğini, sadece var olduklarını zannettiğini daha sonradan yayımlanmış bir çalışmadan öğreniyoruz (bkz. Hall, K.A. 1985, *Hartsoeker's homonculus a corrective note*, Journal of the History of the Behavioral Sciences 21:178-179).

silsile olarak iç içe durmaktaydılar. Benzer şekilde, bazıları da aynı silsilenin erkeğin sperminde değil kadının yumurtalarında bulunduğunu iddia etmekteydi.

Öte yandan, René Descartes (1596-1650) ve Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) gibi, embriyonun eril ve dişil sıvıların[26] bir araya gelmesiyle oluştuğunu düşünenler de yok değildi. Embriyoyu oluşturan bu özel yapıların varlığından hareketle, canlılara has "yaşayan" moleküller olduğu fikri de ilk defa Maupertuis'nin çağdaşı Comte de Buffon (1707-1788) tarafından üretilmişti. Buffon, canlıları oluşturan bu özel parçacıklara organik moleküller[27] adını vermişti; ama bu "organik" molekülleri bugün bizim bildiğimiz anlamda değil, doğadaki tüm diğer atom ve moleküllerden ayrı, bağımsız ve sadece canlıları meydana getiren tipte moleküller olarak kurgulamıştı.[28] Zaten belki de bu sebeple, temel organik moleküllerden başlayıp daha karmaşık yapılara doğru evrimleşen bir model Buffon'un kafasında hiç oluşmamıştı. Buffon ilk canlıların, doğrudan oluşum fikrine benzer şekilde, belirli "oluşum merkezlerinde" bir anda ortaya çıkarak yeryüzüne dağıldıklarını ileri sürmüştü.

Buffon'un bu ifadelerinden yaklaşık bir yüzyıl sonra doğrudan oluşum teorisinin Louis Pasteur (1822-1895) tarafından yanlışlanması, yaşamın gerçekten de kendine özgü bir mekanizması bulunduğu fikrini daha da güçlendiren etmenlerden birisi olacaktı.[29] Pasteur'ün dışarıdan girişlerin önünü kesecek şekilde eğri boyunlu bir kapta ısıttığı yemek suyunun içinde hiçbir mikroskobik canlı tespit edemediği meşhur deneyi, cansız şeylerden canlı oluşumunun mümkün olmadığını düşünenlerin lehine kesin bir zaferle sonuçlanmış[30] ve daha sonradan biyogenez olarak anılacak olan canlıların organik yapıtaşlarının birleşmeleriyle oluştukları teorisine temel teşkil etmişti. Fakat her şeye rağmen bu katı organikçi görüş ilk canlıların nasıl meydana geldiklerini açıklamakta yetersiz kalmaya devam etmekteydi.

Charles Darwin'in (1809-1882) yaşamın "küçük, ılık bir gölde" başlamış olabileceği fikri hem organik hem de inorganik kaynaklı yaşam fikirlerine yeni

26 Maupertuis, embriyonun çiftleşme sırasında salgılanan sıvıların birleşiminden meydana geldiğini düşünmekteydi. Birleşenlerin sıvılar değil, eril ve dişil üreme hücreleri olduğu ancak 19. yüzyılda embriyoloji biliminin kurulmasından sonra anlaşılabilecekti.

27 Fr. Molécules organiques.

28 Organik moleküller fikri, kökleri daha eskilere uzanan ve canlılar dahil tüm varlıkların daha ufak parçalardan oluştuğu görüşünden türemiş bir fikirdir (bkz. Ibrahim, A. 1987, *Moule intérieur et les théories sur génération au XVIII. siècle*, Archives de Philosophie 50:555-580). Buffon'un organik ve inorganik moleküller ayrımı, kendinden sonra gelen iki önemli bilimadamı olan Jean Baptiste de Lamarck ve Georges Cuvier'nin fikirlerine de doğrudan tesir etmiş; canlı ve cansız varlıkları Lamarck "corps vivant" ve "corps inorganique" olarak, Cuvier ise "corps organizé" ve "corps brut" olarak nitelendirmiştir.

29 Bugün artık kült bir bilim serüvenine dönüşmüş olan doğrudan oluşum fikrinin hikâyesi bilim tarihini konu alan pek çok kitaptan okunabilir. Hal Hellman'ın 1998 basımı *Great Feuds in Science* kitabının dördüncü kısmı merak edenler için tavsiye edilir. Bu eserin Türkçe çevirisi *Büyük Çekişmeler* başlığıyla Tübitak Popüler Bilim Yayınları'ndan çıkmıştır.

30 Latince tabiriyle "*omni vivo ex vivo*", yani "tüm yaşam (oluşmuş olan) yaşamdan gelir".

bir boyut kazandırmıştı. İleride Doğal Seçilim Teorisi'ni detaylandırırken de göreceğimiz gibi, adım adım ilerleyen küçük değişimler içeren teorisini yaşamın başlangıcına da uyarlayan Darwin, 20. yüzyılda yaşamın başlangıcı hakkındaki en çok bilinen teori olan ilksel çorba[31] teorisinin temellerini atmıştır. İlksel çorba teorisi, ilksel (oksijensiz) atmosfer ve yerkabuğunun sıvı su bulundurabilecek kadar soğuduğu koşullarında organik (yani karbon temelli) moleküllerin doğal yollarla birbirlerine bağlanıp ilk organik bileşikleri ve sonuç olarak ilk canlıları meydana getirdikleri şeklindeydi. Canlıların proteinler ve karbonhidratlar gibi temel bileşiklerden oluştukları kesindi; ancak bu görece karmaşık yapılara temel molekülerden nasıl ulaşılabildiği hakkında 1920'lerde yayımlanan iki makale uzmanlar arasındaki temel bir fikir ayrılığına işaret etmekteydi. Bu makalelerden ilki Alexander Ivanovich Oparin'e (1894-1980) aitti.[32] Oparin, basit organik bileşiklerin doğrudan doğruya gezegenin yüksek sıcaklığa sahip ilk atmosfer koşullarında gaz halde bulunan karbon tarafından oluşturulduklarını, yüzey şartları sıvı su bulundurabilecek hale geldikten sonra da bu duraysız (kimyasal olarak dengesiz) basit bileşiklerin yağmurlarla su birikintilerinin içinde birikerek kendi kendilerine daha karmaşık yapılara dönüştüklerini düşünüyordu. Oparin'in bu Darwinvari fikirlerine karşılık, ikinci makalenin sahibi olan John Burdon Sanderson Haldane'in (1892-1964) kafasında başka bir model vardı.[33] Oparin'den farklı olarak Haldane, Dünya'nın ilk zamanlarında atmosferdeki karbonun bir inorganik karbon bileşiği olan karbondioksit (CO_2) şeklinde var olduğunu ve organik karbon moleküllerin karbondioksitten köken aldıklarını söylüyordu. Haldane'in ikinci önemli görüşü ise su birikintilerinde toplanmış olan organik bileşiklerin kendi enerjileriyle değil, Güneş'ten gelen morötesi ışınların enerjisiyle birbirlerine bağlanmalarıydı. Dolayısıyla Haldane, organik moleküllerin evrimi için ilk defa bir çeşit metabolik etkinin varlığını öne sürmüş oluyordu. Buffon'dan bu yana gelen organik ve inorganik ayrımı, sırasıyla Oparin'in önce yapıtaşlarının oluşmasını gerektiren tezi ve Haldane'in metabolizmayı esas alan görüşleri ile yeni bir bilimsel tartışmanın önünü açmış oluyordu...

Yüzyılın ortalarında, gezegen oluşumu ve atmosfer konusunda önemli çalışmalar yapmış 1934 Nobel Kimya Ödüllü Harold Urey'in öğrencisi Stanley Miller, Dünya'nın ilksel atmosferi üzerine bir deney gerçekleştirdi. Bu deneyin hedefi, atmosferdeki yıldırım gibi elektrik boşalımlarının Dünya'nın ilksel atmosfer koşullarında nasıl etkiler yarattığını sınamaktı. Hocası Urey gibi Oparinci bir yaklaşım sergileyen Miller, ilksel atmosferi oluşturan elemanlar olarak düşünülen metan (CH_4), amonyum (NH_3) ve hidrojen (H_2) gazlarını[34] su buharı (H_2O) ile birlikte

31 İng. Primordial soup theory.

32 Oparin'in özgün makalesi Rusça olduğundan, bu makalenin İngilizce tercümesi şu yayının içinde bulunabilir: Bernal, J. D. 1967. *The Origin of Life*, Weidenfeld and Nicolson, sayfalar 199-234.

33 Haldane, J. B. S. 1929. *The origin of life.* Rationalist Annual 148:3-10.

34 Bugün artık ilk atmosferimizin baskın olarak karbondioksitten oluştuğunu düşünülüyor.

bir deney düzeneğine koydu ve bu karışıma elektrik kıvılcımları göndererek gazların reaksiyona girmesini sağladı. Deney sonuçları beklediğinden çok daha sarsıcıydı; karışımın içinde hidrojen siyanit (HCN), aldehitler ve aminoasitler gibi temel organik moleküller de oluşmuştu.[35] Ancak Urey-Miller deneyinin yaşamın başlangıcı hakkındaki sonuçlarına, gerçek dış etkenler hesaba katılmadan varılmıştı maalesef. Oluşacak organik moleküllerin sıvı içinde derhal yayılacakları (yani difüzyonla bir hücre oluşturamayacak şekilde dağılacakları) bu görüş ile ilgili ciddi problemlerden biriydi. Dahası, eğer her bir organik molekülün oluşması için uzun süreler gerekiyorsa, oluşan organik moleküllerin dış etkenlere (yıldırım, şimşek gibi elektrik boşalımları ile Güneş'ten gelen morötesi radyasyon gibi) devamlı maruz kalmaları yapıcı değil yıkıcı bir etki yaratacaktı. Üstelik öne sürülen bu sistem termodinamik olarak durağandı, yani hiçbir molekül bir diğeriyle bağ yapacak enerjiye sahip değildi. Yaşamın başlaması için bir şeylerin "fokurdaması" gerekiyordu.[36]

Böyle bir ortam ise hiç kimsenin beklemediği bir yerde, okyanusların binlerce metre altında yatıyordu. 1977 yılında bir araştırma denizaltısı olan ALVIN, Galapagos Adaları açıklarındaki ıraksak levha sınırına bir dalış gerçekleştirdi ve okyanus tabanında garip şekilli siyah bacalar ve bu bacaların çevresinde kümelenmiş daha önce kimsenin bilmediği, aralarında ünlü tüp solucanları, kabuklular ve daha pek çok hayvan çeşidinin yanı sıra birincil üretici konumunda bulunan bakteri kolonilerinden oluşan bir ekosistem keşfetti. Okyanus ortası magmatizmasının ürünleri olan bu bacalar, okyanus altındaki devasa bir hidrotermal sistemi temsil ederler. Okyanus suyu, okyanus kabuğundaki çatlaklardan derinlere doğru sızar, ısınır ve tekrar dışarı çıkar. Yüzeye çıkan su oldukça sıcak (350-400°C) ve hayli asidik (pH 2-3) karakterdedir. Yüzeyin altında ısınan su okyanusal kabuk malzemesini kimyasal aşındırmaya uğratırken içindeki sülfat (SO_4) iyonlarında eksilme meydana gelir. Bu iyonlar kabuk içindeki demir, bakır ve manganez gibi metal iyonlarıyla birleşerek sülfitler adı verilen bir mineral grubunu oluştururlar. Sülfitler okyanusal kabuk içinde büyük birikimler oluşturarak sadece yüzeydeki siyah bacaları oluşturmakla kalmaz, ayrıca ekonomik değeri yüksek maden yatakları da oluştururlar.[37] Bu hidrotermal bacalar bir nevi volkanik baca işlevi de gördüklerinden, fışkıran sıcak okyanus suyu karbondioksit, hidrojen sülfür (H_2S) ve metan gibi organik moleküllere kaynak sağlayabilecek volkanik gazlar açısından çok zengindir.

Güneş'ten gelen morötesi ışınlara direnecek bir ozon tabakası henüz oluşmadığı için metan ve amonyum gazlarının da ilk atmosfer koşullarında uzun süre barınabilmesi pek mümkün gözükmüyor.

35 Miller, S. L. 1953. *A production of amino acids under possible primitive Earth conditions*, Science 117:528-529; Miller, S. L. ve Urey, H. C. 1953. *Organic compund synthesis on the primitive Earth*, Science 130:245-251.

36 Yaşamın ortaya çıkışı hakkında ilksel çorbadan hidrotermal teoriye uzanan sürecin güzel bir kesiti için Lane, N. 2009. *Life Ascending*. W. W. Norton & Company kitabının ilk bölümünü tavsiye ederim.

37 Merak edenler volkanojenik masif sülfit (İng. volcanogenic massive sulfide, VMS) yatakları konusunu araştırabilirler.

Yaşam pekâlâ böyle bir ortamda başlamış olamaz mıydı? Bir kimyager ve aynı zamanda bir avukat olan Günter Wächtershäuser'e göre evet.[38] Volkanik alanlarda bolca rastlanan pirit (FeS_2) minerali, hidrojen sülfürün demir ile birleşiminden meydana gelen bir mineraldir ve bu tepkimede demir iyonunun yükseltgenmesi sonucu bir miktar enerji açığa çıkar. Siyah bacaların çevresinde beliren ilk canlılar da kendi metabolik tepkimeleri için gerek enerjiyi bu demir-sülfür tepkimelerinden elde etmiş olabilirlerdi. Dolayısıyla ilk yaşam formları fotosentetik değil kemosentetik olmalılardı, yani güneş ışığıyla değil indirgenme-yükseltgenme (redoks) reaksiyonlardan gelen enerjiyle kendilerini idame ediyorlardı. Denizaltı teknolojisi sadece levha tektoniği için gereken kanıtları sağlamakla kalmamış, aynı zamanda yaşamın nasıl başlamış olabileceği hakkında da güçlü ipuçları ortaya koymuştu.

Ama siyah bacaların bazı dezavantajları vardı. Bunlardan en büyüğü, aynı ilksel çorba teorisinde olduğu gibi oluşan organik molekülleri bir arada tutabilecek hücre zarı gibi bir yapının eksik olmasıydı. Öte yandan, ortam şartları yaşam için fazla sert olabilirdi. Bacadan çıkan suyun 400 santigrat dereceye varabilen sıcaklığı, bilinen en uç sıcaklık koşullarında yaşayan tek hücrelilerin bile dayanma derecesinin çok üzerindeydi. Ayrıca bu çeşit demir-sülfür tepkimeleri her zaman için daha alkali (yüksek pH) ortamlarda gerçekleşebiliyordu.

Hidrotermal kökenli bir hayat gerçekten de sürdürülebilir bir fikirdi, fakat daha düşük sıcaklığa sahip alkali bir ortam gerekiyordu. Böyle bir ortamın nasıl olabileceği, yine bugünümüze ışık tutan jeolojik kayıttan, yani kayaç istiflerinin içinden çıkacaktı. 1960'ların sonlarından itibaren bu siyah bacaların "fosil" hallerini ve içerdikleri maden yataklarını çalışmaya başlayan jeolog Michael J. Russell, çalıştığı arazide siyah bacaların yanı sıra onlardan daha ince yapılı ve odacıklardan oluşan boşluklu bir yapıya sahip olan başka bacaların da olduğunu fark etti. Üstelik bu yeni bacalar, siyah bacalar gibi metal ağırlıklı değil daha alkali bir ortamı işaret eden magnezyumca zengin minerallerden oluşuyorlardı. Böyle bir ortam yaşamın ortaya çıkabilmesi için uygun olabilir miydi?

Derken 2000 yılında Atlas Okyanusu'nun yayılma merkezinden bir miktar uzakta yeni bir baca sistemi keşfedildi. Ama bu baca sistemi o güne kadar bilinenlerden çok farklıydı. Kayıp Şehir Hidrotermal Bölgesi (KŞHB)[39] alışılageldiği üzere bazalt bir kabuk üzerinde değil, bir şekilde okyanus tabanına doğru itilmiş bir peridotit dağı olan Atlantis Masifi'nin üzerinde duruyordu. Magma haznesinden uzakta konumlanmış olduğu için de siyah bacaların aksine hidrojen sülfit gibi volkanik gazlar açışından fakirdi; bacalardan çıkan su alkali özellikte (pH 9-11) ve sıcaklığı ise 100 santigrat derecenin altındaydı. Metal-

38 Günter Wächtershäuser'in yüzey metabolizması teorisinin (İng. Surface metabolism theory) detayları için bkz. Wächtershäuser, G. 1988. *Before enzymes and templates: Theory of surface metabolism*, Microbiological Reviews 52:452-484; Wächtershäuser, G. 2006. *From volcanic origins of chemoautotrophic life to Bacteria, Archaea and Eukarya.* Philosophical Transactions of the Royal Society B 361:1787-1808.

39 İng. Lost City hydrothermal field.

sülfür yerine, alkali ortamların özelliğini yansıtan kalsiyum ve magnezyumca zengin olan minerallerden yapılma beyaz renkli bu alkali bacalar[40] 60 metre uzunluğa erişebiliyordu ve iç yapısı da aynı jeolojik kayıttaki benzerlerindeki gibi odacıklarla doluydu. Aynı Galapagos baca sistemi gibi, KŞHB'de kendine ait bakterilerden omurgasızlara geniş bir dağılım gösteren kendi ekosistemini barındırıyordu. 1980'lerin sonlarından itibaren daha alkali ve daha ılık bir hidrotermal baca teorisi üzerinde çalışan Russell ve ekibinin aradıklarını yine Atlas Okyanusu'nun dibinde keşfedilmiş olan tektoniğin bir başka "kayıp şehri" vermişti.[41]

KŞHB'nin yaşamın oluşumu açısından önemi, onu oluşturan serpantinleşme[42] isimli jeolojik süreçte gizlidir. Serpantinleşme, peridotit kayacının mineral yapısının ve dokusunun hidrotermal etki ile bozularak serpantinit adı verilen yeni bir kayaca dönüşmesidir. Bu metamorfik değişim aynı bazalt kabuk üzerindeki siyah bacalarda olduğu gibi peridotitin çatlaklarında dolaşan ısınmış okyanus suyunun etkisiyle gerçekleşirken, farklı olarak bolca hidrojen ve metan gazı da açığa çıkarır. Çıkan metan gazı, okyanuslarda bolca bulunan çözünmüş karbondioksitin hidrojen tarafından inorganik yolla indirgenmesiyle oluşur. Bu mekanizma önemlidir, çünkü aynı tepkime bugünkü metan bakterilerinin de enerji sağlamak için kullandıkları tepkimedir. Peki, bu tepkime daha yüksek yapılı organik moleküller oluşturmaya başlamak için kullanılabilir miydi? Laboratuvar şartlarında, yaşamın oluşması için gereken asetil-koenzim-A gibi organik yapıtaşlarının gezegenimizin ilksel koşullarında okyanusal kabuk üzerinde bolca bulunduğu düşünülen demir ve nikel sülfitlerin (FeS ve NiS) varlığında ortaya çıktıkları görülmüştür. Dolayısıyla sözü edilen bu tepkime yaşamı mümkün kılan ilk metabolizmayı temsil ederken, alkali bacaların odacıklı iç yapısının da bu mekanizmanın işlediği küçük "hücreler" olarak organik moleküllerin okyanusa dağılmasını önlediği düşünülmektedir.

Güncel incelemeler sonucu KŞHB'den yüzeye çıkan suyun gerçekten de daha basit organik molekül türleri olan asetat ve format gibi bazı esterler bakımından zengin olduğu görülmektedir. Ancak bugünkü okyanus kimyası, Dünya'nın ilksel okyanuslarından farklı olarak çok daha az metal iyonu ama çok daha fazla oksijen içerdiğinden dolayı daha karmaşık bileşiklerin doğrudan oluştuğunu gözlemlemek zordur. Öte yandan, KŞHB üzerinde metan üreten bakteriler de yaşadığından ve

40 Jeoloji bilen okurlar bu beyaz renkli alkali bacaları, siyah bacaların (black smokers) bir başka versiyonu olan beyaz bacalar (white smokers) ile karıştırmamalıdırlar.

41 Russell ve ekibi tarafından yayımlanan bazı çalışmaları konunun meraklıları için öneriyorum, bkz. Russell, M. J. ve Martin, W. 2004. *The rocky roots of the acetyl-CoA pathway*. Trends in Biochemical Sciences 29:358-363; Martin, W. ve diğ., 2008. *Hydrothermal vents and the origin of life*. Nature Reviews 6:805-814; Nitschke, W. ve Russell , M. J. 2010. *Just Like the Universe the Emergence of Life had High Enthalpy and Low Entropy Beginnings*, Journal of Cosmology 10:3200-3216.

42 İng. Serpentinization. Serpantinizasyon peridotit kayacının esas minerali olan olivinin hidrotermal etki ile serpantin minerallerine dönüştüğü sürecin ismidir. Serpantinit kayacının esas öğesi olan serpantin minerallerine bu isim, bazı yılanların alacalı yeşil rengine benzer bir renge sahip olmalarından dolayı yılan anlamına gelen "serpent" kelimesinden türetilerek verilmiştir.

bunların ürettikleri organik kökenli metan, bacalardan yükselen inorganik kökenli metan ile karıştığından, ortaya çıkan metan gazının ne kadarının inorganik olduğu da tespit edilmeye çalışılmaktadır. Her ne olursa olsun, alkali hidrotermal bacalar yaşamın ilk ortaya çıkışı hakkındaki en güncel ve belki de bugüne kadar en sağlam verilere sahip olan teoriye ev sahipliği yapmaktadır. Üstelik alkali bacalarda evrimleşmiş olabilecek bir yaşam, Dünya'daki yaşamın başlangıcının yerkabuğu üzerinde sıvı suyun var olmaya başladığı zamana tarihlenebileceğini işaret etmektedir. Bugüne kadar keşfedilmiş en eski biyolojik işaretleyicilerin[43] yaklaşık 4 milyar yaşında ve halen bazı bilim çevreleri tarafından tartışmalı bulunan en eski fosillerin[44] yaklaşık 3.5 milyar yaşında oldukları göz önüne alındığında, neredeyse Dünya ile yaşıt olan jeoloji temelli bir yaşamın en baştan beri gezegenimizin kendi jeolojik evrimi ile el ele ilerlemiş olması muhtemeldir.

Bu konuyu kapatmadan önce, yine jeolojinin çalışma alanıyla kesişen ve yaşamın Dünya'ya uzaydan gelmiş olabileceği tezi[45] üzerinde de kısaca durmak faydalı olur. Bu teorinin pek çok versiyonlarından akla en yatkın geleni, Güneş Sistemi içindeki (Mars veya Europa gibi) veya dışındaki katı bir gökcisminin başka bir katı gökcismi ile olan çarpışmasıyla uzaya doğru savrulmuş olan parçaların içlerinde taşıdıkları mikroskobik yaşam ile birlikte Dünya'ya düştüklerini ve dünya üzerindeki yaşamın böylece başlamış olduğunu savunur. Dolayısıyla gezegenimizdeki yaşam, bir zamanlar var olmuş veya halen devam eden bir yaşamın devamı olarak ortaya çıkar. Dünya'ya düşmüş olan göktaşları içinde keşfedilen aminoasitler ve diğer organik moleküller de bu teoriyi destekleyenleri umutlandıran sonuçlardır.[46] Fakat günümüzde bu teori, ne yazık ki bir bilimkurgu fikri olmaktan öteye geçememektedir. Göktaşlarında saptanan organik moleküller kimyanın evrenselliğini göstermesi bakımından önemli olsa da, henüz ne göktaşları üzerinde, ne de uzayın herhangi bir bölgesinde kanıtlanmış yaşam belirtilerine rastlanabilmiştir. Dahası, tespit ettiğimiz organik moleküllerin meteoritlerde veya onların geldikleri sistemlerde mi oluştuğu, yoksa düştükten sonra Dünya'daki organik moleküllerin mi bu meteoritlere bulaştığı[47] son derece tartışmalı bir konudur. Öte yandan, yaşamın Dünya'ya uzaydan geldiği görüşü doğru olsa bile, o halde yaşamın geldiği yerde nasıl başladığı sorusu akla gelir. Eğer bizim bildiğimiz anlamdaki yaşamın Dünya'ya bir göktaşı ara-

43 Yani canlılara ait organik molekül parçaları (İng. Biomarker). Bugüne kadar keşfedilen en eski işaretleyiciler Grönland ve Avustralya'da keşfedilmiş olup, temsil ettikleri zamanlar sırasıyla 3.8 milyar sene (bkz. Rosing, M. 1999. *^{13}C-Depleted Carbon Microparticles in >3700-Ma Sea-Floor Sedimentary Rocks from West Greenland*, Science 283:674-676) ile 4.1 milyar sene (bkz. Bell, E. A. 2015. *Potentially biogenic carbon preserved in a 4.1 billion-year-old zircon*, Proceedings of the National Academy of Sciences 112:14518-14521) öncesidir.

44 Yerküre üzerindeki bu tip en eski fosillerin güzel bir derlemesi için bkz. Schopf, J. W. 2006. *Fossil evidence of Archaean life*, Philosophical Transactions of the Royal Society B 361:869-885.

45 İng. Panspermia theory.

46 Merak edenler Murchison ve Nakhla gibi meteoritler üzerine araştırma yapabilirler.

47 Bu olaya kirlenme denir (İng. Contamination).

cılığıyla geldiği düşünülüyorsa, bu göktaşının koptuğu gökcismindeki yaşamı meydana getiren koşulların da bir zamanlar Dünya'nın sahip olduğu koşullara benzer olması gerektiği unutulmamalıdır. Sonuç olarak, Dünya'da veya başka bir yerde karbon temelli bir yaşamın oluşmasını sağlayan koşulları araştırmak için gidilecek en doğru adres yine gezegenimizin kendi jeolojik geçmişidir.[48]

YERBİLİMLERİNİN BİYOLOJİK EVRİM FİKRİNE SAĞLADIĞI KATKILAR

Buraya kadar Dünya'nın iç yapısını, onu dinamik bir halde tutan tektonik süreçleri ve özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren gelişen modern tektonik kuramı ve buna bağlı keşiflerin yeryüzünde yaşamın nasıl başlamış olabileceğine dair sunduğu kanıtlara kısaca değindim. Peki, günümüze kadar yapılan jeolojik gözlemler ve elde edilen bulgular biyolojik evrim teorisine giden yolu nasıl şekillendir

Daha önce de bahsettiğim üzere, yapılan gözlemler insanlara en baştan beri "canlı" dünyanın "cansız" dünyadan çıkmış olması gerektiğini düşündürdüğünden, jeolojik gözlemler her zaman biyolojik gözlemlerden önce gelmiş ve biyolojik değişimleri anlayabilmemiz için gereken altyapıyı oluşturmuşlardır. Üstelik bu fikirlerin doğum yeri de memleketimizin topraklarıdır. Günümüz Aydın il sınırları içindeki Milet şehrinde yaşamış olan Anaksimandros, bugün bildiğimiz en eski biyolojik evrim kavramını ortaya atmış kişidir. Gözleme dayalı önermelerin hâkim olduğu Milet ekolünün Thales'ten sonraki temsilcisi olan Anaksimandros, kendi evrim fikrini, bilmeden de olsa, jeolojik bir olaydan yola çıkarak kurmuştur.

Büyük Menderes havzası, bugün Güney Ege Bölgesi'nde bulunan ve faylanma ile oluşmuş bir çöküntü havzasıdır.[49] Yaklaşık son 20 milyon senedir tatlısu kabuklularının fosillerini bulunduran göl ve nehir çökelleri çeşitli aralıklarla bu havza içerisinde birikmişlerdir.[50] Bu silsilenin son halkası ise bugünkü Büyük Menderes Nehri'dir. Özellikle yerleşimin başladığı son 4-5 bin sene boyunca Büyük Menderes nehrinin taşıdığı alüvyonlarla giderek kapanan körfez, içlerinde Milet'in de bulunduğu eski liman kentlerine büyük zarar vermiştir.[51] Bu jeolojik hadiseler, Anaksimandros'un kafasında süregelen bir ortamsal değişim ve yaşamın buna bağlı olarak gelişmesi fikrini oluşturmuştu. Alüvyonlar tarafından sü-

48 Göktaşlarının yaşamı doğrudan getirmek yerine, yaşam için gerekli organik molekülleri taşıdıkları, hatta yaşamın ortaya çıkabileceği hidrotermal yapılar içeren krater havzaları oluşturdukları gibi fikirler yaşamın oluşumu hakkında dünya dışı etkenler içeren diğer teoriler içinde yer bulmaktadır.

49 Veya teknik adıyla graben.

50 Hakyemez, H. Y. 1989, *Kale-Kurbalık (GB Denizli) bölgesindeki Senozoyik yaşlı çökel kayaların jeolojisi ve stratigrafisi*, MTA Dergisi 109:9-21.

51 Büyük Menderes Deltası'nın hem jeolojik evrimi hem de bunun arkeolojik sonuçlarının kapsamlı bir incelemesi için bkz. Erol, O. 1996, *Büyük Menderes Deltası'nın foto-jeomorfolojik incelenmesi*, Ege Coğrafya Dergisi 9:1-42.

rekli batıya doğru itelenen sahil şeridi ve bugünkü deniz kabuklularına benzer kalıntıların sahilden bir hayli içeride bulunması, Anaksimandros'a yerkürenin zaman içinde kurumaya başladığını düşündürmüştü. Buna göre canlılar başta tamamen sularla kaplı olan dünyada nem içinde oluşmuş, dünya kurudukça geriye kalan çamurun içinden kara canlıları ve onlardan da insanlar ortaya çıkmıştı.[52]

Anaksimandros'tan sonra, Efes'li Herakleitos ve diğer Batı Anadolu kökenli filozoflar tarafından çeşitli şekillerde tasavvur edilen bu sürekli değişim fikri, Elea okulu ile başlayıp, Atina'da Platon ile doruğa ulaşan ve sahip olduğu durağan doğa görüşü sebebiyle her türlü hareket ve değişime karşı olan bir öğretiye ne yazık ki yenik düşmüştür yüzyıllarca... Ancak gözlem ile sabit olan değişim ve devinim gerçeği asla kaybolmamış, Aristo'dan Darwin'e kadar farklı şekillerde yorumlanmaya devam etmiştir.[53]

Anaksimandros'un da fark ettiği gibi Büyük Menderes Nehri'nin oluşturduğu delta uzun ve sürekli bir jeolojik sürecin ürünüdür. Gerçekten de, antik çağlardan beri Anaksimander gibi bazı doğa meraklısı filozoflar doğanın süreçlerini gözlemleyerek bugün de doğru kabul ettiğimiz bazı sonuçlara ulaşmışlardır. Fakat o zamanlarda doğanın nasıl işlediği hakkında pek az şey bilindiği için, varılan sonuçlar öngörülü tahminler olmaktan öteye geçememişlerdir. Bu durum jeoloji için de geçerlidir. Yerkürenin nasıl işlediği, yani iç ve dış süreçleri iyi anlaşılamadığı için, öne sürülen fikirler gerekli jeolojik gözlemlerle sınanamamış, dolayısıyla bilimsel bir nitelik kazanamamışlardır. Aynı şekilde, Dünya'nın yaşı veya jeolojik olayların gerçek mekanizmaları konusunda yapılmış tüm tahminler, bunun tek göstergesi olan kayaçların detaylı incelenmesi yerine sadece güncel süreçlere dayanmış, hatta kimi zaman da beşeri tarih temel alınarak üretilmiştir.[54] Bu nedenlerden dolayı, modern jeolojik yöntemlerin oluşmasıyla Comte de Buffon (1707-1788) ve sonrasında James Hutton (1726-1797) gibi zamanın önde gelen doğa bilimcilerinin katkılarıyla gerçek bir jeolojik zaman kavramının ortaya çıktığı 18. yüzyılın, aynı zamanda modern biyolojik evrim teorisine giden yolun da açıldığı yüzyıl olması tesadüf değildir. Buffon'un büyük ölçüde teorik olan hesapları bir yana[55], burada Hutton'un jeolojik gözlemlere dayalı çıkarımları üzerinde durmak gerekir.

52 Anaksimandros'tan yazılı kalan bir şey olmadığı için, bu bilgileri ondan sonra gelenlerin ağızlarından öğreniyoruz (bkz. Kirk, G. S. ve Raven, J. E. 1957, *Presocratic Philosophers*, Cambridge University Press, sayfalar 141-142).

53 Yaşamın evrimi fikrinin Darwin'e kadar olan tarihinin Türkçe yazılmış en derli toplu hikâyesi için bkz. Şengör, A. M. C. 2004, *Yaşamın evrimi fikrinin Darwin döneminin sonuna kadarki kısa tarihi*, İTÜ Yayınevi, İstanbul.

54 bkz. Desmond, A. J. 1975, *The discovery of marine transgression and The explanation of fossils in antiquity*, American Journal of Science, 275:692-707; Dean, D. R. 1981. *The age of the earth controversy: Beginnings to Hutton*, Annals of Science, 38:435-456; Şengör, A. M. C. 2013, *Jeolojinin Eduard Suess'e kadarki kısa tarihi: Kişisel bir perspektif ve bazı dersler*, Ege Ünivesitesi Edebiyat Fakültesi Yayın no: 181, sayfalar 147-216.

55 Dalrymple, G. B. 1991, *The Age of the Earth* (Stanford University Press), kitabının 29-31 sayfaları; ayrıca bkz. Şengör, 2004, adı geçen eser, sayfa 79 ve içindeki dipnotlar.

Zengin bir tüccarın oğlu olan Hutton, gençliğinde tıp ve kimya eğitimi almış, sonrasında babasından miras kalan İskoçya'daki çiftçiliğe döndüğünde jeolojiye merak salmıştı. Özellikle Descartes, Steno ve daha sonra da Leibniz ile birlikte 18. yüzyıl jeolojisine hâkim olan görüş, aynı bir tuz gölünde olduğu gibi, kayaçların sudan çökeldikleri yönündeydi. Bu "çökelim" sürecinin formülasyonlarından en ünlüsü Alfred Gottlob Werner (1749-1817) tarafından geliştirilmişti. Buna göre, yerkürenin düzensiz kabuğunu kapsayan küresel bir okyanusun içinde önce granit, akabinde gnays ve diğer kristalli kayaçlar, onların üzerine de çeşitli çökel kayaçlar ve diğer kristalli kayaçlar gelmekteydiler. Bu silsile, yerkürenin birincil çökellerini temsil ediyordu. Su seviyesi düştükten sonra birincil kayaçların aşınıp yeniden depolanmaları sonucunda meydana gelen ikincil silsile, daha güncel ve içinde fosiller bulunan çökeller tarafından temsil ediliyorlardı. Yaşamın var olduğu döneme ait kayaçları kesen bazalt tabakaları ise, Werner için volkanlardan bağımsız ve kayaç içindeki kalıntı sıvılardan çökelmiş kayaçları temsil etmekteydiler.

Hutton, İskoçya'nın pek çok bölgesinde yaptığı arazi gözlemlerini dünyanın çeşitli bölgelerinden toplanmış veriler ile mukayese ettiğinde kayaçların gerçek kökeninin hiç de Werner'in sandığı gibi olmadığını gördü.[56] Werner'in çökel zannettiği granit ve bazalt, yeryüzünün derinliklerinden yukarıya doğru diğer kayaçları keserek yerleşmişlerdi, hatta diğer kayaçların içlerinde yer yer bu sokulum kayaçlarından parçalar bile bulunabiliyordu.[57] Demek ki, bu magmatik kayaçlar diğer kayaçların arasına sokulabildiklerine göre sudan çökelmiyorlardı ve bununla birlikte içine girdikleri kayadan daha genç oldukları da kesindi. Öte yandan, yeryüzünde süregelen erozyona rağmen bu magmatik sokulumların topografik olarak yüksekte bulunmaları, Hutton'a dünya yüzeyindeki kayaçların sanıldığı gibi sel afetleri ile birbiri üstüne istiflenmedikleri, aksine, magmatik süreçler sonucu yükselen ve deforme olan yeryüzünün dış etkilerle aşındığı, aşınan parçaların ise taşınarak çökeldikleri yerlerde yeni kayaçları oluşturdukları görüşüne yöneltmişti. Çökelen kayaçlar ise yine magmatik etkiyle yükselip aşınarak aynı döngüyü tekrar edecek ve süreç böyle devam edecekti.

Hutton'un bir başka önemli gözlemi ise, tabakalı kayaçların peş peşe oluşmak zorunda olmadıklarıydı. İskoçya'nın Jedburgh bölgesinde yüzeylenmiş olan kayaçlarda not ettiği (ki bu Hutton'un hayatı boyunca not ettiği pek çok uyumsuzluktan sadece bir tanesidir) ve literatürde "Hutton Uyumsuzluğu" olarak geçen yapı, birbirine göre yaklaşık doksan derecelik açılarda duran iki kayaç katmanından oluşmaktadır.[58] Bu durumun anlamı açıktır. Üstte duran yatay

56 Hutton, J. 1788, *Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, restoration of land upon the globe*, Transactions of the Royal Society of Edinburgh 1(2):209-304 [makale]; Hutton, J. 1795, *Theory of the Earth with proofs and illustrations*, Messrs Cadell Jr., London; William Creech, Edinburgh [kitap].

57 Hutton'un bu magmatik sokulumları gözlemlediği Arran Adası'ndaki meşhur noktanın çizimleri için bkz. Craig, G. Y. 1978, *Episodes and Engravings: James Hutton and John Clerk*, Episodes 1:3-5.

58 Hutton, 1975, adı geçen eser.

konumdaki kayaç tabakasında herhangi bir deformasyon olmadığına göre, alttaki diklemesine uzanan tabakanın açısal deformasyonu üstteki tabaka çökelmeden önce olmuş olmalıdır. Bu aynı zamanda iki çökelim arasında bir zaman boşluğu olduğunu da göstermektedir ki, bu gözlem jeolojik zamanın göründüğünden de uzun olduğunu anlatmaktadır.

Hutton, kafasında canlandırdığı dinamik yerküre sisteminin işleyebilmesi için çok uzun zaman dilimleri gerektiğini de fark etmişti. Daha sonraları dönemin ünlü bilim insanlarından William Whewell'ın (1794-1866) önerisi üzerine birörneklilik[59] veya tekdüzecilik (üniformitaryanizm) olarak anılacak olan Hutton'un teorisi, yerküre süreçlerinin yavaş ilerleyen sonsuz bir silsile olduğu sonucuna varıyordu.[60] Bu fikirleri destek gördü ve zamanın İskoçyasının önde gelen doğa bilimcilerinden John Playfair (1748-1819) tarafından sadeleştirilerek 1802 yılında yayımlandı.[61] Bu fikirler ilerleyen zamanlarda jeolojinin prensiplerini kitap haline getiren ve bu eseri bugüne kadar önemini ve geçerliliğini koruyan Charles Lyell (1797-1875) tarafından da temel alınacaktı.[62]

Kendinden öncekilerin aksine Hutton, Britanya ekolüne uygun tümevarımcı bir tarzla, gözlemi mantığa değil mantığı gözleme uydurmayı tercih etmişti. Tümevarmak için veri toplamak, dolayısıyla gözlem yapmak gerekir. Fakat geçmişte olmuş olan olayları ne yazık ki tecrübe etme şansımız yoktur; bu nedenle geçmişte olayların nasıl süregeldiği konusunda çıkarımlar yapmak zorundayız. Bu çıkarımlarımızın bilimsel olması, ancak gözlemlenebilir ve dolayısıyla sınanabilir hipotezler olmaları şartıyla mümkündür. Yine Hutton'un tümevarımcı bakış açısından türemiş olan güncelcilik[63] prensibinden hareketle, jeolojiyi anlamak için başlangıç noktamız bugünkü süreçler ve onların oluşturduğu güncel yapılar olmalıdır. Gerçekten de bugünkü jeolojik süreçlerin

59 İng. Uniformitarianism.

60 Jeolojinin temel prensiplerinden biri olan ve modern jeolojik zaman kavramına ulaşmamızı sağlayan birörneklilik prensibinin hikâyesi için Oldroyd, D. 1996, *Thinking about the Earth - A History of Ideas in Geology*, Harvard University Press (veya bu kitabın kitabın Türkçeye çevirisinden takip etmek için bkz. İnsan Düşüncesinde Yerküre - Yerbilim'e bir Tarihsel Bakış, Tübitak Popüler Bilim Yayınları) künyeli kitabın 4. bölümüne bakınız. Ayrıca, Hutton ve Werner'in şahıslarında iki temel jeoloji ekolünün felsefi bir takdimi için bkz. Şengör, A. M. C. 2001, *Is the Present the Key to the Past or Is the Past the Key to the Present*, Geological Society of America Special Paper 355. Hutton'un bu fikirleri üzerinde İskoç aydınlamasının önemli isimlerinden David Hume'un düşünce tarzının etkisi yadsınamaz (aynı eserin 16. ve 17. sayfaları).

61 Playfair, J. 1802, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*, Cadell and Davies, London; William Creech, Edinburgh [kitap].

62 Lyell, C. 1830, *Principles of Geology*, John Murray, London.

63 Yerküre üzerinde bugün işleyen süreçlerin geçmişte de aynı şekilde işlemiş olduğunu varsayan düşünce (İng. Actualism). Güncelcilik, sadece klasik birörnek doğa süreçlerini değil, eskiden afetçilik kapsamında düşünülen depremler, seller, volkanik patlamalar ve göktaşı çarpmaları gibi pek çok doğal afeti de bünyesinde toplar. Bunun nedeni, doğal afetlerin de aynı birörnek süreçlerde olduğu gibi geçmişte nasıl meydana geliyorlardıysa bugün de aynı şekilde meydana geliyor olmalarıdır. Aradaki tek fark doğal afetlerin oluş sıklıklarının daha düşük olmasıdır. Dolayısıyla doğal afetler birörnek değil ancak güncel süreçlerdir.

oluşturmakta olduğu yapılar ile jeolojik kayıtta gördüğümüz daha önceki dönemlere ait kayaç yapıları birbirleriyle örtüşmektedirler. İşte bu nedenle *"Günümüz geçmişin anahtarıdır"*[64] cümlesi modern jeolojinin temel düsturudur.

Birörneklilik prensibinin biyolojiye girişi, Hutton'un yine kendisi gibi doğa bilimci olan arkadaşı Erasmus Darwin tarafından sağlanmıştır. Erasmus Darwin, tıpkı yıllar sonra torunu Charles Darwin'in de yapacağı gibi canlılar âlemindeki değişimleri aynı cansız dünyada olduğu gibi yavaş ve sürekli olarak öngörmüştü. Yine kaderin bir cilvesi olarak, doğa bilimleri kariyerine jeoloji ile başlayan Charles Darwin, Doğal Seçilim Kuramı'nı inşa ederken yine bir başka "jeolog"dan, yani Charles Lyell'dan etkilenecekti. Peki, bu birörnek işleyen yerkürenin, üzerinde bulunan dirimküreye[65] etkileri nasıldı? Lyell'e soracak olursak, canlılar dünyası da aynı şekilde işliyordu, hatta öyle ki, günün birinde tekrar aynı şartlar oluştuğu zaman o döneme ait olan fosil hayvanlar da tekrar ortaya çıkacaklardı. Bu sonuncusu pek tabii ki yanlış bir görüştü ama Lyell'in dilinden anlatılan birörnek yerküre sistemi bugünkü anlamıyla jeoloji bilimi içindeki yerini almıştı bile. İşte Charles Darwin'e Doğal Seçilim Kuramı için gereken altyapıyı sağlayan da bu birörnekçi anlayıştı. Beagle seyahati süresince henüz tanışmamış olduğu Lyell'in kitabını elinden düşürmemiş olan Darwin, yeni tanıştığı bu birörnekçi doğa düzenini benimsemiş ve yolculuk boyunca yaptığı jeolojik gözlemlerde hep bu ilkeye sadık kalmıştı.[66] Ancak bu yavaş gelişimin canlılar için de geçerli olduğunu çok daha sonraları, yapay melezlenme ve doğal varyasyonları irdelediği zaman anlayacaktı. Nihayet 1859 yılında ilk baskısının yayımlandığı meşhur *Türlerin Kökeni* kitabında[67] ise dedesinin başladığı işi tamamlamış, türlerin yavaş ve sürekli cereyan eden kademeli (veya tedrici)[68] değişimlerini "doğal seçilim" adını verdiği ve bireyler arasından sadece en uygun olanın hayatta kalmasını[69] şart koşan gerçek bir mekanizmaya oturtmayı başarmıştı.

64 İng. *"Present is the key to the past"*.

65 Yani canlılar bütünü, biyota (İng. Biota).

66 Lyell'den edindiği bilgileri Beagle seyahati sırasında uğradığı volkanik adaların üzerinde gelişen mercanlar üzerinde sınayan Darwin, doğal süreçlerin çok fazla miktarda zaman gerektirdiğinin doğruluğunu kendi gözleriyle görme fırsatı yakalamıştı. Gözlemleri sonucunda bu mercan adalarının oluşum süreçleri hakkında ilk teoriyi, bugün de halen kabul edilen şekliyle ortaya koyan kişi yine Darwin'in kendisi olmuştur.

67 Darwin, C. 1859, *on the Origin of Species by Means of Natural Selection*, John Murray: London (bu künye kitabın ilk baskısı içindir).

68 İng. Gradualism.

69 İng. *"Survival of the fittest"*. Herbert Spencer (1820-1903) tarafından üretilen bu cümlenin "Güçlü olanın hayatta kalması" şeklindeki yaygın Türkçe çevirisini sadece fiziksel (veya ekonomik vs.) gücü ön plana çıkarıyormuş gibi bir izlenim vermesi sebebiyle yanıltıcı buluyorum. İngilizce'deki *-to fit* filli, uygun olmak veya sığmak anlamlarında kullanıldığından, burada kesinlikle canlının yaşadığı ortama uyum sağladığı anlatılmaktadır. Bu uyum becerisi ise, öncelikle hayattakalabilmek sonra da üreme ile bu beceriyi sonraki kuşaklara aktarabilmek için en yüksek şansa sahip olmak anlamına gelir.

Kitabın önceki bölümlerinde de farklı açılardan ele alındığı gibi, Darwin'in kuramının iki ayağı vardır: Varyasyon (çeşitlilik) ve seçilim. Varyasyon, bireylerin sahip oldukları farklı karakterleri, seçilim ise değişik varyasyonlara sahip bireylerin (yani varyetelerin) arasında ortama uyum sağlayamayan bireylerin ortadan kalkmasıyla toplulukların (popülasyonların) veya türlerin nasıl evrimleştiklerini açıklıyordu. Darwin için uzun bir zaman sürecine yayılmış olan yavaş bir adaptasyondan ibaret olan türleşme, geometrik bir eğri ile temsil edilen ve eğrinin sonunda bir türün tamamen diğer bir türe dönüştüğü bir süreçti. Buna karşılık, doğadaki türler kendi içlerinden birden fazla tür de çıkarabilmektedirler; aksi halde dünya üzerindeki her bir cins sadece tek bir tür ile temsil edilebilirdi. Kendinden önceki doğa bilimciler gibi Darwin de, hem yeni türlerin evriminin hem de tüm yaşam tarihini şekillendiren bu tür çeşitliliğinin ve her seviyeden biyolojik çeşitliliğin farkındaydı, lakin bu durumu açıklayabilmek için bahsettiği varyasyonlar arası rekabetten daha iyi bir dayanağı yoktu.[70] Dolayısıyla, Darwin ve çağdaşlarının çözemedikleri iki temel problem işte bu varyasyonların ve çeşitliliğin[71] kökeniydi. Bu temel soruların cevapları için, Darwinci seçilimi genetik devrim ve türleşme mekanizmaları ile birleştiren modern sentezi beklemek gerekecekti.[72]

Tür içindeki değişik varyasyonların, yani değişik alellerin oluşumunu açıklamamızı sağlayan genetik bilimi, biyolojik evrimin içine ancak 1900 yılından itibaren Mendel genetiğinin tekrar keşfedilmesi ile girebilmiştir.[73] Bir canlının genetik yapısını değiştiren temel faktör mutasyonlardır. Önceden de canlıların genel anlamdaki değişimlerini ifade eden mutasyon terimi, paleontolog Wilhelm Heinrich Waagen (1841-1900) tarafından ilk defa 1868 yılında zaman içinde evrimleşen bir soyun geçirdiği değişimin herhangi bir safhasını tanımlamak için üretilmiş ve genetikçi Thomas Hunt Morgan (1866-1945) tarafından 1910 yılında sadece gen yapısındaki ani değişimleri belirtmek adına daha dar bir anlama çekilmiştir.[74]

Genetik mutasyonlar üzerine çalışmalar ise Hugo de Vries'in (1848-1935) deneyleri ile başlar. De Vries, bir çeşit Mersin çiçeği olan *Oenothera lamarckiana* üstünde yaptığı kalıtım deneylerinde, hatalı bir şekilde, değişik fenotipleri değişik türler olarak addetmiş; dolayısıyla türler arasındaki geçişlerin anlık mutasyonlarla olduğunu düşünmüştü. Bu yeni genetik mekanizmalar, doğal seçi-

70 Darwin, 1859, adı geçen eser, bölüm 4, Circumstances Favourable for Natural Selection (Doğal Seçilim İçin Uygun Koşullar) altbaşlıklı kısıma bakınız. Türlerin Kökeni kitabının içinde bulunan tek şekil, herbiri değişik bir varyasyonu temsil eden bireylerin rekabetini esas alan Darwin'in bu fikrini özetler niteliktedir.

71 İng. Diversity.

72 Modern sentezin kurucularından biri olan Ernst Mayr, modern sentezin tarihsel gelişimini 1980 yılında Harvard Üniversitesi Yayınları'ndan çıkan *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology* kitabının giriş kısmında güzel bir şekilde özetlemiştir.

73 Mayr, 1980, adı geçen eser, sayfa 6.

74 Simpson, G. G. 1984, *Tempo and Mode in Evolution*, New York: Columbia University Press, sayfa 48; Mayr, E. 2001, What Evolution Is, New York: Basic Books, sayfa 96.

lim için ciddi bir testti. Darwin'in iddia ettiği gibi birörnek bir evrim modelinde, ortaya çıkan bütün yeni varyeteler küçük bir nüfus ile başlamalı, sayıları da zamanla artmalıydı. Aynı şekilde, ortama ayak uyduramayan bütün varyeteler de azalarak yok olacakları için kayaçların içinden derlenen fosil kayıtlarında bu azalarak yok olma gözlemlenebilmeliydi. Darwin'e göre jeolojik kayıttaki eksiklik o denli büyüktü ki, biz bu ara formların hiçbirini göremiyorduk ve dolayısıyla tespit edebildiğimiz sadece yeni evrimleşmiş olan türler oluyordu.[75] De Vries ile birlikte, Bateson ve Johannsen gibi zamanın ünlü genetikçileri de ne yazık ki mutasyonları sadece varyasyonların nedeni olarak bırakmamışlar, türleşmenin de asıl sebebi olarak görerek doğal seçilimi reddetmişlerdir. Öte yandan, genetik değişimlerin Doğal Seçilim Kuramı'na uygun olduğunu düşünenler de vardı. Bir popülasyonun aynı bölge içinde bölünerek yeni türlerin ortaya çıkması, yani içvatan türleşmesi[76], ilk defa Edward Bagnall Poulton (1856-1943) tarafından ortaya atılmıştı. Fakat ne mutasyon görüşü ne de içvatan türleşmesi yeni türlerin oluşumu ile tür çeşitlenmesi arasında herhangi bir ayrıma gidemiyordu.

Tür çeşitliliğinin gerçek kökeninin anlaşılması ancak türleşmenin temel olarak genlerle değil popülasyonlarla ilgili bir olgu olduğunun anlaşılmasından sonra gerçekleşebilmiştir. Bugün de bildiğimiz gibi, genetik mutasyonlar ve rekombinasyonlar (veya gen çaprazlanması) Darwin'in meşhur varyasyonlarının nedenleridirler ve dolayısıyla yeni türlere giden yoldaki ilk adımı teşkil ederler. Erken dönem genetikçilerinin önemli eksiklerinden biri, tüm genetik değişimlerin tek bir kapalı gen havuzunda meydana geldiğini varsaymalarıydı. Buna karşılık türleşmelerin çoğu, coğrafi olarak yalıtılmış popülasyonlar ve dolayısıyla gen havuzlarının ayrılması sonucunda gerçekleşmektedir. Bu coğrafi yalıtıma bağlı türleşme, modern sentezin babalarından sayılan biyolog Ernst Mayr'ın (1904-2005) meşhur dışvatan türleşmesi[77] modelinde hayat bulmuştu.[78]

Mayr, türleşmenin asıl olarak popülasyonların birbirlerinden coğrafi olarak yalıtılmaları, yani kendi deyimiyle "yalıtılmış üretkenlik"[79] ile gerçekleştiğini söylemiş, içvatan türleşmesinin ise pek yaygın gözlenmediğinin altını çizmişti. Coğrafi engellerle ayrılmış olan popülasyonların birbirleriyle üreme şansı bulamaması ve dolayısıyla gen alışverişinde bulunamaması anlamına gelen yalıtılmış üretkenlik sebebiyle ayrı düşmüş pek çok popülasyonun farklı türlere evrimleşmiş olmaları, Darwin'in nedenine bir türlü ulaşamadığı tür çeşitliliğinin de nasıl meydana geldiğini açıklıyordu. Ancak tür çeşitlenmesi ile coğrafi

75 Darwin, 1859, adı geçen eser, 464. ve 465. sayfalar.

76 İng. Sympatric speciation.

77 İng. Allopatric speciation.

78 Mayr, E. 1942, *Systematics and the Origin of Species, from the Viewpoint of a Zoologist*, Cambridge: Harvard University Press.

79 İng. Reproductive isolation.

yalıtım arasındaki bağlantı yeni fark edilen bir durum değildi. Daha önceden de belirttiğim gibi, coğrafi türleşme fikrine ilk kez jeolog Leopold von Buch (1774-1853) tarafından değinilmiş, Dünya'nın iç ısısını kaybetmesine bağlı olarak ani bir biçimde oluşan dağlar ile birbirlerinden yalıtılan coğrafyalarda yaşayan canlıların, farklı iklim, gıda ve çevre koşulları ile birbirlerinden farklılaştıkları düşünülmüştü.[80] Her ne kadar dağların böylesine "mahalli afetler" ile oluşmadıklarını bugün biliyorsak da, türleşme üzerine Mayr'dan çok önce ileri sürülen jeoloji temelli fikirlerin ne kadar isabetli olduğu ortadadır.

Buraya kadar, varyasyonların genetik süreçlerin etkisiyle ortaya çıktıklarını, varyasyonların rekabetinin popülasyonların yapısını değiştirdiğini, bunlarla beraber yeni türlerin yavaş ve sürekli bir doğa işleyişine uygun olarak kademeli bir şekilde evrimleştiklerini ve coğrafi yalıtımın tür çeşitliliğinin anahtarı olduğunu gördük. Ancak çeşitlenme sadece tür veya tür içi seviyelerde, yani mikroevrim ile sınırlı kalmaz; yeni cinsler ve daha büyük taksonomik mertebeler veya gruplar da aynen yeni bir türün evrimi gibi kademeli bir biçimde ortaya çıkarlar. Mikroevrim ile karşılaştırılabilecek bu sürece ise makroevrim denir.[81] Makroevrimin en bariz olarak gözlemlenebildiği yer ise, her zaman olduğu gibi jeolojik istifler ve içerdikleri fosil kuşaklarında görülen ani değişimler, yani yok oluş dönemleridir.

Jeolojik zaman içinde irili ufaklı pek çok yok oluş dönemi tespit edilmiştir. Örneğin, son 500 milyon yıl içinde küresel çapta hissedilmiş 5 tane kitlesel yok oluş dönemi tanımlanmıştır. Bunlar sırasıyla, Ordovisyen Dönemi'nin sonunda (~443 milyon sene önce), Geç Devoniyen Dönemi'nde (~372 milyon sene önce), Permiyen Dönemi'nin sonunda (~252 milyon sene önce), Triyas Dönemi'nin sonunda (~201 milyon sene önce) ve Kretase Dönemi'nin sonunda (~66 milyon sene önce) gerçekleşmiş büyük jeolojik olaylardır. Her bir kitlesel yok oluş, çok fazla miktarda türü ve tür üstü grubu yeryüzünden siler. Hayat-

80 Coğrafi türleşme, ilk defa jeolog Leopold von Buch tarafından 1825 senesinde ortaya atılmıştır (Mayr 1980, adı geçen eser, sayfa 36). von Buch'un bu fikirleri üzerine atıf yapılabilecek bir makale için bkz. Hölder, H. 1975, *Leopold von Buch—Gedenkwort zu seinem 200. Geburtstag*, Paläontologische Zeitschrift 49: 5-10, özellikle 7. ve 8. sayfalar. Darwin de yalıtımın bazı hallerde yeni türlerin oluşuma olan etkisini kabul etmiş ve Türleri Kökeni kitabının birinci baskısından beşinci baskısına kadar bu durumu giderek daha açık cümlelerle ifade etmeye çalışmıştır (bkz. Liepman , H. P. 1981. *The six editions of the 'Origin of Species', a comparative study*, Acta Biotheoretica 30: 199-214; Rhodes, F. H. T. 1987. *Darwinian gradualism and its limits: The development of Darwin's views on the rate and pattern of evolutionary change*, Journal of the History of Biology, 20:139-157).

81 Mikroevrimsel (İng. Microevolution) süreçlerde olduğu gibi, makroevrimsel (İng. Macroevolution) süreçlerde de çeşitliliği sabit tutan bütündeğişim (İng. Anagenesis, Eski Yunanca *ana-* "üst, üstüne" + *genesis* "doğuş, oluşum" kelimelerinden türemiştir) veya çeşitliliği arttıran dallanma (İng. Cladogenesis. Eski Yunanca *klados* "dal" + *genesis* "doğuş, oluşum" kelimelerinden türemiştir) olarak Türkçeleştirebileceğimiz iki süreç vardır. İlk defa Bernhard Rensch (1900-1990) tarafından tanımlanan bu iki bilimsel terim, mikroevrim ve makroevrimin bir bütünün iki yarısı olması gerektiğini düşünenler bilim insanları tarafından hem tür altı hem de tür üstü evrimi ifade ederken kullanılmaktadır.

ta kalabilenler ise, her yok oluş döneminden sonra boşalan bölgelere yayılarak pek çok yeni türü ve tür üstü grubu meydana getirirler. Bu değişimler, jeolojik kayıtta, yani kayaçların içinde, keskin sınırlar ile ayrılmış halde gözlemlenirler. En baştan beri bütün paleontologların dikkatini çeken de işte bu ani yok oluşlar ve akabinde gelen yaşam patlamalarıydı. Lyell'ın kuvvetli tesiri altında olan Darwin, yerküre için tasavvur edilen tekdüze bir sistemi biyolojik süreçler için de öngörmüştü. Dolayısıyla Darwin, büyük canlı gruplarının bir anda silinip gittiklerine ikna olmamış ve aynı ara formların eksikliği için yaptığı gibi kitlesel yok oluş dönemleri olarak tespit edilen sınırların da jeolojik kayıttaki büyük eksikliklerden kaynaklandığını savunmuştu. Ancak Darwin, kitlesel yok oluş dönemlerini hatalı bir şekilde göz ardı etmişti. Bu nedenle, De Vries'in işaret ettiği tarzda bir sıçramalı bir evrim modeli, erken dönem genetikçilerine olduğu kadar jeolojik kayıtta keskin sınırlar ile belirlenen fosil kuşaklarıyla uğraşan paleontologlara da çok sempatik gelmiş olmalıydı.

Fosil kayıtlarında gözlemlenen yok oluş dönemleri, modern jeoloji ve paleontoloji anlayışımızın ortaya çıkmasındaki temel etkenlerden biri olmuştur. Paleontoloji iki ana kısımdan oluşur: Anatomi ve stratigrafi. Stratigrafi, veya Türkçe çevirisiyle tabaka tasviri (veya betimi), jeolojinin kayaç tabakalarını çeşitli içeriklere göre ayırmamızı sağlayan bir dalıdır. Doğal olarak, paleontolojide kullanılan stratigrafi çeşidi ise biyostratigrafidir. Biyostratigrafi, temel olarak kayaç tabakalarını içerdikleri fosil veya fosillere göre birbirlerinden ayırt etmemize yardımcı olur. Bir kayaç istifi üzerinde belirlediğimiz ve birbirini zaman sırasıyla takip eden fosilli birimler ise fosil kuşaklarını veya diğer adıyla biyozonları meydana getirirler. Belki de paleontolojinin kurucusu sayılabilecek olan Georges Cuvier (1769-1832), bu fosil kuşaklarının varlığını gösteren ilk kişiydi.

Cuvier, hayatı boyunca ekseriyetle Üçüncü Zaman (Senozoyik veya Kenozoyik de denir) memelileri üzerinde çalışmış ve sınırları mamut ve insan gibi görece iri olan omurgalıların fosilleri ile belirlenmiş olan dört temel fosil kuşağı belirlemişti.[82] Buna göre yerküre üzerinde önce sürüngenler çağı hüküm sürmekteydi, onun ardından önce *Palaeotherium*[83] (Paleoteryum diye okunur) çağı, akabinde mamutlar, mastodonlar ve *Megatherium*'ların[84] (Megateryum diye okunur) çağı ve nihayet insanların çağı geliyordu. Dolayısıyla kayaçları artık içerdikleri fosillere göre bölümleyebilmek imkânı ortaya çıkmıştı. Modern jeolojide kullandığımız biyostratigrafi modelinin temelini oluşturan bu sistem, Fransa'da Cuvier ile birlikte Alexandre Brongniart (1770-1847); ayrıca yine

82 Cuvier, G. 1825, *Discours sur la Révolutions sur la Surface de Globe*, G. Dufour et De. D'Ocagne: Paris (3. baskı), sayfa 353.

83 Yaklaşık 45-50 milyon sene önce Eosen Dönemi'nde yaşamış, tek toynaklılardan fosil bir memeli türü.

84 Bugünkü tembel hayvanın dev bir akrabası olan bu hayvan, son buzul çağında Güney Amerika'da yaşamıştır.

zamanın İngiltere'sinde William Smith (1769-1839) tarafından uzak mesafeli kayaçları deneştirmek için de kullanılmıştır. Biyostratigrafinin temel birimleri olan fosil kuşakları, içerdikleri fosiller sayesinde kayaç katmanlarının yerküre tarihinde hangi döneme denk geldiğini anlamamızı sağlar; böylece bağıl (göreli) bir zaman kıstası elde etmiş oluruz. Salt kayaç sınırlarından ibaret olan litostratigrafik haritalar üzerine eklenen bu zaman kıstası, ilk modern jeoloji haritalarının da doğmasını sağlamıştır.

Her ne kadar Cuvier'i takip eden keşifler artık çok daha detaylı ve açık bir fosil kaydını ortaya sermekteyse de (örneğin, insanların mamutlar, kıllı gergedanlar ve kılıç dişli kaplanlar gibi son buzul çağından kalma hayvanlar ile beraber yaşadıkları artık bilinmektedir), ortaya koyulan ani kesintilerle dolu olan bir fosil kaydı bugün kullandığımız jeolojik zaman cetvelini kurmakta kullanılan temel unsur olmuştur. Cuvier'nin tespitleri doğru çıkmıştı. 1879'da tanımlanacak olan Ordovisyen haricindeki tüm jeolojik dönemler, sınırları çeşitli nesil tükenişleri ile çizilmiş olarak 19. yüzyılın ortalarına gelindiğinde çoktan belirlenmişti. Cuvier'nin çalışmalarından edindiği temel gözlem, belli jeolojik tabakaların belli karakteristik fosiller içerdiği ve bir sonraki tabakada, o tabakayı temsil eden daha başka fosiller olduğuydu. Aradaki geçişin nasıl olduğu muallaktı. Cuvier bu geçişlerin ani oluşan çeşitli büyük felaketler sonucu olduğunu düşünüyordu ve bu tespitleri, yine William Whewell'in tabiri ile, afetçilik[85] olarak anılmaya başlanmıştı. Gerek paleontolojik gerekse güncel biyolojik gözlemleri, kendisini canlıların değişmediğine ikna etmişti ancak onların nasıl oluştuğu sorusuna da bir yanıt bulamamıştı. Buna rağmen Cuvier, bir hayvanı bedeninin tek bir parçasından dahi tanımamıza imkân veren anatomik mukayeseye dayalı ilkelerini evrim kuramından bağımsız olarak geliştirmiş, ama bu anatomik benzerliklerin canlıların ortak bir soydan türediklerinin bir sonucu olduğunu ise asla kabul etmemişti.[86] Cuvier, anatomi konusunda bir deha olmasına rağmen mukayeseli anatomiyi ilk uygulayan kişi değildi. Onu diğerlerinden ayrı bir noktaya getiren sadece fosil parçalarını doğru tahlil edebilmesi değil, soyu tükenmiş olanları da kesin olarak ayırt edebilmesiydi.[87]

19. yüzyılın ikinci yarısı ve 20. yüzyılın başlarında olgunluk çağlarını yaşayan, aralarında Edward Drinker Cope (1840-1897), Henry Fairfield Osborn (1857-1935) ve Robert Broom (1866-1951) gibi pek çok ünlü ismin de bulun-

85 İng. Catastrophism.

86 Her ne kadar pek çok kaynak, Cuvier'nin evrim fikrine karşı çıkmasının dini sebeplerden ileri geldiğini öne sürse de, Cuvier'nin eserlerinde böyle bir iddiayı doğrulayacak hiçbir ibare olmadığını belirtmek gerekir (bkz. Şengör 2004, adı geçen eser, sayfa 84).

87 Cuvier yok oluş kavramını ilk ortaya atan kişi değildir. Cuvier'den önce de pek çok kimse bazı fosillerin bugün artık yaşamayan canlıları temsil ediyor olabileceklerini iddia etmişse de, karaların ve okyanusların keşfedilmiş alanları pek sınırlı olduğu için o yıllarda böyle bir iddiayı doğrulamak mümkün olmamıştı. Cuvier gergedan ve fil gibi gözden kaçamayacak kadar büyük kara hayvanlarını incelediği ve onun yaşadığı dönemde Antarktika hariç bütün kıtalar keşfedilmiş olduğu için mamut gibi hayvanların soylarının tükenmiş olduğuna kesin kanaat getiren ilk kişi olmuştu (Şengör 2013, adı geçen eser, 174. ve 175. sayfalar).

duğu paleontoloji camiasında ise genel olarak canlıların düz bir hat üzerinden evrimleştiklerini varsayan gelişimci bir evrim görüşü hâkimdi.[88] Bunun yanı sıra, bir anda fosil kaydında beliren ve yavaş hızlarla seyreden bir evrimle ortaya çıkamayacakmış gibi görünen bu hayvanların, büyük bir mutasyon sıçramasıyla oluştukları da düşünülüyordu. Buna karşılık, yine bir paleontolog olan George Gaylord Simpson (1902-1984) hem paleontolojinin hem de makroevrimin modern sentezin bir parçası olduğunu gösteren en önemli isim olmuştu. Doğal seçilimin temelini oluşturan adaptasyon, Simpson için de evrimin anahtar kelimesiydi ve bütün makroevrimsel değişimlerin mikroevrimsel temeli olduğunu tespit etmişti. Aynı isimli meşhur kitabında[89] açıkladığı evrimde *tempo* (değişim miktarının zamana oranı[90]) ve *mod* (değişimlerin hangi kalıplarda ortaya çıktığı[91]) kavramları, hem türlerin hem de tür üstü grupların evrimine farklı bir bakış açısı getirmişti.

Simpson üç ayrı evrim modu tanımlamıştı: Mayr'ın dışvatan türleşmesini esas alan bir türleşme modu[92], popülasyonların zaman içinde farklılaşarak cinsler ve aileler gibi düşük mertebeli taksonomik grupları oluşturdukları soyoluşsal evrim[93] modu, ve takımlar gibi daha yüksek mertebeden ve aralarında ciddi anatomik farklılıklar bulunan yeni taksonomik grupların oluşturdukları kuantum evrim[94] modu. Zaten Darwin'in öngördüğü gibi uzun bir zaman sürecindeki kademeli değişimleri yansıtan düşük tempolu ilk iki modu bir kenara bırakırsak, dar bir zaman aralığındaki büyük değişimleri içeren yüksek tempolu bir evrim modu üzerinde durulmaya değer bir fikirdir.

Yeni türlerin veya tür üstü grupların evrimi için gereken altyapıyı oluşturacak zamanı tanıyan düşük tempolu modların aksine, kuantum modunda bu çeşit hızlı adaptasyonların ortaya çıkabilmesi için bir popülasyonun uygun ön adaptasyonlara sahip olması şarttır. Kuantum moduna örnek teşkil eden ve

88 Dönemin paleontologları bu gelişime dayalı evrim fikirlerini çeşitli isimlerle altında tanımlasalar da, ben burada hepsini kabaca "Orthogenesis" fikri altında birleştirdim (Eski Yunanca, *orthos* "düz, doğru" + *genesis* "doğuş, oluşum").

89 Simpson, G. G. 1984, *Tempo and Mode in Evolution*, New York: Columbia University Press. Bu kitabın ilk nüshası 1944 yılında yine aynı künye ile basılmıştır.

90 İng. Rate of evolution.

91 İng. Mode of evolution, yani evrimin kipi. Simpson'ın bilimsel kimliğine yönelik detaylı bir biyografi kaleme alan paleontolog Leo Laporte, Simpson'un "mode" kelimesini evrimin mikro veya makro boyutlarını belirtmenin yanı sıra istatistikteki en çok tekrarlanan değer anlamında da kullandığının altını çizmiştir (bkz. Laporte, L. F. 2000, George Gaylord Simpson: Paleontologist and Evolutionist, Columbia University Press, New York).

92 Türleşme modu, Simpson tarafından hem kelime anlamıyla, hem de tür altı çeşitlenmelerini (ırk vb.) irdeleyen bir mod olarak ortaya konulmuştur. Bu sebeple hem mikroevrimsel hem de makroevrimsel bir mod olarak düşünülebilir.

93 İng. Phyletic evolution.

94 Simpson'un da kitabının 199'uncu sayfasında açıkça belirttiği üzere, kuantum kelimesi burada sadece çok hızlı cereyan eden bir olayı anlatmak için kullanılmıştır. Kuantum fiziği veya herhangi başka bir düşünceye atfedilmemelidir.

uzun süredir paleontologların aklını kurcalayan yok oluş dönemleri ve akabinde gelen müthiş bir biyolojik çeşitlilik[95], aslında düşük tempolu evrimin eski seçilim baskısının ortadan kalkması ve hemen sonrasında yeni seçilim şartlarının yerleşmesiyle birlikte hızlanmış halinden başka bir şey değildir. Dahası, bu yüksek tempo sadece çok kısa bir zaman dilimi için geçerlidir sonrasında canlılar tekrar eski düşük tempolu evrimlerine devam etmektedir. Bunun sebebi, Simpson da Darwin gibi hem yeni türlerin, hem de daha büyük grupların kural olarak sadece uzun bir zaman dilimine yayılmış olan küçük değişimlerle ortaya çıkabileceklerini görmüş olmasıdır.

Mayr'ın yalıtılmış üretkenlik prensibi ve Simpson'un yüksek tempolu evrim mekanizması yeni bir evrimsel modele kaynak teşkil etti. Bu alternatif model, yani kesintili denge[96], Amerikalı paleontologlar Niles Eldredge (1943-) ve Stephen Jay Gould (1941-2002) tarafından ilk defa 1972 yılında yayımlanmış[97], daha sonrasında özellikle Gould tarafından üzerinde çokça çalışılmıştır.[98] Kesintili denge, durağanlık ile yüksek tempoluyu harmanlayan evrimsel bir modeldir ve sahip olduğu kesintili tempo ile yavaş ilerleyen düşük tempolu evrimsel modelden ayrılır.

Kesintili dengenin ilk prensibi türlerin var oldukları süre boyunca durağan kalmalarıdır. Eldredge ve Gould tarafından "stasis" adı verilen bu durağanlık, bir tür içindeki varyasyonların asgari seviyede kalması anlamına gelir.[99] Değişik gruplara mensup olan pek çok fosil türü incelendiğinde, bu türlerden herhangi birinin ilk ortaya çıkış ile yok oluş noktalarından alınan örneklerin morfolojisi çoğu zaman aynı tanım aralığı içine düşer; dolayısıyla paleontologlar bu aralığı söz konusu türün menzili olarak işaretlerler. Bu menzilin süresi çoğunlukla sadece bir kaç milyon yıldır; akabinde yüksek tempolu bir türleşme ile yeni tür veya türler ortaya çıkar.

Eldredge ve Gould kesintili denge modeli için öncelikle kendi çalışmaları olan Orta Devoniyen Dönemi'ne ait olan bir trilobit olan *Phacops rana* (Fakops rana diye okunur) ve Pleistosen Dönemi'ne ait olan bir deniz salyangozu olan *Poecilozonites bermudensis* (Pösilozonayts bermudensis diye okunur) üzerinden açıklamış olsalar da, kesintili dengenin çeşitli fosil gruplarının jeolojik kayıttaki değişimlerini de açıklayabildiği görülmüştür.[100] Kesintili denge biyoloji-

95 Henry Fairfield Osborn'un tabiriyle "adaptive radiation". Bu terim Türkçe'ye "uyumsal dağılım" olarak tercüme edilebilir. Uyumsal dağılım sadece yok oluş zamanlarında değil, yalıtılmış ve uygun şartlara sahip herhangi bir bölgeye dağılan canlıların ekolojik rekabeti sırasında da gözlemlenir.

96 İng. Punctuated equilibrium.

97 Eldredge, N. ve Gould, S. J. 1972, Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism, *Models in Paleontology*, sayfalar 82-115, Freeman Cooper & Co.:San Francisco.

98 Bkz. Gould, S. J. 2007, *Punctuated Equilibrium*, Harvard University Press: Cambridge, London.

99 İng. "Stasis is data".

100 Bkz. Gould, S. J. Ve Eldredge, N. 1993, *Punctuated equilibrium comes of age*, Nature 366(6452), 223-227; ayrıca Gould 2007, adı geçen eser.

den çok jeolojiye sırtını dayamış bir teori olduğundan, bu teorinin köklerinin daha öncelere, biostratigrafinin palazlanmaya başladığı zamanlara rastlaması da sürpriz değildir. Coğrafi türleşme kavramının Mayr'dan bir yüzyıl önce von Buch tarafından düşünülmüş olmasına benzer bir şekilde, yüksek tempolu bir türleşme fikri de Eldregde ve Gould'dan, hatta Simpson'dan da önce dile getirilmeye başlanmıştı. Modern tektoniğe giden yolda bahsi geçen Eduard Suess, 1863 yılında kaleme aldığı makalesinde bir fosil türünden diğer bir fosil türüne olan geçiş aralığının bu fosillerin menzillerine oranla çok kısa olduğunu tespit etmişti.[101] Böylece yerbilimlerinin gücünün bir kez daha modern biyolojik evrim anlayışımıza ışık tuttuğunu görmekteyiz.

Kesintili denge konusunda anlaşılması gereken çok mühim bir nokta bulunmaktadır. 1903 yılında İngilizceye tercüme edilen makalesinde De Vries, türler arasındaki geçişlerin anlık mutasyonlarla olduğunu düşünmüş; fakat fosil türlerin menzillerinin geniş olması nedeniyle bu mutasyonların uzun jeolojik zaman aralıklarıyla meydana gelmesi gerektiğine kanaat getirmişti. De Vries'in mutasyona bağlı bu ani değişimlere ithafen kullanılan sıçramacılık[102] veya onun türevi olan Goldschmidt'in makromutasyon[103] modeli, zaman zaman hatalı olarak kesintili denge modeliyle eş tutulmuştur. Eldredge ve Gould'un altını çizmek istedikleri durum, herhangi bir Darwin karşıtı yöntem değildir; aksine Darwin'in öngörüsünde haklı olduğunun ispatıdır. Ara formlar gerçekten de jeolojik kayıtta mevcuttur ama maruz kaldıkları evrimsel tempoya göre bu ara formlar fosil olarak korunamayabilirler.[104]

Eldredge ve Gould'un üzerinde durdukları bir türün tamamının değil sadece bütünden yalıtılmış olan küçük bir kısmının yeni bir türe evrimleşmesi, yani Mayr'ın dışvatan türleşmesinin bir türevi olan yakınvatan türleşmesi[105], normalde milyonlarca yıl sürmesi öngörülen bir süreci binyıllar ile ölçülebilecek düzeye indirir. Bu biyolojik olarak halen çok uzun ama jeolojik olarak göz açıp kapayıncaya kadar geçen bir süredir. Bu kadar kısa zaman aralığını temsil eden çökeller jeolojik istiflerde tespit edilemezler ve bu sebeple, yakınvatan türleşmesi ile oluşmuş türler sanki jeolojik kayıtta aniden ortaya çıkmış gibi görü-

101 Bkz. Rhodes, 1987, adı geçen eser; ayrıca Şengör A. M. C. 2014. *Eduard Suess and Global Tectonics: An Illustrated 'Short Guide'*, Austrian Journal of Sciences 107: 6-82. Suess'in bu makalesine Darwin'in dikkatini çeken kişinin yakın bir arkadaşı olan jeolog ve paleontolog Hugh Falconer (1808-1865) olduğunu öğreniyoruz. Darwin daha sonradan bu çabuk türleşme modunu Türlerin Kökeni'nin dördüncü baskısında işleyecek, ve aynı coğrafi türleşme için söylediği gibi hızlı türleşmenin de doğal seçilimin belirli şartlar altında gerçekleşebilen bir parçası olarak görecek ve ara türlerin fosil kayıtlarında neden bu kadar az göründüğünü açıklamak için kullanacaktı.

102 İng. Saltationism.

103 İng. Macromutation.

104 Bu şekilde Darwin'in jeolojik kaydın eksikliğine bağladığı "boşluk"ların, yani varyete eksikliklerinin nedenine kavuşmuş oluyoruz. Ancak kast edilen diğer fosil eksiklikleri, yani ara türler ve cinsler, modern paleontolojinin sayısız fosil keşfi ile doldurulmaya devam edilmektedir.

105 İng. Peripatry. Selefleri olan Simpson'un kuantum evrim teorisinde de yalıtılmış küçük popülasyonlar başroldedir (Simpson, 1944, adı geçen eser, özelikle tablo 19).

nürler. İşte jeolojik kayıtta sıçrama zannedilen hadise, Simpson'un da fark ettiği gibi, aslında büyük değişimlerin çok daha dar bir zaman aralığına sıkışmış olan "hızlandırılmış" bir türleşme mekanizmasıdır. Ancak Eldredge ve Gould için kesintili denge, Simpson'un düşündüğü gibi düşük tempolu süreçlerin yönettiği bir bütünün istisnası değil, türleşme başta olmak üzere çoğu evrimsel değişimin temel temposu olarak kabul görür.[106]

JEOLOJİK ZAMAN İLE BİYOLOJİK ZAMAN ARASINDAKİ FARKLAR

Kesintili denge, türleşme süresinin biyolojik anlamda çok uzun fakat jeolojik anlamda çok kısa olması anlamına gelir. İşte bu yüzden tam burada jeolojik zaman ve biyolojik zaman kavramlarını detaylandırmak gerekir. Bu iki kavram, birimleri farklı olan iki zaman ölçeği olarak düşünülebilir. Jeolojik zamanın ölçüsü jeolojik süreçlerdir, örneğin tortullaşma (yani çökelim, sedimantasyon) veya dağ oluşumları gibi. Güncel süreçlerden örneklemek gerekirse, günümüz okyanuslarında ortalama olarak her bin yılda sadece bir kaç milimetrelik tortu katmanı çökelmektedir.[107] Bu da birkaç metrelik bir kayaç istifinin oluşabilmesi için en azından bir milyon sene gerektiğini gösteriyor. Jeolojik çalışmalarda sıkça ölçtüğümüz yüzlerce metre kalınlığındaki kayaç istiflerinin oluşabilmesi için gereken zamanı ise sizler tahmin edebilirsiniz. Öte yandan, İspanya'dan Çin'e kadar uzanan Alp-Himalaya dağ kuşağının bir parçası olan Toros Dağları, bugünkü rakımına en az 50 milyon sene önce başlayan tektonik bir yükselmenin sonrasında ulaşmıştır.[108]

Anaksimandros'un kendi evrim teorisini ortaya koymasına ilham kaynağı olan Büyük Menderes deltasının binlerce yıllık ilerleyişi veya yine hikâyesine değindim son süperkıta Pangea'nın dağılmasıyla başlayan ve 200 milyon yıldır devam eden güncel kıta hareketleri gibi çoğu jeolojik süreç temelde yavaş ve sürekli bir şekilde devam ettiğinden yerbilimciler dışında çoğu kimsenin dikkatini çekmez. Jeolojik süreçlerin halen faal olduklarını herkese gösteren esas durumlar ise arada bir patlak veren doğal afetlerdir. Buna rağmen çoğu doğal afet bir insan ömrü içinde deneyimlenebilen ve oluş sıklıkları medeniyetin yazılı kaynakları içinde belgelenebilen olaylardır. Tarihsel kayıtlara bakıldığında eğer biriken enerjiyi boşaltan ufak depremlerin olmamış ise her 250-300 senede bir gerçekleştiği anlaşılan (ve en sonuncusunun 1766 yılında gerçekleştiği)

106 Gould, 2007, adı geçen eser, 345. ve 346. sayfalar ve içlerindeki referanslar. Hem mikro hem de makro ölçekte kullanılabilir olan kesintili temponun, katı bir süreklilik gösteren modlara (kendi deyimleriyle "Phyletic gradualism" veya dilimize tercümesiyle "kademeli [veya tedrici] soyoluş") göre daha baskın olduğu Eldredge ve Gould tarafından savunulsa da, iki evrimsel modelin de geçerliliklerini korumaları hangisinin daha yaygın olarak cereyan ettiği üzerine yapılan tartışmaları halen canlı tutmaktadır.

107 Chester, R. 2000, *Marine Geochemistry*, Chapman & Hall Limited (ikinci baskı), sayfa 346, tablo 13.2 ve içindeki referanslar.

108 Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. 1981, *Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach*, Tectonophysics 71:181-241.

büyük İstanbul depremleri süreklilik arz eden doğal afetlere ülkemizden iyi bir örnektir.[109] Depremler bağlı oldukları fay sistemlerinin evrimini de bilebilmemizi sağlar; yapılması gereken tek şey bugüne kadar gerçekleşmiş olan atım miktarını geriye sarmaktır. Medeniyetin kayıt edemeyeceği kadar önce olmuş jeolojik olaylara ise yerbilimsel gözlem ve hesaplamalar ile ulaşabiliyoruz. Bugünkü kayaç oluşumlarını, yaşayan canlıları ve yerküreyi ilgilendiren pek çok diğer değişkeni ortaya çıkaran süreçlerin geçmişte de benzer şekilde işlediğini varsayan güncelcilik prensibinden hareketle, jeolojik zamanın derinliklerinde oluşmuş kıtalarını, dağlarını, havzalarını, akarsularını ve tüm diğer yerküre yapılarını bu çeşit geçmişe dönük bilimsel çıkarımlarla kavramak mümkündür.

Biyolojik zaman ise bir canlının ömrünü birim alan bir zaman ölçeğidir. Jeolojiyi icat eden insan algısına hitap etmek adına, ortalama bir insan ömrünü biraz önce örneklediğim milyon seneler ile kıyaslamaya çalışın. Bu nedenden ötürü nesilleri kapsayan zaman dilimleri ancak biyolojik zamanda uzun bir süreyi ifade eder; oysa jeolojik zamanda ölçeğinde bunlar sadece bir andan ibarettir. Hatta pek çok canlının ömrünün bir insandan çok daha kısa olduğunu hatırınıza getirdiğinizde bu iki zaman ölçeği arasındaki karşıtlığın daha iyi anlaşılabileceğini sanıyorum.

Peki canlıların evrimini hangi zaman ölçeğinde değerlendirmeliyiz? Jeolojik süreçler için yaptığımız gibi günümüzde cereyan eden mikroevrimsel süreçlerden yola çıkalım. Biyolojik çeşitliliğin ilk adımı olan türleşmenin popülasyonlar üzerinden yürüyen bir süreç olduğunu yukarıda görmüştük. Maruz kalınan seçilim unsurları bir popülasyonun nesiller içinde şartlara uygun olan bireylerin hayatta kalmasını ve kendi başarılı genlerini popülasyonun geneline yaymasını sağlar. Mesela, insan ürünlerine zarar veren kemirgenler ve böcekler gibi canlıların, onları yok etmek için kullanılan pestisit adlı kimyasallara karşı bir süre sonra bağışıklık kazandıkları ve dirençli bireylerden oluşan sonraki nesillerin yeniden çoğalmaya başladıkları yaygın bilinen bir durumdur. Benzer bir hadise de, hastalıkların tedavisinde de kullanılan antibiyotiklerin bir süre sonra kırmaya çalıştıkları mikropların ilaca direnç kazanmaları sonucu işe yaramaz hale gelmesidir. *Escherichia coli* (Eşerikya koli diye okunur), veya yaygın bilinen ismiyle *E. coli* bakterileri üzerinde gerçekleştirilen ve artık klasikleşmiş olan bir laboratuvar çalışması gerçekten de nesiller içinde koşullara daha iyi uyum sağlamış *E. coli* popülasyonlarının evrimini kayda geçirmiştir.[110]

Popülasyon içi değişimin bir adım ötesi olan yeni ırkların (yani alt türlerin) ve yeni türlerin evrimine en bilindik örnek, Darwin'in de seçilim teorisini kurarken temel aldığı soy ıslahı ve evcilleşme süreçleridir. Özellikle son 10 bin

109 Kaplan, S. ve Şengör, A. M. C. 2006, *99 sayfada İstanbul depremi*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.

110 Lenski, R. E. ve Travisano, M. 1994, *Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations*, Proceedings of the National Academy of Sciences 91:6808-6814.

yıl içinde yoğunlaşan evcilleştirme ve ıslah çalışmalarımız sonucu çeşitli bitki ve hayvanları ihtiyaç ve zevklerimize göre belirlediğimiz üreme koşullarına tabi tutarak binyıllar içinde çok sayıda yeni ırk ve tür yarattık. İnsan eliyle yapılan yapay seçilim koşullarının doğadaki koşullara oranla çok daha hızlı bir evrime yol açtığı bir gerçektir. Ancak doğadaki yalıtım ve seçilim baskısıyla oluşan yeni türler, kesintili dengenin gösterdiği biyolojik olarak epey nesli kapsayacak kadar yavaş fakat jeoloji ölçeğinde çoğu zaman tespit edilemeyecek kadar hızlı değişimleri yansıtmaktadırlar. Bu çeşit değişimleri uzun vadeye yaydığımızda yeni cinsler, aileler gibi tür üstü grupların meydana geleceği açıktır. Bu çeşit tür üstü grupların ortaya çıkması, yok oluş dönemleri gibi hızlı tempolu evrimin gözlendiği özel durumlar haricinde, milyon senelere yayılan yavaş bir süreci temsil eder. Dolayısıyla, biyolojik evrimin temposu "jeolojik olarak yavaş" ve "jeolojik olarak hızlı" başlıkları altında ikiye ayrılabilir. Gelgelelim her iki durumda da evrim biyolojik ölçekte her zaman yavaş işler.

SONUÇ

Görüldüğü üzere doğal seçilim ve modern biyolojik evrim teorisine giden yolu açan temel felsefe, jeoloji bilimi altında gelişen zaman kavramı ve onun yansıması olan birörnek doğa işleyişidir. Dağ oluşumları başta olmak üzere tüm tektonik hareketler, ortalama olarak yılda sadece birkaç santimetre mertebesinde ilerleyen son derece yavaş süreçler olmalarına rağmen yerkürenin değişen ve evrimleşen çehresini oluşturan temel mekanizmaları temsil ederler. Sonuç olarak, yerkürenin yavaş ve sürekli işleyiş mekanizmasının fark edilmesi Hutton, Suess, Argand ve Wegener gibi birörnekçi jeologları, ani ve büyük afetler üzerine kurulu bir yerküre düşleyen Werner, von Buch, Élie de Beaumont ve Dana gibi diğerlerinden bir adım öne çıkarmıştır. Yerkürenin bu yavaş ancak sürekli evrim sürecinin hikâyesi ise, üzerindeki yaşamın belki de oluşumundan itibaren gelen izleri ile birlikte, kayıtlı olduğu tek adres olan kayaçlardan okunabilir.

Yine de Cuvier gibi bazı afetçilerin salt gözleme dayalı yaklaşımları, jeolojinin sadece düşük tempolu süreçlerden ibaret olmadığının ve yerel veya küresel ölçekteki yüksek tempolu olayların geçmişte de yaşandığının fark edilmesini sağlamıştır. Bir akarsuyun on binlerce yıl içinde yavaş yavaş taşıyıp biriktirdiği alüvyon ile bir volkanın magma odasında yüz binlerce yıl içinde biriken basınç aslında aynı birörnek süreçlerin ürünleridir. Aralarındaki tek fark, oluş tempolarıdır. Alüvyonlar düşük ama sürekli bir tempo ile her gün oluşturdukları deltayı biraz daha genişletirken, bir volkan ancak oluşan basınç eşik değerini aştıktan sonra faaliyete geçer. Bu faaliyetin arasındaki zaman süreci ise pek uzun (on binlerce veya yüz binlerce yıl) olabilir. Dolayısıyla, hazırlanış bakımından birörnek olan süreçlerin oluş bakımından kimi zaman afet şeklinde sonuçlanması bizi bugün kullandığımız güncelcilik prensibine getirmiştir.

Benzer şekilde, Hutton'un birörnek bir doğa algısı nasıl ki zamanla biyolojiye sirayet etmiş ve en nihayetinde Darwin'in düşük tempolu evrim fikrine hayat vermişse, Simpson, Eldredge ve Gould tarafından öne sürülen yüksek tempolu evrimin de yine aynı birörnek sürecin sadece daha dar biz zaman aralığına sıkışmış, kesintili bir versiyonu olduğunu unutmamak gerekir. Dolayısıyla paleontolojinin biyolojik evrime katkısı olan değişken bir tempo, belki de biyolojik evrimi anlamamızı sağlayan en önemli farkı, yani jeolojik zaman ile biyolojik zaman arasındaki farkı gün yüzüne çıkarmıştır.

Evrim, hem biyolojik hem de jeolojik zamanda yavaş işleyen bir olguysa da, bazı durumlarda jeolojik zaman ölçeğinde daha hızlı gerçekleşebilir. Böyle durumlar, sanki yeni canlılar bir anda ortaya çıkıyormuş gibi yanlış bir izlenim bırakabilir. Burada her zaman akılda tutulması gereken, en kısa jeolojik zaman diliminin bile biyolojik zaman karşılığının çok uzun olduğu ve jeolojik kayıtta aniden oluşmuş gibi görünen her türlü yaşam formunun da uzun bir zaman dilime yayılmış olan küçük değişimler silsilesinin ürünü olan evrimsel bir altyapıya sahip olduğudur.

Pekâlâ, kitabımızın bu kısmında Dünya'yı "yarattık" ve bu jeolojik altyapıyı evrim ile birçok açıdan birleştirmeyi başardık. Peki, canlılık cansızlıktan evrimleştikten sonra bulduğu yaşam alanlarına nasıl yayıldı? Evrim yoluyla tarih sahnesine çıkan yepyeni türler ve uzun süredir bulundukları bölgelere uyum sağlamayı başarmış türler birbirleriyle nasıl etkileştiler? Av ile avcı, canlı ile doğa arasındaki köprü evrimsel süreçte nasıl kuruldu? İşte bu soruların cevaplarını öğrenmek için, bir sonraki bölümümüz olan Ekoloji'ye bir bakış atmamız gerekiyor.

BÖLÜM IV

EKOLOJİ

Çevreden Bağımsız Bir Evrim Düşünülemez![1]

M. Çisel Kemahlı Aytekin - Çağrı Mert Bakırcı

Doğayı incelediğimizde dikkatimizi çekecek olan ilk şey, envai çeşit canlı türünün birbirinden bağımsız olarak yaşamadığı, hatta tam tersine, birbirinden bağımsız olarak yaşayamayacağıdır. Doğanın içinde, milyarlarca yıldır süregelen evrimsel değişim ve yerel veya kitlesel yok oluşlara bağlı olarak ortaya çıkan, muazzam karmaşıklıkta bir ilişkiler ağı bulunur. Avlar, avcılar, organizmalar, türler arası ilişkiler, canlı-cansız ilişkileri, ekosistemler, üretim, tüketim, nişler, bölgeler, alanlar, tür içi ilişkiler ve daha nicesi, bu baş döndürücü karmaşıklıktaki ağın parçalarıdır. Bu ağın bazı kısımları birbiriyle ayrılamaz derecede sıkı sıkıya bağlantılıyken, bazı diğerleri arasındaki bağ daha gevşek ve esnektir. Bazı türler bu ağın devamlılığı için vazgeçilmezken, bazı diğerleri yok olacak olsa ağın büyük çoğunluğu bunun farkına bile varmayacaktır. İşte bu ve bunun gibi ilişkiler, bağlantılar, parçalar ve grupların bir araya gelmesiyle oluşan ekolojik sistemi inceleyen bilim dalı, Ekoloji olarak bilinmektedir.

Ekoloji genellikle kısaca canlıların canlı veya cansız çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanır. Yunancada "ev" ya da "çevre" anlamına gelen οἶκος ile "çalışma", "bilim" anlamına gelen –λογία sözcüklerinin birleşiminden türetilmiştir. Bir nevi, "evimiz" olan Dünya'yı ve bu gezegen içindeki canlı-canlı, canlı-cansız ve cansız-cansız ilişkilerini çalışmanın bilimidir. Elbette ekoloji, biyolojinin bir alt sahası olarak ağırlığını "biyo"ya, yani "canlı"ya verir. Cansızları çalışan çok sayıda diğer bilim dalı bulunmaktadır ve bunların evrimle ilişkili olanlarının bazılarına kitabın ilerleyen bölümlerinde

1 Bu bölüme yapmış olduğu katkılardan ötürü, Pensilvanya Eyalet Üniversitesi'nden Mehmet Ali Döke'ye, yazarlarımızdan Opr. Dr. Metin Berberoğlu'na ve Evrim Ağacı editörlerinden Şule Ölez'e teşekkür ederiz.

değineceğiz. Fakat ekoloji, canlıların cansızlardan evrimleştiği gerçeğinin bilincinde ve canlılığın halen cansız yapılara olan bağımlılığının farkında olan bir bilim dalı olarak, çalışmalarından asla "cansızlık" unsurunu çıkarmaz, çıkaramaz.

Böylesine karmakarışık ve çok seviyeli bir ağı, bir bütün olarak çalışmak pratik olarak imkânsızdır. Bu sebeple ekologlar doğaya eğitimli gözlerle bakarlar ve kendini tekrar eden desenleri bulmaya çalışırlar. Bunu yaptığımızda gördüğümüz, biyologların tanımladığı türlerin neredeyse hiçbir zaman tamamen izole halde yaşamadığı; ancak yine de aralarında türdaşlık bağı bulunan canlıların genellikle gruplar halinde yaşamayı tercih ettiği gerçeğidir. İşte tam olarak bu nedenle ekologlar, ekolojik sistemin ana parçaları olan organizmaları iki seviyede incelerler: Popülasyon ve komünite.

Popülasyonlar, aynı türe ait olan (dolayısıyla birbiriyle çiftleşebilen veya çiftleşme potansiyeli bulunan) ve belli bir coğrafi alanda yaşayan organizmaların bir bütünüdür. Popülasyon analizi birçok açıdan son derece büyük öneme sahiptir. Evrimsel biyoloji ve popülasyon genetiği ile ilgili bölümlerde gördüğümüz üzere, popülasyonların geneline bakarak türlerin evrimsel değişim hızlarını, evrimsel tarihlerini, günümüzdeki ekolojik ilişkilerin gelişim biçimlerini, türün soyunun tehdit altında olup olmadığını, popülasyon büyüklüğünün değişim miktarını ve daha nice önemli parametreyi tespit edebiliriz.

GEZEGENİMİZDEKİ TÜRLERİN SAYISI

Ekolojiden, popülasyonlardan ve türlerden söz ederken akla gelen ilk soru, gezegenimizde var olan tür sayısıdır. Ekologların yaptıkları kapsamlı istatistik, ölçüm ve analiz işlemleri sayesinde bugün gezegenimizde varlığını sürdürmekte olan tür sayısını yaklaşık olarak tespit edebilmekteyiz. Bu konuda yapılan en güncel çalışmaların bulgularına göre, şu anda gezegenimizde ortalamada 8.7 milyon ökaryotik (zarlı organelleri bulunan, karmaşık hücre veya hücrelere sahip) canlı bulunmaktadır. İstatistiki hata payları dahilinde, bu sayı muhtemelen 7.4-10 milyon arasında değişmektedir. Bu sayıya, prokaryotik (bakteri ve arkeler gibi daha basit yapılı olan, zarlı organelleri olmayan) canlıların dahil edilmediğine dikkat ediniz. Dahası, yapılan araştırmalar şu anda karalarda bulunan canlıların sadece %14'ünün, denizlerde bulunan canlıların ise sadece %9'unun keşfedildiğini göstermektedir. Yani sayıp sayabileceğiniz bütün türleri aklınıza getirecek olursanız veya bir türler atlasını açıp bu devasa kalınlıktaki kitapları inceleyecek olursanız, hakkında bilgi edinebileceğiniz tüm canlı türlerinin yaklaşık 10 katı kadar tür şu anda gezegenimiz üzerinde yaşamaktadır; ancak bizler tarafından henüz keşfedilmemiştir! Bu nefes kesici gerçek bile başlı başına biyolojinin ve özellikle de ekolojinin önemini bizlere göstermektedir. Bugüne kadar keşfettiğimiz türlerden öğrendiklerimizi düşünürseniz,

önümüzdeki onyıllarda keşfedeceğimiz türlerden öğreneceklerimiz hakkında hayaller kurmak bile size heyecan vermelidir.

Tabii ki bu açıklamamızda dikkatinizi çekebilecek ilk şey, saymanın birçok tür için neredeyse imkânsız olduğu bir konuda, bir türün popülasyon sayısını nasıl tespit edeceğimiz olacaktır. Bu konu sadece ekolojinin değil, astrofiziğin de sıklıkla karşılaştığı sorulardan birisidir: Bir galaksideki yıldızların sayısını ya da evrendeki galaksilerin sayısını nasıl bilmekteyiz? Elbette ki, bu cisimler teker teker sayılmamaktadırlar. Uzmanlar, eldeki verilerden yola çıkarak, istatistik biliminin ışığı altında giderek artan güvenilirlik oranları çerçevesinde tahminlerde bulunurlar. Bu süreçte, Lincoln Endeksi gibi henüz gözlenmemiş olaylara dair tahminlerde bulunabilmemizi sağlayan araçlar kullanırlar. Gelin bunu bir örnekle anlamaya çalışalım:

Dünyanın dört bir yanındaki ekologlar, durmaksızın yeni türler keşfetmekte, var olan türleri gözlemekte ve bu türler arasındaki ilişkileri açığa çıkarmaktadırlar. Yani birbirinden bağımsız gözlemler yapan biyologlar, bulundukları bölgelerdeki tür sayısını birbirlerinden bağımsız olarak tespit edebilmektedirler. Diyelim ki Ayşe ve Burak isimli Ankaralı iki ekolog, Haymana bölgesinde birbirlerinden bağımsız bir şekilde araştırmalar yürütürken 100'er türle karşılaşmış olsunlar. Ancak Ayşe'nin karşılaştığı 100 türden sadece 10 tanesi Burak tarafından da gözlenmiş olsun. Benzer şekilde Burak'ın karşılaştığı sadece 10 tür, Ayşe tarafından gözlenmiş olsun. Bir diğer deyişle, Ayşe'nin gözlediği 90 tür Burak tarafından, Burak'ın gözlediği 90 tür Ayşe tarafından hiç gözlenmemiş olsun. Bu durumda, bu türlerin %10'u daha sık bulunan türler, %90'ı ise nadir bulunan veya hiç tanımlanmamış türlerdir. Buna bağlı olarak, tür sayılarına ve var olan türlerin ne kadarlık bir kısmını tespit ettiğimize dair çıkarımlarda bulunmamız mümkündür. Fakat unutmamak gerekiyor ki, bu işlem içinde bolca şans faktörü ve ekologların dikkati gibi nesnel olmayan faktörler de bulunmaktadır. Fakat yine de, eğer ki 100 türün 99 tanesi her iki ekolog tarafından da gözlenmiş olsaydı, insanların bulunabilecek canlı türlerinin büyük bir kısmını bulduğuna dair fikir yürütmemiz mümkün olacaktı. İşte bundan yola çıkan Frederick Charles Lincoln, günümüzde Lincoln Endeksi denen basit bir formül geliştirmiştir:

$$L = (E_1 \times E_2) / S$$

Burada E sayıları, her bir ekolog tarafından gözlenen tür sayısıdır. Yani bizim Ayşe ve Burak örneğimizde bu E sayılarının ikisi de 100'dür. S ise, ortak olarak gözlenen tür sayısıdır (bu örnekte 10). Basit bir hesaplama, bu gözlemler sonucu elde edilen Lincoln Endeksi'nin 1000 olduğunu görebilecektir (100x100/10=1000). Bu durumda, Ankara'nın Haymana bölgesinde gözlenebilecek olan tür sayısının kabaca 1000 olduğunu tahmin edebiliriz. Dolayısıyla ekologlarımızın bu bölgede yapacakları daha çok iş var! Çünkü henüz

bunlardan sadece 190 türü tespit edebilmişlerdir (10 ortak, 90 Ayşe'ye özgü, 90 Burak'a özgü olmak üzere toplamda 190 tür). Öte yandan, ikisinin de 100'er tür inceleyip, 99'unun ortakça tespit edildiği bir durumda, Lincoln Endeksi 101 olacaktır. Yani bu ikinci örnekte incelenen bölgede tahmini olarak 101 tür bulunmaktadır ve bizler, bunun tümünü tespit edebilmişizdir (99 ortak tür, 1 Ayşe'ye özgü tür, 1 Burak'a özgü tür olmak üzere toplamda 101 tür).

Görebileceğiniz gibi, ortak gözlem miktarı arttıkça, bölgedeki tahmini tür sayısı azalmaktadır. Bu oldukça mantıklıdır, zira eğer ki birbirinden bağımsız olarak yapılan gözlemler, birçok türü ortak olarak tespit edebiliyorsa, *muhtemelen* o türlerin büyük bir kısmını çoktan tespit etmişizdir ve geriye pek bir tür kalmamıştır.

Elbette ki Lincoln Endeksi sadece bir tahmindir; ancak eğitimli ve istatistiğe dayanan bir tahmindir. Birçok limitasyonu bulunmaktadır. Örneğin, eğer ki bazı türler diğerlerine göre çok kolay tespit ediliyorsa, bazı diğer türlerse ortalamaya göre çok çok zor tespit edilebiliyorsa, Lincoln Endeksi gerçeği yansıtmayan sayılar verebilecektir. Tabii ki bunun üstesinden gelmenin yolu, araştırmaları daha uzun zaman dilimlerine yaymak, çok sayıda araştırmacı kullanmak ve araştırmaların birbirinden tamamen bağımsız olduğundan emin olmaktır.

Uzmanlar, genellikle olası maksimum tür sayısını belirlemek için sadece bu yönteme başvurmazlar; fakat biz bu yöntemi anlatması ve anlaması çok kolay olduğu için seçtik. Örneğin, dünyada 8.7 milyon ökaryotik tür olduğunu tespit eden ve *PLOS Biology* dergisinde yayınlanan araştırmada, Carl von Linneaus (Linne) tarafından geliştirilen taksonomik hiyerarşi üzerinden tespitlerde bulunulmuştur. Linne taksonomisine göre, türlerin kataloglandığı gruplar piramit benzeri bir yapı oluştururlar. Kategori seviyelerinde aşağıya inildikçe, o seviyede bulunan grupların sayısı giderek artar. Örneğin, taksonomik türlerin sayısı, taksonomik cinslerin sayısından fazladır. Cinslerin sayısı, familyalardan (ailelerden) fazladır. Ailelerin sayısı, takımlardan fazla; takımların sayısı ise şubelerden fazladır. Bu böyle devam eder. Buna paralel olarak, taksonomik hiyerarşinin üst basamaklarında yaptığımız kategorizasyonlara duyduğumuz güven, hiyerarşinin alt basamaklarındaki kategorizasyonlarımıza duyduğumuz güvenden genellikle yüksektir. Örneğin, bir türün hayvan olduğundan neredeyse kesin olarak emin olabiliriz; ancak o türün X ya da Y cinsine ait olduğu konusunda ciddi kuşkulara sahip olabiliriz (bunun tersi neredeyse hiçbir zaman mümkün değildir). İşte bu araştırmayı yürüten uzmanlar, tür tanımlarımızı yaparken canlıları farklı hiyerarşi seviyelerinde nasıl sınıflandırdığımıza dair temel bir örüntü keşfetmişlerdir. Bu örüntüden yola çıkarak, gezegenimizdeki ökaryotik tür sayısını (yaklaşık 8.7 milyon) tahmin etmeyi başarmışlardır. Bu metot prokaryotlar için çalışmamaktadır; çünkü onların kategorizasyonu çok daha zor ve muğlaktır. Yine de araştırmacılar bir girişimde bulunmuş ve hesaplamalar sonucunda dünyada en az 10 bin prokaryot türü olduğunu tespit etmişlerdir. Fakat uzmanlar, bu sayının muhtemelen tamamen hatalı olduğu-

nu bildirmekte ve başka yöntemlerle ulaşılan sayıların (milyonlarca ve hatta on milyonlarca prokaryot tür!) çok daha isabetli olduğunu belirtmektedir.

Görülebileceği gibi popülasyonların, sadece tür sayılarının belirlenmesi bakımından bile büyük önemi bulunmaktadır. Dolayısıyla popülasyon analizi ve türlerin tanınması sadece popülasyon genetiği ve evrimsel biyoloji açısından değil, ekoloji açısından da son derece önemlidir. Türleri tanımaksızın onların ekolojik ilişkilerini anlamamız mümkün değildir.

Popülasyonları tanımladık ve inceledik. Peki ya ekologların araştırmalarını yürüttükleri bir diğer seviye olan koloniler nedir? Koloniler, popülasyonların bir araya gelmesiyle oluşan birimler gibi düşünülebilir. Bir koloni içinde 2 veya daha fazla tür popülasyonu bulunur ve bu türler birbirleriyle yakın ilişki halinde yaşarlar. Bu ilişki, karşılıklı yarar ilişkisine (mutualizm) dayalı olabileceği gibi, parazitik (sadece bir türün fayda gördüğü) bir ilişki de olabilir. Her ne kadar koloniler ekolojinin her alanında ezici bir çoğunlukla karşımıza çıksa da, elbette ki her tür diğer türlerle koloniler halinde yaşamak zorunda değildir. Bu şekilde kolonilerden bağımsız olarak yalnız yaşamaya soliter (tekil) yaşam denir.

Popülasyonlar üzerinde çalışan ekologlar, genellikle tür içi değişimleri ve dinamikleri tespit etmeye çalışan popülasyon genetikçileri, evrimsel biyologlar ve popülasyon ekologlarıdır. Koloniler üzerinde çalışan ekologların tespit etmeye çalıştıkları ise, türlerin birbirleriyle ilişkileri ve bu ilişkilerin, söz konusu ilişkinin taraflarını ve ekosistemin genelini nasıl etkilediğidir. Elbette, günümüzün interdisipliner bilim doğasında bu farklı tip ekologlar arasındaki çizgi görünmeyecek kadar incedir. Fakat yine de, koloniler üzerinde araştırma yapan ekologlar tarafından keşfedilenler ve bunların evrimsel biyolojiyle ilişkisi, bizlerin bu kitap dahilinde fazlasıyla ilgimizi çeken konulardır. Ne yazık ki bunlara verebileceğimiz örneklerin sayısı, bırakın bu kitabı, bu kitap gibi ciltlerce kitabın konusu olabilecek kadar geniştir. Ne var ki koloniyel yaşamın en ilgi çekicilerinden biri olan karıncalar üzerinden vermek istediğimiz bir örnek, ekolojinin doğayı anlamak konusundaki önemini anlamanıza katkı sağlayacaktır diye düşünüyoruz.

"KUSURSUZ" KATİL: KARINCALARI ZOMBİLEŞTİREN PARAZİT MANTARLAR

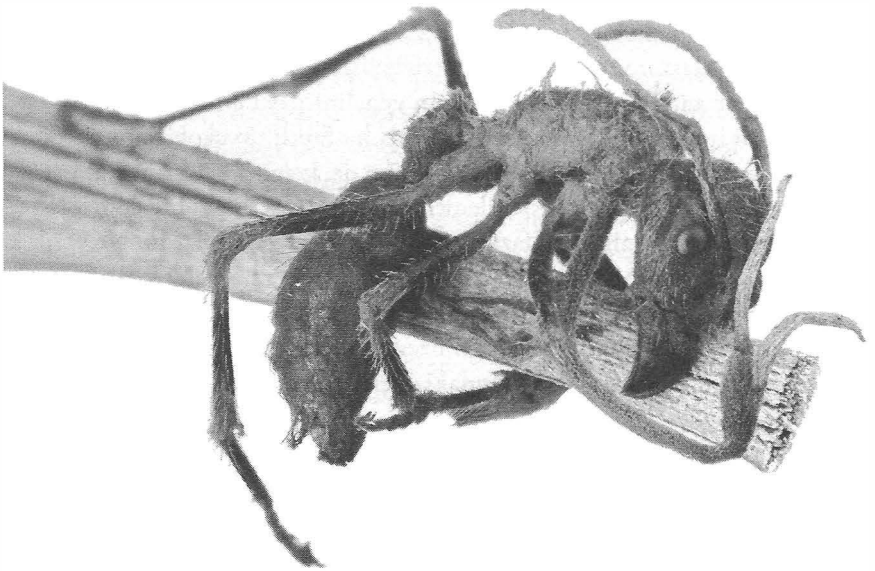
Canlılığın bütünü bizlere kendimizle ve her ne kadar kendimizi izole etmeye çalışsak da halen içinde bulunduğumuz doğayla ilgili akıl almaz miktarda bilgi verebilir. Bu noktada, oldukça "uçuk" sayılabilecek bir örnek vererek evrimin canlılarda ne tip özellikler yaratma gücüne sahip olduğunu, ekoloji çerçevesinde göstermek istiyoruz.

Cordyseps (Kordiseps) cinsi mantarlar, keseli mantarlar grubundandır. Tayland ve Brezilya'nın yağmur ormanlarında yaşayan bu cinse ait 400 kadar tür tespit edilmiştir. Bu türlerin tamamı iç parazitik mantarlardır ve genellikle bö-

cekler ve diğer eklembacaklılar içinde yaşarlar. Bir kısmı da başka mantarlar üzerinde parazit yaşarlar.

Bir *Cordyseps* mantarı, konağa saldırdığında, mantarların yapısını oluşturan miselyum tabakası konağın vücudunu işgal etmeye başlar ve kısa sürede bütün dokuların yerini alır. Çoğu zaman ölümcül olan bu saldırılar, kimi zaman çok ilginç bir şekilde davranışsal anomalilere de sebep olabilir.

Örneğin, eskiden bir *Cordyceps* türü olduğu düşünülen; ancak 2007 yılında yapılan bir filogeni araştırmasıyla ayrı bir cinse ait olduğu tespit edilen *Ophiocordyseps unilateralis* isimli tür karıncalara saldırdığı zaman, karıncalar ağaçlara tırmanır ve bir dala kendilerini sabitlerler. Bu davranış karınca için kesinlikle normal olmasa da, onu kontrol eden, zombileştiren ve yönlendiren mantarın yaşayabileceği, güvenli ve uygun bir ortama ulaşmasını sağlar. Henüz bu sürecin tam olarak nasıl gerçekleştiği bilinmiyor olsa da, muhtemelen mantar salgıladığı kimyasallar sayesinde karıncanın beyin hücrelerine zarar vermekte ve hatta onu yönlendirmektedir. Mantar, hayvanın dokularını ele geçirirken karınca kendi kontrolünü kaybeder. Unutmamak gerekiyor ki tüm *Cordyceps* mantarları bu özelliğe sahip değildir.



Görsel 3-1: J.C. Abbott tarafından Nikaragua'da tespit edilen bu örnekte bir kurşun karıncasını (*Paraponera clavata*) enfekte ederek öldüren *Cordyceps* mantarı görülüyor. Karıncanın "ölüm ısırışı" ve ölü vücudundan çıkan mantarları görmek mümkün. Bu fotoğraflar, "Kilidi Açılmış Böcekler" projesi kapsamında Austin'deki Texas Üniversitesi tarafından halka arz edilmiştir.

Her ne kadar mantarın bu özelliği "erişilmez" gibi gözükse de, parazit-konak ilişkileri oldukça şaşırtıcı bir karmaşıklıkta olabilmektedir. Örneğin mantar,

bu "davranışı" sergilerken *"Evet, çoğalma vaktim geldi, haydi şu karıncayı enfekte edeyim"* gibi bir düşünceyle hareket etmez. Bir parazit olarak *Ophiocordyseps unilateralis* mantarının yaşam döngüsü içinde karıncalar bir konak olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla bir karıncaya ulaşamayan mantar hayatını sürdüremeyecek veya üreyemeyecektir. Mantar, kaba kuvvet ve bazı enzimler kullanarak karıncanın dış iskeletini yarıp içerisine girdikten sonra, salgıladığı proteinlerle onun düzensiz vücut kasılmaları yaşamasına neden olur. Bu nedenle kontrolünü yitiren karınca, mantar tarafından bir ağaç gövdesine yönlendirilir. Burada ağaca ağzıyla tutunan karınca, mantar tarafından hızla öldürülür. Karıncanın ölmeden önce ağzıyla ağacı sıkı sıkıya ısırıp kenetlenmesine "ölüm ısırışı" denir. Burada mantar, karıncanın ölü bedeninden beslenerek büyür ve yeterli olgunluğa erişince sporlarını etrafa saçarak civardaki diğer karıncalara ulaşır. Bu döngü böyle sürer gider.

Mantar, karıncayı oldukça spesifik şartlara taşımaya çalışır. Yapılan araştırmalar, mantarların karıncaları orman tabanından ortalamada 25.2 santimetre yukarıya götürdüğünü ve bu yükseklikte %94-95 nem oranı aradıklarını ve 20-30 santigrat derece arasını sevdiklerini göstermektedir. Elbette mantarlar, bu süreçte her zaman başarılı olamaz. Dolayısıyla sadece başarıyla karıncayı kontrol edebilen ve istediği yere yönlendirebilen mantarlara odaklanmak, evrimsel süreç ve doğanın işleyişi ile ilgili hatalı fikirlere kapılmanıza neden olabilir. Mantarların da popülasyonunda geniş bir varyasyon (çeşitlilik) vardır ve bu çeşitlilik nedeniyle bazıları yaptıkları "beyin kontrolünde" çok başarılıyken, bazı diğerleri ortalama başarıya sahiptir; hatta tamamen beceriksiz olanlar da vardır.

Tabii ki karıncaların da eli evrimsel süreçte armut toplamamıştır. Unutmayınız ki ekolojik süreçte aktif olan karşılık evrimde türler, birbirleriyle bir nevi "silahlanma yarışı" içindedirler. Karıncalar da bu *Cordyceps* saldırılarını tespit edebilecek özellikler kazanmışlardır. Eğer ki sürülerinden bir karıncanın enfekte edildiğini tespit ederlerse, o karıncayı sürüden hızla uzaklaştırırlar. Çünkü bir *Cordyceps* salgını, koca bir karınca sürüsünün kökünü tamamen kazıyabilmektedir. Tek bir mantardan yayılan enfeksiyon, metre kare başına 20-30 karıncanın ölmesiyle sonuçlanabilmektedir. Bu tehlikeyi önceden sezebilecek özelliklere sahip popülasyonlar daha kolay ve uzun hayatta kalmışlardır ve bu sayede bu tespit mekanizmaları evrimleşebilmiştir.

Bazı fosil kaynaklarında bu tür bir mantar-karınca ilişkisinin 48 milyon yıl öncesine kadar gidiyor olabileceğini göstermektedir ki bu, bu tür bir sinirsel manipülasyon tekniğinin yaklaşık 50 milyon yıl kadar önce evrimleştiğini düşündürmektedir. Böylesi bir davranışı fosillerden nasıl tespit ettiğimizi merak ediyor olabilirsiniz. Bunu yapabilmemizin sebebi, ölmek üzere bir ağacın gövdesine tırmanan karıncanın, tutunduğu noktada dambıl şeklinde izler bırakıyor olmasıdır. Aynı izlere Messel Çukuru'nda çıkarılan 48 milyon yıl öncesine ait fosillerde de rastlamaktayız ve bu nedenle bilim insanları söz konusu "beyin kontrolü" davranışının o zamanlarda da bulunuyor olabileceğini düşünüyor. Ne yazık ki hem bu tür ilişkileri

fosillere bakarak görmenin zorluğu, hem de sahada yapılan araştırmaların seyrekliği nedeniyle henüz keşfetmemiz gereken çok ayrıntı bulunmaktadır.

Diğer mantarların parazitik davranışları genel olarak benzer temellere dayanır. Parazit, sporlarını bir canlının içerisine bırakır ve mantar, bu canlıdan besin çalarak büyümeye başlar. Bir süre sonra o kadar fazla yayılır ki, tıpkı kanser gibi canlının ölümüne sebep olur. Daha sonra mantar bu canlının ölüsünü tüketerek iyice büyür ve yeterince gelişince yine sporlarını başka hayvanlar üzerine saçarak, döngüyü sürdürür.

Benzer bir örnek, sümüklüböcekler ve kuş dışkısından bulaşan yassısolucanlarda görülür. Söz konusu yassısolucanlar, sümüklüböceklerin beyinlerini kısa sürede kontrol altına alırlar. Normalde loş yerleri seven sümüklü böcekler, bedenlerindeki parazitin yetişkinliğe geçip göz çıkıntılarına yerleşmesiyle yarı kör bir hal alırlar. Işık hissi azalan kafadanbacaklı, aydınlık açık alanlarda daha fazla zaman geçirir ve kuşlara kolayca yem olurlar. Bu, parazit için önemlidir çünkü ancak kuş bedeni içinde üreme şansı bulabilir. Kuşun bağırsak sisteminde serbest kalan yumurtalar bir başka kafadan bacaklıya bulaşmak üzere dışkı ile atılarak döngüye katılmış olurlar.

Evrimsel sürecin ne kadar sıkı ilişkiler doğurabileceğini görebiliyor musunuz? Kuşlar ile yassısolucanlar arasındaki bu dayanışma, zavallı sümüklüböceklerin bedenlerinin hem kuşlar için kolay av, hem de yassısolucanlar için harika bir üreme ve gelişme alanı olmasını sağlamaktadır!

Bazı tür eşekarıları tarafından sokulan hamamböcekleri itidalini kaybederler. Sonradan girişini kapattığı kuytu bir yere zorla sürüklediği ve vücuduna yumurtalarını zerk ettiği hamamböceğini kaderine terk eder. Öncelikle hayati olmayan dokularını yedikleri hamamböceğini canlı bir sığınak olarak kullanan larvalar metamorfozlarını tamamladıktan sonra uçar giderler. Bu üç örneğin doğada birçok benzeri vardır. Diğer canlıların başına gelir de, insan bu durumdan kurtulabilir mi?

İnsan davranışlarını bile değiştirebilen parazitler olduğu düşünülmektedir! Örneğin, *Toxoplasma gondii* isimli protozoa tarafından enfekte edilen insanların davranışlarında, özellikle cinsel davranışlarında değişiklikler gözlemlenmiştir. Vücutlarında bu paraziti bulunduran kadınların daha frapan ve flörtöz, erkeklerin de daha maço ve çapkın olduğuna dair izler tespit edilmiştir. Söz konusu parazit, kendi neslini devam ettirebilmek için cinsel yolla bulaşma şansını artırmak üzere bir nevi "zihin kontrolü" yapıyor gibidir! Ne var ki aradaki bu bağlantı henüz yüksek bir kesinlikle tespit edilememiştir; dolayısıyla çok büyük iddialarda bulunmak doğru olmayacaktır. Fakat bir parazitin insanlarda özellikle dopamin ve testosteron seviyelerini değiştirebiliyor olması bile başlı başına heyecan verici bir bulgudur! İnsanlarda benzer bir örnek, kuduz hastalarında virüsün salya yoluyla yayıldığı dönemde hastanın saldırganlığının artması, başkalarını ısırıp ya da yaralayıp virüsün neslinin sürdürülmesine yüksek imkân sağlıyor olmasıdır. Kısaca bazı parazitler, konakları-

nı sadece enfekte etmekle kalmamakta, onları adeta yönlendirmektedir! Bu ilişkilerin tespiti, bize doğayla ilgili son derece önemli bilgiler vermektedir. Parazitlerle ilgili son derece ilginç örneklere Entomoloji bölümünde değineceğimiz için, burada bu konuya daha fazla değinmeyeceğiz. Fakat parazitlik gibi ilişkiler, doğayı gerçekten de şaşırtıcı derecede ilginç kılan unsurlardan sadece birkaçıdır.

İşte ekologların görevi de, doğadaki bu türler arası ilişkileri tespit etmek ve evrimsel biyologlarla ortaklaşa çalışmalar yürüterek (ki çoğu ekolog zaten aynı zamanda bir evrimsel biyologdur da) bu ilişkilerin nasıl ve ne zaman ortaya çıktığını anlamaktır.

EKOLOJİDEN EVRİME, MİKRODAN MAKROYA...

Ekolojik etkileşimleri incelemek bize doğayı ve evrimsel değişim mekanizmalarını anlamamızda yardımcı olur. Enerji akışı, rekabet, avlanma ve parazitlik gibi kavramlar bu tip biyolojik ilişkilere dahildir. Çevre bilimi (ekoloji), neden-sonuç ilişkileri, dengeler, döngüler ve düzenler üzerinde çalışır. Ekolojinin amacı canlı sistemlerinin bileşenlerini bir bütün halinde görüp, bunların işlevlerini anlamaktır.

Ekolojiyi Dünya, yani gezegenimiz ölçeğinde değerlendirebileceğimiz gibi, giderek küçülen ölçeklerde, örneğin biyolojik bölgeler ölçeğinde; ekosistemler ölçeğinde ve hatta mikroskobik ölçekte değerlendirebiliriz. Toprak, su ve havanın birleştiği katman olan biyosfer, gezegenimizde yaşamın bulunduğu bölgedir. Biyosfer içinde süregelen döngülerle dünyamızdaki enerji akışı dengelenir, atmosferin ve karbon, azot, su gibi yaşamsal önemi olan maddelerin devamı sağlanır. Bu nedenle ekolojiyi anlamak, doğanın nasıl çalıştığını anlamaktır.

Ekolojiye öncelikle büyük (makro) ölçekte bakacak olursak, belirli bir coğrafi bölgedeki canlıların; bitkiler, hayvanlar, kuşlar, böcekler, balıklar ve benzeri canlıların o bölgedeki coğrafi koşullardan ve iklimden kaynaklanan ortama uyum sağladığı; o ortamın toprağına ve arazi şekillerine adapte olduğu gözlemlenir. Ekosistem ölçeğinde bir örnek olarak ormanları düşünebiliriz. İçinde büyük bir döngü vardır; birbirine bağımlı türler, geri dönüştürücüler, besin alışverişi yapanlar ve daha nicesi... Ormanın içinde olan göller, nehirler gibi ayrı bölgelerde kendi içlerinde küçük ekosistemler oluştururlar.

Ekoloji sadece bu makro düzeydeki canlılarla mı ilgilenir? Elbette hayır! Mikroskobik ölçekte de birçok etkileşim görmek mümkündür. Örneğin, bir yaprağın üstünde bakteriler, yosunlar ve tek hücreli canlılar görürüz. Hatta bitkinin yaprak hücreleri bazı bakterilerle birlikte ortakyaşar işbirliğinden (birbirinden farklı türden iki canlının dengeli ve iş birliği ile birbirlerinden yararlanarak yaşamaları durumu) evrimleşmiştir. Kısacası, burada da görüldüğü üzere ekoloji, hangi ölçekte incelersek inceleyelim, bir bütün olarak canlıların evrimi ile doğrudan ilişkilidir.

Biyolojik evrim ise genel olarak son 4 milyar yıldır gezegenimizde süregelmekte olan bir biyolojik değişim ve yeni canlıların oluşum sürecidir diyebiliriz. Dünyadaki bütün biyolojik tarih, canlının kökeninden modern zamana evrimin, çeşitliliğin ve zamanla devamlı olarak çeşitlenen ekosistemlerin ayrıntısının tarihidir.

EKOLOJİ-EVRİM İLİŞKİSİNDE BİRİNCİ DURAK: İNSANLAR VE ATALARI

Bu değişen ekosistemlerde evrimsel sürecin etkisini iki farklı durumda görebiliriz. Birincisi, aynı beslenme bölgelerinde yaşayan popülasyonların rekabetidir; bu neredeyse her zaman ya yok oluşa ya da çeşitlenmeye sebep olur. Bu durum, evrimin bir nevi itici gücü gibidir de... Bulundukları ortama daha uyumlu olanlar hayatta kalırlar ve genellikle çeşitlenirler, türleşirler. Diğerleri ise varlıklarını koruyamayarak yok olurlar. Özellikle, halihazırda belli bir bölgede yaşayan türlerin yaşam alanlarına yeni giren türlerin yarattıkları yeni ve beklenmedik rekabet ortamı, ekolojinin ve evrimin en heyecan verici ortak çalışma alanlarından birisidir. Bunun ilginç örneklerinden birisi, türümüzün (*Homo sapiens*) var olmuş en yakın kuzenleri olan Neandertaller (*Homo neanderthalensis*) ile mücadelesi ve onlara üstün gelişidir.

Homo sapiens olarak bizler, yaygın kabul edilen tarihlendirmeye göre 200 bin, bir ihtimal ise 250 bin ila 400 bin yıl kadar önce ilk defa evrimleşmeye başlamış bir insan türüyüz. Yaşamış en yakın kuzenlerimiz olan Neandertaller ise günümüzden 250 bin yıl kadar önce evrimleşmiş bir diğer insan türüdür. Hem biz, hem de kuzenlerimiz *Homo heidelbergensis* olarak bilinen bir başka insan türünden evrimleşmiş canlılarız. Ortak atamız olan ve 500 bin yıl kadar önce tarih sahnesine çıkmış olan *H. heidelbergensis*, Afrika'da evrimleşmiş bir türdür. Bu türün bir kısmı, şu anda kesin olarak bilinmeyen bir sebeple (muhtemelen ani iklim değişimlerine bağlı olarak gezegenimizin aşırı hızlı soğumasına bağlı olarak) kuzeye doğru göç etmiş ve nihayetinde Avrupa'ya ulaşmıştır. Özellikle Kuzey ve Batı Avrupa'ya yerleşen atalarımız, zamanla bu yeni ortamın koşullarına uyum sağlamaya başlamış, farklılaşmış ve nihayetinde bugün Neandertaller olarak bildiğimiz *Homo neanderthalensis* isimli kuzenlerimize evrimleşmiştir. Atalarımızın Afrika'da kalan popülasyonu ise halihazırda devam etmekte olan farklılaşmalarını sürdürmüş ve nihayetinde *Homo sapiens*'e, yani bizlere evrimleşmiştir. Buraya kadar anlattıklarımız, büyük oranda paleontolojinin, genetiğin ve evrimsel biyolojinin alanıdır. Ancak bundan sonra olanlar, ekolojiyi de işin dahil etmemiz gerekmektedir.

Neandertal kuzenlerimiz, yaklaşık 40 bin yıl kadar önce tarih sahnesinden silinmişlerdir. Bizlerin aksine bu kuzenlerimiz, tarihlerini öğrenmemizi sağlayan kitapları asla yazamamış, bir bilim dalını icra edememiş, bir sone yazamamış, Mona Lisa'nın muğlak gülüşünü çizememiş, deri renginin farklılığı nedeniyle kendi türünden olanları köle yapmamış, farklı coğrafyada doğdu ve

başka kültürü paylaşıyor diye türdaşları üzerine tonlarca bomba yağdırmamıştır. Bunun yerine bu ilginç kuzenlerimiz kitleler halinde yok olmuşlardır. Arkalarında bıraktıkları tek şey, fosilleşen kemikleri ve belli düzeyde bir kültüre sahip olduklarını gösterebilecek izlerdir. Ha bir de... Avrupalı *Homo sapiens* bireylerinin genlerine bir damga gibi yerleştirdikleri, Neandertallere özgü genler!

Bilim, özellikle de geçmişi inceleyen bilimler, birer dedektif kadar donanımlı olmak zorundadırlar. Zira olan olmuştur ve olanı değiştirmenin bir yolu yoktur. Ancak aynı şekilde, geçmişe gitmenin de hiçbir yolu yoktur. Bu durumda yapmamız gereken, geçmişten günümüze kadar gelmeyi başaran verilere, ipuçlarına, izlere bakarak geçmişi yeniden inşa etmek ve onu anlamlandırmaktır. Bu süreçte türler arası ekolojik ilişkilere dair bulabileceğimiz ipuçları, bizim ayakta kalmamızı, kuzenlerimizin ise yok olmasını sağlamış sebepleri aydınlatmamıza yardımcı olabilir.

2016 yılında *Science* dergisinde yayınlanan bir makalenin ortaya koyduğu veriler göstermektedir ki, biz insanlar Neandertaller'in bölgelerini 100 bin yıl kadar önce ilk defa işgal etmeye başladık. Bu karşılaşma, Avrupa'nın en doğusuna, hatta yer yer Anadolu'nun bile ötesine kadar yayılmış olan Neandertaller'in yaşadığı bölgelerin en uç noktalarında, muhtemelen Nil Vadisi'nin etrafında, Ortadoğu'da yaşandı. *Homo sapiens* dünyanın dört bir yanına doğru göç etmeyi ve çoğalmayı sürdürdükçe ve Neandertaller'in de yaşadığı bölgelere girdikçe, tarihimizde sıklıkla yaşandığı gibi onların sadece yaşam alanlarını ellerinden almakla kalmadık, onlarla çiftleştik de... Bu süreçte genlerimiz birbirine karıştı. Eğer Asya veya Kafkasya kökenliyseniz (bir diğer deyişle, Afrika kökenli değilseniz), genlerinizin %1-4 arası Neandertaller'e ait genlerdir! Yani bu süreçte biz onlara genler verdik, onlar bize...

Sadece Neandertaller ile de değil! Yolumuza çıkan her insan türüyle çiftleştik ve onları nihayetinde yok ettik. Bunlara bir diğer örnek, Siberya'nın Altay Dağları civarında yaşayan ve o bölgede 50 bin yıl kadar önce karşılaştığımız Denisova İnsanları... Muhtemelen, henüz nerede yaşadıklarını veya türlerini bilmediğimiz en az 1 diğer insan türüyle de aynı şeyi yaptık. İyi ama karşımıza çıkan tüm bu türlerle çiftleşirken, onlarla etkileşirken, nasıl oldu da biz ayakta kaldık ve onlar yok oldu?

Bu sorunun ne yazık ki çok açık bir cevabı yok. Denisovalıları daha yeni yeni tanımaya başladık, dolayısıyla bir şey söylemek için henüz erken. Neandertaller'e ait daha fazla bilgimiz var; ancak o bilgiler bile bu kuzenlerimizin makus kaderinin sebeplerini anlamamız için henüz yeterli değil. Ekoloji, bize birçok bilgi veriyor; ancak bilgi kırıntılarının birbiriyle ilişkisi ve hangisinin diğerlerinden daha önemli olduğu gibi detaylar, bilim insanları arasında halen tartışılmakta olan konular...

Neandertaller, Karadeniz'den başlayarak Avrupa'nın Atlantik kıyılarına kadar olan yaşam alanlarının tamamında yok oldular. Eldeki veriler, modern insanlarla Neandertaller'in 2.600 ila 5.400 yıl boyunca bir arada yaşadığını gösteriyor.

Bunca zaman boyunca iki tür arasında yaşanan etkileşim, ne yazık ki hiçbir zaman %100 aydınlatamayacağımız bir sır olarak kalabilir. Ancak bu sayılardan anlamamız gereken bir nokta, insanların Neandertalleri bir anda yok edivermemiş olduğudur. Dolayısıyla ekolojik faktörlerin Neandertaller ile insanlar üzerindeki etkisi (ve bu etkiler arasındaki fark), söz konusu gizemi aydınlatmak konusunda büyük önem taşıyor. Örneğin, Neandertal genleri üzerinde yapılan bir analiz, Neandertaller'in insanlardan bağımsız olarak, son Buzul Çağı sırasında yaşanan ciddi değişimlerden fazlasıyla etkilenerek halihazırda yok olma tehlikesi atlattıklarını düşündürmektedir. Bu durumda belki de bizlerle Neandertaller'in karşılaşması, yaşamış en yakın kuzenlerimiz için bir dizi talihsiz olaylar silsilesinin sonuncusu olmuştur.

Ekolojiden gelen en önemli veriler, türlerin av-avcı ilişkileriyle ilgilidir. Bu bulgular ne yazık ki her zaman genel geçer olarak kabul görebilecek kadar güçlü değildirler ve yeni bulgularla hızlı bir şekilde terk edilebilir. Fakat bu tez-antitez mücadelesinde bile ekolojinin önemli katkıları görülebilir. Örneğin, 2008 yılında yayınlanan çalışmalara göre Neandertaller, yunuslar ve foklar gibi denizel memelileri bile avlayacak kadar gelişmiş avcılık becerisine sahiplerdi. Ancak 2009 yılında yayınlanan bir çalışma, kuzenlerimizin balık ya da kuş avlayabilecek kadar zeki olmadıklarını gösterdi. Böylece kuzenlerimizin av becerilerine ve zekâlarına yönelik fikirlerimiz sadece 1 yıl içerisinde değişmiş oldu. Hoş; yunus ve foklar balık değil, memelidirler. Fakat balık yakalayamayan kuzenlerimizin denizel memeliler gibi daha zeki türleri avlaması pek mümkün gözükmemektedir. Uzun bir süre boyunca bu "beceriksizlik", onların yok olmalarının sebeplerinden biri olarak görüldü. Ancak sonrasında yapılan çalışmalarda Neandertal silahları üzerinde bulunan balık pulları ve kuş tüyleri, tartışmaları yeniden alevlendirerek önceki görüşlerin hatalı olduğunu gösterdi. Bu da, ekolojik ilişkilere yönelik bulguların evrim tarihini anlamak açısından önemini gösteriyor.

Öyle ki, tavşanlar gibi alakasız gözüken türler ile Neandertaller ve insanlar arasındaki ilişki bile çok önemli detayları açığa çıkarabilir. Örneğin, Jersey/İngiltere'de bulunan Durrell Vahşiyaşam Koruma Vakfı'ndan John Fa, Neandertaller'in yok olmasının ana sebebinin tavşan gibi ufak avları avlayabilecek kadar hızlı evrim geçirememiş olmaları olduğunu ileri sürmektedir. Fa ve ekip arkadaşları, İspanya ve güney Fransa'daki 3 kazı alanından çıkarılan, bizlere ait insan iskeletlerini ve bu mağaralarda bulunan hayvanları incelemişlerdir. Günümüzden 30 bin yıl öncesine kadar, bu mağaralarında geyik gibi büyük avlar bolca bulunmaktadır. Ancak bu zamanlarda, yani tam da Neandertaller'in yok olduğu zaman aralığında, insanlara ait mağaralarda tavşan kalıntıları giderek artmaya başlamıştır. Neandertaller'e ait kazı alanlarındaysa tavşanlara ait çok az sayıda iz bulunmaktadır. Buna bağlı olarak araştırmacılar, insanların küçük av temelli diyetlere daha hızlı adapte olduğunu ve tavşanları daha fazla tükettiğini ileri sürmüşlerdir. Yani Neandertaller, bu ufak avları avlamadıkları için, besin bulmakta zorlanarak yok olmuş olabilirler.

Görebileceğiniz üzere, Neandertaller'in ne yediğinden tutun da, nerede yaşadığına kadar birçok ekolojik bulgu, en yakın kuzenlerimizin geçmişini aydınlatmak konusunda bize yol gösterici olmaktadır. Kuzenlerimizi başarısız yapan faktörleri tespit etmek, bizleri başarılı kılan unsurların tespiti açısından büyük öneme sahiptir. Bir diğer deyişle ekoloji, evrim ve paleontoloji gibi bilimlerin işbirliğinden doğan bulgular, kendimizi tanımak yolunda attığımız çok önemli adımlardır.

EKOLOJİ-EVRİM İLİŞKİSİNDE İKİNCİ DURAK: FARKLI COĞRAFYALARDAKİ TÜRLERİN ETKİLEŞİMİ

Ekoloji-evrim ilişkisindeki birinci önemli perspektifin, aynı beslenme bölgelerinde yaşayan canlılar arasındaki ilişkiler olduğunu söyledik ve bunu insan-Neandertal örneği üzerinden giderek örnekledik. Ekoloji-evrim birlikteliğinin ikinci çok önemli perspektifi ise, farklı beslenme bölgelerindeki canlıların etkileşmesidir. Bunlar, en temel düzeyde türler arası besin zincirleri, av-avcı ilişkisi ve benzeri olarak düşünülebilir. Bu tür etkileşimler, evrimsel süreci tetikleyen en önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Türler arası "silahlanma mücadelesi", yaşam mücadelesinin kaçınılmaz bir sonucudur. Dolayısıyla besin zinciri nedeniyle tetiklenen evrim, birçok yeni türün ve özelliğin doğumunda büyük bir role sahip olmuştur. Bu çeşit etkileşimde yerel ya da kitlesel yok oluşlara daha az rastlanır; dolayısıyla Neandertaller'in yok oluşu muhtemelen bu tür bir etkileşimin sonucu değildir. Ancak bu ikinci tip perspektifte karşılıklı evrim, birlikte evrim, yakınsak evrim gibi süreçlere sıklıkla rastlanır. Bir karşılıklı evrim örneği görelim:

Odun, belki de dünyada en çok bulunan, kolay erişilen ve masrafsızca hasat edilebilen bir kaynak olsa da pek çok hayvanın odun ile beslenmediği sizin de dikkatinizi çekmiş olabilir. Bunun nedeni evrimsel süreçte neredeyse hiçbir hayvanın odunun temel yapı taşları olan selüloz ve lignini sindirebilen enzimleri edinememiş olmasıdır. Bu noktada aklınıza şu sorular takılabilir: Hayvanlar selülozu sindiremiyorsa inekler ve diğer otçullar gün boyu ot yiyerek nasıl yaşayabiliyorlar? Ve canlılar odun yiyemiyorsa, bahçe çitimizi kemirip delik deşik eden kim?

Yaşamın inanılmaz karmaşıklığı ve dünyamızdaki kaynakların çeşitliliği sıklıkla türleri evrimsel süreçte birlikte çalışmaya itmiştir. Örneğin inekler, selülozu sindirecek enzimleri üretemedikleri halde sindirim sistemlerine yerleşmiş bakterilerden bu enzimleri "ödünç alarak" neredeyse sadece ot yiyerek yaşamlarını sürdürebilirler. Bu birlikte yaşam sayesinde, inekler kendi başlarına asla tüketemeyecekleri kadar bol bulunan bu bitkisel kaynağı kullanabilir hale getirirken, bakteriler de ineğin sindirim sistemi tarafından öğütülüp lapa haline getirilmiş hazır besinin bolca bulunduğu korunaklı bir ortamda yaşama ayrıcalığına erişmiş olurlar. İki tarafında kazandığı bu gibi "anlaşmalara" ortak yaşam (mutualizm) denir.

İnekler ve bakteriler arasındakine benzer bir diğer ortak yaşam öyküsü de 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında bilim insanlarının özenli ve ayrıntılı incelemeleri sonucunda termitlerin bağırsaklarında yaşayan ve onların odunu sindirebilmesini sağlayan protozoaların keşfi ile ortaya konmuştur. Kendi dönemi için büyük bir başarı olan bu tanı, bilimde sıkça görüleceği üzere yanlış değil ama eksikti. Bu örneğe bir bakalım:

21. yüzyıl başlarında yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yüz yıl boyunca termitlerin yılmaz yardımcıları ve amansız odun sindiricileri sandığımız protozoalar da gerçekte kendileri ile ortak yaşayan bakterilerden yardım almaktadır. Termitlerin bağırsakları canlılığın her üç alanından (bakteriler, ökaryotlar ve arkelar) çok sayıda birey barındırmaktadır. Bu yoğun çeşitlilik ortamı, protozoalarla bakterilerin bir araya gelme olasılıklarını artırmaya yardımcı olarak termitlerin ve diğer odunla beslenen hamam böceklerinin sindirim yolları dışında eşi pek görülemeyen bu ortak yaşamı meydana getirir. Böylece, yalnızca söz konusu bakteri ve protozoanın değil, aynı zamanda konaklık eden böceklerin de yaşamda kalma ve çoğalma şansını artırması söz konusu olur. Bu karmakarışık ve birbirine girmiş ilişkinin çözülmesi için biyolojideki ileri moleküler tekniklerin gelişmesini beklememiz gerekmiştir; ama bilimin güzelliği de zaten eninde sonunda kendisini güncellemesindedir.

Şimdi diyebilirsiniz ki *"Eee, ne var yani? Bağırsaklarında protozoa varmış da, onun da içinde bakteri varmış da... Gerçek hayatta bunlar ne işimize yarayacak?"* Haklı olabilirsiniz, gündelik hayatımız açısından pek bir önemi yok. Fakat yaşamı, çeşitliliği ve evrimi anlamak açısından bu keşfin ilginç sonuçları olmuştur. Bir defa bu bakterileri bulmak için tarama yöntemleri geliştiren bilim insanları aynı yöntemleri başka böcekler üzerinde de kullanmış ve termitlerin evrimsel olarak hamam böcekleri ile aynı takımdan olduğu ve karıncalarla hiçbir ilgileri olmadığını paylaşılan bağırsak mikroflorası üzerinden ortaya koymuştur. Yani karıncalara böylesine benzer görünen hayvanların (termitlerin), aslında onlarla sadece uzaktan akraba olduğu anlaşılmıştır. Ekolojik bir araştırma yaparken böylesi uçuk bir sonuca varmak hayret verici olsa gerek! İlginç bir konu olduğu için kısaca değinelim:

Özellikle derin toprak altı kanalları açmalarıyla meşhur olan termitlerin, uzun yıllar boyunca Evrim Ağacı'nın hangi dalında yer aldığı belirlenememiştir. Elbette konuyla ilgili birçok farklı görüş ileri sürülmüştür; ancak nihai bir karara varmak bir türlü mümkün olmamıştır. Nihayet, Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nden araştırmacıların yaptıkları genetik analiz, tartışmalara ve soru işaretlerine son noktayı koymuştur: Araştırma sonuçlarına göre termitler, uzun süredir yakın akraba oldukları bilinen ancak karıncalarla bağlantıları bir türlü tam olarak anlaşılamayan hamam böceklerinin "akrabası" değil, ta kendisidir!

Bu durum, fiziksel farklılıkların bizleri kolayca yanıltabileceğini gösteriyor. Termitler her ne kadar genel görünüm ve davranış bakımından karıncalara benzeseler de, karıncalarla pek alakalı canlılar değillerdir. Genler yalan

söylemez. Yapılan araştırma, termitlerin, çeşitli sebeplerle Isoptera olarak ayrı bir gruba dahil edilmesinin bir hata olduğunu net bir şekilde ortaya koymuştur. Artık termitler, Termitidae adı altında, Blattodea (hamam böcekleri) takımının altına yerleştirilmiştir. Bazı sistematikçiler isimlerini hâlâ Isoptera olarak kabul etmektedir; ancak tüm taksonomistler adı ne olursa olsun termitlerin Blattodea takımının altında olduğunu, ayrı bir takım olmadığını kabul etmiştir.

Her ne kadar "beyaz karıncalar" olarak da bilinseler de, belirttiğimiz gibi termitlerin karıncalarla pek yakın bir akrabalığı yoktur. Öte yandan termitler, tıpkı karıncalar, arılar ve yabanarıları gibi sosyal davranışlar göstermektedirler ve bu özellikleriyle hamamböceklerinden biraz ayrı gibidirler. Üstelik tüm yakın akrabalarının aksine, termitleri ayırt edici bir özellik, az önce de sözünü ettiğimiz gibi tahta yiyebiliyor olmalarıydı. Bu da, sistematikçilerin tartışmalarına neden olmaktaydı.

Doğa Tarihi Müzesi'nden Dr. Paul Eggleton, Daegan Inward ve George Beccaloni, bugüne kadarki en kapsamlı termit DNA'sı analizini yaparak bu tartışmalara ışık tutmuştur. 107 farklı termit, hamam böceği ve mantis türünün genleri incelendi ve evrimsel geçmişleri ortaya kondu. Araştırmacılar konuyla ilgili şunları söylemektedirler:

"Termitleri hamamböceklerinden ayıran ve ortak atalarından farklı yönlere doğru evrimleşmelerine neden olan anahtar değişim, tahta yemeye başlamalarıyla meydana geldi. Bunun sonucunda karakteristik yumurta keselerini kademeli olarak kaybettiler ve yavruları kısır işçilere ve askerlere doğru evrimleşti. Onlardan çok farklı gözükmelerine rağmen termitlerin aslında sadece sosyal hamam böcekleri olmaları oldukça ilginçtir. Ancak evrimsel açıdan baktığımızda bu o kadar da şaşırtıcı değildir: Çünkü canlıların davranışları zaman içinde evrimleştikçe, fiziksel özellikleri de evrimleşir. Örneğin, sosyal böceklerin muhtemelen en meşhuru olan karıncalar, tekil yaşayan avcı yabanarılarından evrimleşmiştir."

Kısacası ekolojik ilişkilerden doğan her yeni bilimsel araştırma bize doğayı ve dolayısıyla kendimizi tanıma fırsatı sunmaktadır. Elbette ki ekologların ekoloji-evrim bağlantısında kullandıkları tek araç, temel biyolojik gözlem yöntemleri değil, aynı zamanda bilgisayar ve matematik modelleridir. Teknolojinin gelişimi ve karmaşıklaşması, ekolojinin ekosistemimiz içindeki etkileşimleri açığa çıkarabilmek adına başvurabileceği yöntemleri de geliştirmiştir. Bu sayede ekolojinin teknolojik gelişimlere de yön verebileceğini öğrenmiş oluyoruz. Örneğin, James Cook Üniversitesi evrimsel ekoloji uzmanlarından Tobin Northfield şöyle demektedir:

"İklim değişikliği konusundaki çok sayıda tartışma simgeleşmiş türler hakkındadır, oysa gelecekte çevrede meydana gelecek değişikliklerin etkilerini değerlendirmek için türler arasındaki etkileşimi hesaba katmamız gerekir. Türlerin nasıl birlikte evrimleştiklerini göz önüne almamız gerekiyor, yani nasıl hem bir-

birlerine yanıt olarak hem de iklim değişikliğine yanıt olarak kendilerini uyarladıklarını ele almamız gerekiyor. Ayrıca, gözümüze ne kadar zor görünürse görünsün, türler evrimleştikçe etkileşimlerdeki değişmeyi de hesaba katmamız gerekiyor."

Ekoloji ve evrim, birçok birey arasındaki ilişkiler ve popülasyonun özellikleri ile ilgilenir. Etkileşimlerin boyutu bireylerle sınırlı değildir; ayrıca bireylerin fizyolojik özellikleri de çevresinden etkilenebilir. Uygun fizyolojik özellikler bireylerin yaşama olasılığını ve üreme kapasitesini de etkilediği için bu durum evrimin önemli mekanizmalarından biri olan doğal seçilimle doğrudan ilişkilidir.

Darwin, doğal seçilim fikrini 1798'de Thomas Malthus'un yazdığı *Nüfus Üzerine Bir Deneme* (*Essay on the Principle of Population*) adlı eserinden esinlenerek geliştirmiştir. Malthus, insan popülasyonu kontrolsüz ve giderek hızlanan bir şekilde artarken, besin üretiminin sadece doğrusal olarak arttığını belirlemiştir. Bu görüş, yarı-nicel bir ekolojik model olarak görülmektedir. Yani, tam bir ekolojik model değildir; ancak böyle bir modele güzel ve işlevsel bir temel oluşturmaktadır. Bu görüşteki aşırı nüfus artışı değil, ortamın bu durumu kaldırabilirliği Darwin için önemli olmuştur. Darwin, şöyle yazmaktadır:

"Tüm canlı türlerinde doğanların yalnızca belli bir kısmı üreyecek çağa kadar yaşar ve yaşayanlarının da kısıtlı kaynaklardan yararlanabilmek için en iyi donanıma sahip olan bireyler olması gerekir."

Bu fikir, yaşama ve var olma mücadelesine bağlı olarak ortaya çıkan doğal seçilim kavramının temelini atmıştır. Tabii ki sadece kaynaklardan faydalanmak hayatta kalmak için yeterli değildir. Çoğu zaman, canlılar arasındaki işbirliği de evrimsel süreçte önemli bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu işbirliği sürecini anlamada da ekolojiden yararlanmak şarttır. Yani aslında genel bir açıdan bakacak olursak, evrimsel biyolojiyi moleküler düzeyde çalışmıyorsak, kaçınılmaz olarak ekolojik düzeyde çalışıyoruz diyebiliriz. Bu da, ekoloji ile evrim arasındaki vazgeçilmez bağlantıyı net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Malthus'un oluşturduğu kavramı başka bir açıdan ele alacak olursak görürüz ki insan popülasyonu da ekosistemin bir parçasıdır ve insan-çevre (doğa) arasında da inanılmaz bir etkileşim mevcuttur. Bu etkileşim genelde doğanın aleyhine doğru ilerlese de...

İNSANLARIN EKOLOJİK YIKIMI

İnsanlar, evrimin bugüne kadar yaratmayı başardığını bildiğimiz en karmaşık ve tuhaf canlı türleri olsalar da, doğa üzerindeki etkileri yararlı olmaktan ziyade son derece yıkıcı ve zararlıdır. Bu yıkımın boyutlarını ve biçimlerini anlatmak için cilt cilt kitaba ihtiyaç duyulacaktır. Ancak bu kısımda, insan-ekoloji ilişkisini kısaca da olsa, olabildiğince detaylı bir şekilde incelemek istiyoruz.

Öncelikle, yaşamın başladığını bildiğimiz okyanuslardan başlayalım: Eğer ki insanların okyanuslar üzerindeki yıkıcı etkisinin boyutlarını tahmin etmenizi isteyecek olsaydık, nasıl bir tahminde bulunurdunuz? Okyanustaki türlerin sizce ne kadarlık bir yüzdesi, insan etkisiyle yok olmuştur? %3? %10? %20? Yüzde 20 oranı bile kulağınıza az geliyor olabilir; ancak unutmayın ki bu, gerek doğrudan insanlar tarafından (avlanma gibi), gerekse de insanların dolaylı etkileri nedeniyle (küresel iklim değişikliği, petrol sızıntıları, kirlilik, vs.) her 5 türden 1'inin tamamıyla dünya yüzeyinden silinmesi demektir. Bu inanılmaz bir orandır; ancak bu oran bile, gerçekte olandan çok ama çok uzaktır!

Dünya Vahşi Yaşam Fonu'nun (World Wildlife Fund) 2015 yılında yayınladığı bir rapora göre, özellikle aşırı avlanma ve çevresel etkilerin birleşimi sonucu su altındaki hayatın neredeyse yarısını yok ettik! Her iki türden biri ya insanın doğrudan ya da dolaylı etkileri yüzünden günümüzde artık yaşamıyor. Hem de bu ne kadar sürede oldu? Sadece son 40 yılda! Çünkü yapılan araştırma 1970 ila 2012 yılları arasında balık, sürüngen ve memelilerden alınan 1234 tür ile gerçekleştirildi. Sonuçlara göre türlerin birey sayıları ortalama olarak %49 oranında düştü, tabii ki bazı türlerde düşüş bundan çok daha fazla oldu (bazı diğerlerindeyse bundan daha az). Sadece deniz hayatını göz önünde bulundurursak, uskumru ve tuna balıklarında düşüş %74 iken, Galapagos ve Kızıl Deniz çevresindeki deniz hıyarlarında düşüş %90'ı buldu. Galapagos'ta deniz hıyarı avlamak engellenmiş olsa da, ne yazık ki yasadışı avlanmalar devam ediyor. Rapor ayrıca deniz otlarının üçte birininin tükendiğini söylerken, böyle giderse 2050 yılına kadar mercan kayalıklarının da neslinin tükeneceğini belirtiyor.

Tabii ki insanın doğa üzerindeki en net ve en olumsuz rolü, küresel iklim döngüleri üzerinde doğrudan etkide bulunuyor olmasıdır. Toprağın altından çıkarıp atmosfere saldığımız inanılmaz miktardaki karbondioksit gazları, gezegenimizin yüzeyini adeta bir yorgan gibi örtmektedir. Atmosfere saldığımız sera gazlarının miktarı arttıkça, yorgan da kalınlaşmaktadır. Tıpkı yorganın, vücudunuz ile yorgan arasındaki havaya yaptığı gibi, bu sera gazları da ısıyı Dünya yüzeyinde hapsederek yıldan yıla gezegenimizin yüzeyinin ortalama sıcaklığının artmasına neden olur. Bu sıcaklık artışı birkaç asırda 1-2°C olsa bile, bu değişim birçok tür için yıkıcı etkilere sahiptir. Bu değişimden ölümcül derecede olumsuz etkilenen türlere bir örnek verelim:

Küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen canlılardan birisi kutup ayılarıdır. ABD Jeolojik Araştırmaları'nın (USGS) 2015 yılında yayınladığı bir rapor, küresel ısınma nedeniyle buzulların hızla eriyor olması sonucunda kutup ayılarının yaşam alanlarının hızla yok olduğunu ortaya koymaktadır. Buna bağlı olarak kutup ayıları, buzulları ve okyanusları terk ederek karalara göç etmektedirler. Eğer bu şekilde devam edersek, kutup ayıları giderek daha fazla karalarda yaşamaya zorlanacak ve karalar onlara yeterli besini sunamıyor olduğu için giderek sayıları azalacaktır. Yapılan incelemeler, karalara ulaşan kutup ayılarının erişebildikleri yerlerde meyve ve böğürtlen gibi besinlerle beslenmek

zorunda kaldıklarını gösteriyor. Ancak bu meyveler, etçil bir yırtıcı olan kutup ayıları için hiçbir şekilde yeterli değildir. Bu da, çok hızlı bir yok oluş sürecini kaçınılmaz olarak tetikleyecektir. İşte ekoloji, bu karmakarışık doğal döngüleri ve işleyişi inceleyen ve bu süreçlerden önemli bilgiler edinmemizi sağlayan çok önemli bir bilim sahasıdır. Örneğin, kutup ayılarının yaşam alanlarının daralması sonucu karalara ulaşmaları, sadece kutup ayılarını değil, kutup ayılarının yakın kuzenleri olan boz ayıları da etkilemektedir. Şimdi gelin değişen ekolojik dengelerin zincirleme etkisine bir örnek görelim:

Kutup ayıları, canlılık içindeki en yüksek yağ oranını içeren diyetlerden birine sahiptir. Bu tür yiyeceklere denizel ortamlarda ulaşmak mümkündür. Örneğin kutup ayıları, yağlı fokları yiyerek ihtiyaçlarını giderirler. Öte yandan karasal besinler genellikle karbonhidrat ve protein açısından zengin, yağ açısından zayıftır. Bu da kutup ayılarının ihtiyaçlarını karşılayamamasına neden olur. Dahası, karada onları dişli bir rakip beklemektedir: Boz ayılar! Kutup ayılarının on binlerce yıldır karalarda avlanacak şekilde özelleşmiş bu kuzenleriyle mücadele etmeleri çok zordur. Boz ayılar, bulundukları bölgelerde kolaylıkla avlanırlar ve kutuptan gelen kuzenlerine pek bir şey bırakmazlar. USGS raporunun yayınlanmasında görev alan Dr. Karyn Rode şöyle söylüyor:

"Arktik bölgelerdeki düşük boz ayı popülasyonu bile bize bir şeyler anlatmaktadır. Üstelik, bu kadar uçlarda yaşayan boz ayıların vücutları da ortalamadan küçüktür. Çünkü böylesine büyük vücutlu hayvanların ihtiyaçlarını karşılayan besinler yok denecek kadar azdır."

Bizler, kutup ayılarının önünde sadece birkaç yol görebiliyoruz. Bunlardan ilki, kaçınılmaz bir şekilde yok oluş... Eğer ki insanlar olarak yaşam alanlarını bu kadar hızlı bir şekilde yok edersek, evrimin işlemesine imkân kalmadan soyu tükenmiş hayvanlar arasına katılabilirler. Çünkü gidecekleri bir yer yok. İkincisi ise, yok oluşun bu kadar hızlı olmadığı bir senaryo... Bu durumda kutup ayıları içinde karasal yaşantıya birazcık daha uyumlu olanlar seçilerek yepyeni bir evrimsel yolağa girebilirler. Böylelikle boz ayılarla ortak atayı paylaşan kutup ayıları, tekrardan karasal bir yaşantıya uyum sağlayacak şekilde evrimleşebilirler. Ancak söz konusu insan-kaynaklı faktörler yaşam alanlarını o kadar hızlı harap ediyor ki, evrimin işlemesi için çok az fırsat kalıyor. Tabii bir de üçüncü bir senaryo var: İnsanlar olarak aklımızı başımıza almak ve iklim değişimini durdurmak. Ancak sanıyoruz ki bununla uğraşmak için biraz fazla benciliz.

İşte bu tip sorunları çözmek konusunda ekolojiyi ve ekolojinin evrimle yakın ilişkisini anlamak ve anlatmak, bu sorunun çözümünde önemli bir rol oynayabilir. Carl Sagan'ın eşi olan, bilimin halka aktarımı konusunda yaptığı çalışmalarla bilinen, Emmy ve Peabody Ödülleri'ne layık görülmüş, Güneş Sistemi'nin dışına gönderdiğimiz Voyager 1 ve Voyager 2 araçlarındaki "insana dair bilgileri" depolayan altın disklerin kreatif direktörü olan Amerikalı yazar Ann Druyan'ın da dediği gibi:

"Birçok insanda, dünyanın evrenin merkezinde ve kendilerinin de tüm türlerin merkezinde olduklarına inanmalarını sağlayan büyük bir ego vardır."

Ekoloji, doğa ile insan ilişkisini anlamamıza yardımcı olan, evrimsel biyolojinin insana kattığı nefes kesen dünya görüşünü perçinleyen, çok önemli bir bilim dalıdır. Ekolojiyi anlamak, Indiana Üniversitesi mezunu Amerikalı yazar Diana Black'in *"kocaman hiçlikler için kocaman birer kalkan"* olarak tanımladığı kocaman egolarımızı söndürmek ve doğa içindeki yerimizi anlamak (ve anlamlandırmak) için büyük öneme sahiptir.

Ne var ki, insanın doğa üzerindeki yıkıcı etkisi sadece iklim değişikliği ve aşırı avlanma dolayısıyla giderek yaşanmaz hale gelen okyanuslar değildir. Teknolojik ürünlerimizden kaynaklı uzun dönem ve yıkıcı etkiler de, ekolojik sistemin dengelerini alt üst etmektedir. Bunun en bilinen örneklerinden birisi, 26 Nisan 1986'da yaşanan Çernobil nükleer reaktör patlaması felaketidir. Patlamanın detaylarına ve bilindik etkilerine burada girmeyeceğiz. Nükleer reaktörlerin avantajları ve dezavantajları konusuna da burada girerek içinden çıkılmaz bir tartışmanın tarafı olmak istemiyoruz. Biz, konuya daha ekolojik bir perspektiften yaklaşarak, bu patlamanın spesifik ve son derece ilginç etkilerinden birine yer vermek istiyoruz.

Felaketin ilk etkileri elbette ki sayısız canlı türünün hayatını yitirmesi ve birçoğunun geri dönülmez hasarlar alması oldu. Ancak her canlı, diğerleri kadar yıkıcı bir etkiye maruz kalmadı. Dahası, yılların geçmesi ve radyasyon seviyelerinin düşmesiyle birlikte evrim ve yaşam, her zaman olduğu gibi "bir yolunu buldu". Felaketin üzerinden geçen 30 yıl sonucunda, Çernobil'in etrafında bulunan tehlikeli bölgenin sınırlarında yaşayan kuşlarda uzun dönem radyasyona uyum sağlamaya başladıkları gözükmektedir. Hatta bazı kuşlar bu radyasyonla sadece baş edebilmekle kalmıyor, aynı zamanda ondan faydalanıyor da!



Görsel 3-2: Çernobil felaketinden arta kalanlara dair bir kare... Fotoğraf Pixabay sitesinden alınmıştır.

İyonize radyasyon, serbest radikaller adı verilen reaktif bileşiklerin oluşumunu sağlayarak hücrelere zarar verir. Vücut kendisini antioksidanlar kullanarak korur; ancak eğer ki bu antioksidanların seviyesi çok düşükse, radyasyon genetik hasarlar vermeye başlar ve oksidatif stresi[2] arttırır. Bu durumda serbest radikaller vücudun savunma sistemini yenerek yaşlanma ve ölüme neden olurlar. Çernobil civarındaki vahşi yaşamı inceleyen önceki çalışmalar, kronik (uzun dönem) olarak radyasyona maruz kalan canlıların antioksidanlarının tükenerek oksidatif hasarın arttığını göstermekteydi. İspanyol Ulusal Araştırma Konseyi'nden Ismael Galván ise, sözünü ettiğimiz bölgede yaşayan kuşlarda tam tersini tespit etmeyi başarmıştır.

Galván ve ekibi, ağlar kullanarak tehlike bölgesi içinde veya dışında bulunan, 30 kilometrelik yarı çaplı bir alanı kaplayan 8 farklı bölgeden, 16 farklı türden, 152 kuş yakaladılar. İnsanların bu bölgede yaşaması mümkün değil; ancak bölge, bir çeşit deney alanına dönüşmüş vaziyette. Araştırma ekibi bu bölgelerin her birindeki arka plan radyasyon miktarlarını ölçtü ve değerlerin saat başına 0.02 ile 92.90 mikroSievert arasında değiştiğini tespit etti (ortalama 10.23 mikroSievert/saat). Bu ortalama değer yılda yaklaşık 90 bin mikroSievert değerine eşit. İnsanların yıllık aldıkları normal, güvenilir radyasyon seviyesi ise yılda 2000 mikroSievert civarında. Yani kuşların yaşadığı bölge, insanların normalde yaşayabileceğinden 45 kat daha fazla radyasyona sahip! Bu sebeple bizlerin bu bölgelerde yaşaması imkânsız; ancak kuşlar bunu bir şekilde başarıyor gibi gözüküyor!

Araştırmacılar kuşlardan tüy ve kan örnekleri aldılar ve ondan sonra serbest bıraktılar. Kan örneklerinden, bir tür antioksidan olan glutatiyon kimyasalı miktarını, oksidatif stres düzeyini ve DNA hasarı miktarını ölçtüler. Tüylerden ise melanin pigmenti miktarını tespit ettiler. Ömelanin (siyah ve kahverengi) ve feyomelanin (kırmızı ve pembe), melaninin farklı türleridir. Feyomelanin antioksidanlar kullanarak üretildiği için, renkleri gereği daha fazla feyomelanin üretmesi gereken kuşlar, radyasyonun olumsuz etkilerine daha açıktırlar; çünkü antioksidanlarını renk üretiminde kullanmışlardır ve serbest radikallerle mücadele edecek kimyasalları kalmamıştır.

Araştırmaların gösterdiğine göre, artan iyonize radyasyon etkisi altında kuşların genel vücut koşulları ve antioksidan oranları artmaktadır. Buna karşılık oksidatif stres ve DNA hasarı azalmaktadır! Ancak, yüksek oranlarda feyomelanin, az oranda ömelanin üreten kuşlar bir bedel ödemek zorundadırlar: Daha zayıf vücut yapısı, glutatiyon oranlarında azalma, artan oksidatif stres ve

2 Oksidatif stres, içerisinde oksijen bulunan ve kimyasal olarak aktif olan bileşiklerin (ki bunlara "reaktif oksijen türleri" adı verilir) ortaya çıkma hızı ile bunlardan doğan ve kimyasal olarak aktif olan ara ürünlerin vücuttan atılması veya karaciğer tarafından parçalanması arasındaki hızın birbiriyle uyuşmazlığından doğan bir sorundur. Oksidatif stresin artması sonucu DNA'da baz hasarı ve DNA şeritlerinin yırtılması gibi sorunlar baş gösterir. Buna bağlı olarak Asperger sendromu, ADHD, kanser, Parkinson hastalığı, Alzheimer, arteroskleroz, kalp yetmezliği, otizm gibi birçok hastalığın görülme riskinde artış olduğu düşünülmektedir.

yüksek DNA hasarı... Bu durumdan olumsuz olarak etkilenen iki kuş türü, büyük tit (*Parus major*) ve kır kırlangıcıdır (*Hirundo rustica*). Çünkü bu kuşların tüylerinde yüksek oranda pembe renk bulunmaktadır.

Daha önceki laboratuvar araştırmaları uzun süreli olarak düşük düzeydeki dozlara maruz kalındığında, insanların ve diğer hayvanların radyasyona adapte olduğunu göstermektedir. Bu uyum sağlama becerisi, sonrasında daha yüksek dozlara karşı daha fazla dirençli olmayı da sağlamaktadır. Bu araştırma, vahşi yaşamda hayvanların iyonize radyasyona adapte olabildiklerinin ilk kanıtıdır.

Yalnız burada hemen uyarmak istiyoruz: Burada sözü edilen "adaptasyon", evrimsel bir adaptasyondan ziyade, evrimsel biyolojide "aklimasyon" adını verdiğimiz türden bir uyum sağlamadır. Yani bu araştırmada evrimsel bir değişim incelenmemiş, canlıların ömürleri içinde radyasyona verdikleri fizyolojik tepkiler araştırılmıştır. Çernobil etrafındaki soy hatlarının evrimsel olarak radyasyona verdiği tepkiler ve evrimsel değişimler de incelenmekte olan bir konudur; ancak henüz kayda değer sonuç alabilmek için yeterince süre geçmemiştir. Bu durum, bize ekoloji ile evrim arasındaki ince çizginin doğru tarafından analiz yapmanın önemini de göstermektedir. Her ne kadar evrimle ekoloji, neredeyse ayrılamaz şekilde bir bütün olsalar da, ikisinin kendine has alanları bulunmaktadır. Bu örnek, evrimsel biyolojiden ziyade ekoloji ve genel biyoloji perspektifinden doğayı anladığımız bir örnektir. Ekolojinin uzun dönem etkilerine bakmaya başladıkça, evrimsel biyolojinin ekoloji üzerindeki etkisi de daha net bir şekilde ortaya çıkacaktır.

Çernobil'in bir benzeri olan ve 11 Mart 2011 Tōhoku depremini takiben meydana gelen Fukuşima-Daiçi nükleer felaketi, aradan geçen yıllara rağmen halen canlıları ve bu canlıların yaşam alanlarını tehdit etmektedir. 2014 yılında yapılan ve *Science* dergisinde yayınlanan bir araştırmada, Fukuşima reaktörünün etrafında yaşayan kelebek larvaları, reaktör civarında yetişen ve radyasyondan az miktarda etkilenmiş yapraklarla bile beslendiklerinde, temiz yapraklarla beslenen kelebeklere göre daha çok fiziksel anormallikler gösterdikleri ve daha düşük hayatta kalma oranına sahip oldukları görülmüştür. Yani radyasyon, çok düşük miktarlarda bile olsa olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Daha önceki bir deneyde, Nishihara/Japonya'daki Ryukyus Üniversitesi'nde biyolog olan Joji Otaki ve meslektaşları, kelebek larvalarını kazadan birkaç ay sonra santralin yakınlarından toplanmış ve kilogramında binler seviyesinde (Bq/kg) radyasyon olan ekşi yonca sarmaşığının yapraklarıyla beslemişlerdi. Karşılaştırma yapabilmeniz için, Japon hükümeti insanların pirinç, et ve balık tüketimi için 100 Bq/kg, süt ve bebek maması için de 50 Bq/kg limitini koymuştur. Radyasyona iyice bulanmış yapraklarla beslenen larvaların hayatta kalma oranları çok düşüktü ve olağandışı küçüklükte ön kanatlar gibi fiziksel anormalliklerin gözlenme oranı çok yüksekti. Bu sonuçlar, kirli alanlarda normalde beklenenden daha az kelebeğin olduğunu ortaya çıkaran diğer alan incelemelerini de destekliyorlardı.

Yeni çalışma, daha düşük yoğunluklarda bile radyasyonun larvalara zarar verebileceğini göstermektedir. Otaki ve meslektaşları kazadan 16-20 ay sonra, yani kısa ömürlü radyoaktif kirlilik parçalanıp dağıldıktan sonra, bu sefer santralden 59-1760 kilometre arasındaki bölgeden yaprak topladılar. Kirlilik seviyesi 161 ile 0,2 Bq/kg arasında değişiyordu. Araştırmacılar, kirlilik arttıkça ölüm oranlarının ve anormallik vakalarının arttığını buldular. Araştırmacıların şu sözleri, insanların patlayan nükleer reaktörler aracılığıyla doğaya yaptığı kısa ve uzun vadeli etkileri güzel (!) bir şekilde özetliyor:

"Bu sonuçlar, yaklaşık 100 Bq/kg kadar düşük doz alımının bile bazı organizmalar için ciddi şekilde zehirleyici olabileceğini gösteriyor."

Reaktörün etrafındaki radyasyon seviyelerinin "normal" düzeylere düşmesinin on yıllar alacağı düşünülecek olursa, bu bölgede yaşayan canlıların bu durumdan nasıl ve ne derecede etkilendiğini hayal etmek daha kolay olacaktır.

İşin ilginç tarafı, bir nükleer reaktörün patlaması gibi akıl almaz tehlikedeki ve yıkıcılıktaki durumlarda bile evrimin kurtarıcı etkisi görülebilmektedir. Örneğin, 2002 senesinde, yani Çernobil felaketinden yıllar sonra, Albert Einstein Tıp Fakültesi'nden araştırmacılar, insanların halen giremediği Çernobil Nükleer Reaktörü'ne gönderen robotun çektiği ve reaktörün tam kalbinde birikmeye başlayan siyah, melanince zengin küf mantarı görüntülerinden ilham alarak yürüttükleri çalışmada heyecan verici bir keşfe imza attılar: Bazı canlılar, reaktörden yayılan radyasyonu kullanarak enerji üretebiliyor ve daha kolay hayatta kalıyorlardı!

Araştırmacılardan Arturo Casadevall ve arkadaşları, iki farklı mantar kullanarak çeşitli testler yürüttüler. Bunlardan biri yapay yollarla melanin üretimi sağlanan *Cryptococcus neoformans* mantarı, ikincisi ise melanini doğal olarak barındıran *Wangiella dermatitidis* mantarıydı. Bu ikiliyi normalden 500 kat fazla radyasyona maruz bırakarak değişimleri incelediler. Sonuçlar çok netti: İki mantar da, 500 kat şiddetli radyasyon etkisi altında, normal düzeye göre çok daha hızlı büyüyordu. Araştırmacılardan Ekaterina Dadachova şunları söylüyor:

"Tıpkı klorofil pigmentinin güneş ışığını kimyasal enerjiye dönüştürerek bitkilerin büyümesini ve yaşamasını sağlaması gibi, araştırmamız da melanin pigmentinin, elektromanyetik spektrumun farklı bir bölgesinde olan iyonize radyasyonu enerjiye çevirdiğini düşündürüyor. Bu sayede mantar, bu enerjiyi kullanabiliyor."

Bu konuyu daha derinlemesine masaya yatıran araştırmacılar, radyasyona maruz kalan melaninin elektron spin rezonans sinyallerini ölçtüler ve gerçekten de, radyasyonun melaninin elektron düzenini değiştirdiğini gösterdiler. Düşündüklerine göre bu, radyasyonun yakalanıp farklı bir enerjiye ve besine dönüştürüldüğüne dair ilk örnek. Bugüne kadar melaninin mantarlardaki görevi bir gizem olarak kalmıştı. İlginç bir şekilde, mantarlardaki melanin, cildimizde bulunan ve bize renk veren melaninden hiç farklı değil. Bu gerçek, Casadavell'in cilt hücrelerimizin melanin sayesinde radyasyondan enerji üretip

üretemediğini düşünmesine neden oluyor. Radyasyon yiyici mantarlar, gelecekteki uzay görevlerinin de başrolünü oynayabilir. Dadachova şöyle izah ediyor:

"İyonize radyasyon uzayda bol miktarda bulunduğundan astronotlar uzun dönem uzay görevleri için mantarla beslenebilirler. Bu, aynı zamanda, diğer gezegenlerin kolonize edilmesinde de kullanılabilir."

Ekoloji ile evrimin el ele çalışarak ortaya çıkardıkları gizemlerden daha heyecan verici bir şey var mı bu hayatta, bilemiyoruz!

Doğa üzerindeki etkilerimizi incelemek için bakmamız gereken tek yer nükleer reaktörler gibi devasa yıkıma neden olan araçlar değildir. İnsana ait her türlü yapay unsur, ekoloji üzerinde öyle veya böyle bir etkiye sahip olacaktır. Şimdi gelin, şehirlerimizin örümcekler üzerindeki etkisine bakarak, ekolojik değişimlerin canlıların gelişimsel ve evrimsel yolaklarını günümüzde bile nasıl değiştirebileceğine bir bakalım.

Hepimiz biliyoruz ki şehirleşmenin hayvanlar üzerinde zararlı sonuçları olabilir. Yaşam alanlarını yok etmek ve onları sürekli gelişmekte olan popülasyonumuza uyarlamak için beton yığınlarıyla yer değiştirmek, türlerin yeni şehir yaşantısına uyum sağlamakta başarısız olmasından dolayı genellikle biyoçeşitlilik kaybıyla sonuçlanır. Güncel araştırmaların gösterdiğine göre bu durum, düşündüğümüzden daha da "korkutucu" bir etkiye sahiptir: Şehirleşme, örümcekleri daha büyük yapmaktadır!

Şehirleşme, bölgesel iklimi etkileyerek ve doğal hayvan habitatını çarpıcı olarak değişime uğratarak önemli ölçüde tabiatı değiştiriyor. Birçok tür bu yeni çevrelerden istifade edemiyor ve sonuç olarak popülasyonlar azalıyor fakat bazı türler bu yerlerde iyi gelişebilir gibi görünüyor. Sydney Üniversitesi'nden araştırmacı Elizabeth Lowe'un tespit ettiği bu özel türlerden biri, Altın Ağörücü örümcekleridir (*Nephila plumpies*). Lowe, onların alışılmadık bir şekilde daha tombul göründüklerini fark etmeye başladı. Böylece bunun şehirleşmeyle ilgisi olup olamayacağını merak etti ve araştırma yapmaya karar verdi.

Lowe ve meslektaşları, şehir içi bölgelerinden çalılık arazilere kadar uzanan çeşitli yerlerden toplam 222 dişi örümcek topladılar. Şehirleşmenin bu örümceklerin gelişim ve üremelerini etkileyip etkilemediğini görmek istediler, bu yüzden toplanan örneklerin boyutlarını, yağ rezervlerini ve yumurta üretim miktarlarını ölçtüler.

Çalılık arazilerden uzak olan yerleşik alanların daha büyük örümceklere ev sahipliği yapma eğiliminde olduğunu keşfettiler. Şehir içi parklarından alınan örnekler ortalama 1,6 gram ağırlığındaydılar. Bu, kulağa çok fazla gibi gelmeyebilir; fakat çalılık arazilerden alınan ortalama 0,5 gram ağırlığındaki örümceklerle karşılaştırıldığında olağanüstü bir seviyede tombul olduklarını görmek kolaydır. Dahası, kent tipi yerleşim yerlerinde, sert yüzeyli olan ve daha az yaprak döküntüsü bulunan yerlerde, örümcek yumurtalıkları da önemli ölçüde daha büyüktü.

Araştırmacılar, gözlemlenen bu değişimlerde iki faktörün payı olabileceğini savunuyor: Yükselen sıcaklıklar ve av ulaşabilirliği. Kentsel Isı Adası denen bir etkiye göre, bitki örtüsü eksikliği ve sert yüzeyden dolayı kentsel bölgeler doğal yaşam alanlarına göre genellikle büyük ölçüde daha sıcaktır. Sıcaklığın örümceklerin boylarını ve gelişmelerini etkileyebileceği zaten bilinmektedir. Böylece daha kentsel alanlarda görünen yüksek sıcaklıklar muhtemelen örümceklerin gelişimini pozitif olarak desteklemektedir. Kentsel alanlarda örümcekler için daha fazla ulaşılabilir av bulunuyor olmasının da gözlemlenen gelişme artışını açıklaması mümkündür.

Araştırma bulguları daha da ilginçleşiyor: Araştırmacılar, aynı zamanda örümceklerin büyüklüklerinin sokak lambaları gibi yapay ışık yapılarıyla ilişkili olduğunu buldular. Yapay ışıklandırmanın böcekleri çektiğini hepimiz biliriz. Bu durum, böceklerin yoğun olduğu bu alanlarda örümceklerin daha fazla av yakalayabilmesine ve daha da irileşmelerine neden olmaktadır. Görüleceği üzere ekolojik bir değişim, bir canlının yapısal olarak değişmesi ile sonuçlanmaktadır.

Son olarak, yapılan ilginç bir diğer gözlem, daha zenginlerin yaşadığı kesimlerde örümceklerin genellikle daha büyük olmasıydı. Araştırmacılar bunun neden olabileceği konusunda kararsız; ancak daha zengin kesimlerin daha sert yüzeylere sahip olabileceğini ve böylece daha sıcak olabileceklerini öne sürüyorlar. Görebileceğiniz gibi, bu örnekteki gibi hiç beklenmedik unsurlar bile ekolojiyi ve ekolojik dengeleri etkileyebilmektedir.

Araştırmacılar sadece Sydney bölgesine bakmış olsalar da bunun tüm dünya üzerinde de gerçekleştiğini düşünüyorlar. Daha da büyük örümceklerin olabileceği düşüncesinin, şu anda birçok okurlarımıza ürperti verdiğinden eminiz; fakat bu örümcekler berbat görünüyor olsalar da, pek çok fayda sağladıklarını, örneğin sivrisinek gibi birçok can sıkıcı böceği yediklerini hatırlamak zorundayız. Belki de bu daha büyük örümceklere kucak açmamız gerekiyordur?

Ne yazık ki doğa üzerinde bazen akla hayale gelmeyecek nedenlerle de olumsuz etkiler yaratabilmekteyiz. Bunlardan birisi, evcilleştirmeye merak saldığımız hayvanlardan birisi olan kediler... Daha doğrusu, önce evcilleştirip de sonra sokaklara saldığımız, üremelerini kontrol altına almadığımız sokak kedileri... Belki aklınıza hiç gelmezdi; ancak sokak kedileri biyoçeşitliliğe ciddi anlamda zararlar verebilen bir canlı grubudur.

Ev kedileri (*Felis domesticus*), son 10 bin yıl içinde, yapay seçilim ile vahşi doğadan koparılarak insanın istekleri yönünde evrimleştirilmiş bir türdür. Günümüzde, evcilleştirilmiş bu hayvanların doğaya geri salımlarının, ilk etapta her ne kadar "özgürlükçü" bir yaklaşım olduğu düşünülse de, durum bundan biraz farklıdır. Çünkü bu kadar uzun zaman dilimlerinde, özenle evrimleştirilen türlerin umursamaz bir şekilde doğaya geri salımları, tür dengelerini alt üst edebilecektir ve etmektedir de.

Nature Communications dergisinde 2013'te yayınlanan ve Smithsonian Enstitüsü tarafından yapılan bir araştırmaya göre sokak kedilerinin biyoçeşit-

liliğe yaptığı zarar sanılandan fazla olabilir. Evcil kediler herhangi bir sorun yaratmasa da, sokaktaki başıboş kediler biyoçeşitliliği sanılandan çok daha ciddi biçimde tehdit etmektedir. Daha önceden yapılan bir araştırmada, sadece Amerika Birleşik Devletleri sınırları dahilinde yaşayan kedilerin, her sene 1.3-4 milyar civarında kuşun, 6.3-22.3 milyar civarında farenin ve diğer memelinin ölümünden sorumlu olduğu zaten anlaşılmıştı. Sözünü ettiğimiz ve *Nature Communications* dergisinde yayınlanan kısmen yeni bir araştırmaya göreyse, Kuzey Amerika ve Avrupa'da yaşayan *her bir* kedi, yılda 30-47 kuş ve 177-299 küçük memeli (sivrifare, sıçan, tarlafaresi, sincap, vb.) öldürmektedir. Özellikle adalar gibi kapalı alanlara salınan sokak kedilerinin, adadaki biyoçeşitliliği yok edecek düzeyde zarar verebildiği ve bazı türlerin soyunun tamamının tükenmesine neden olabileceği de raporda yer almaktadır. Aynı raporda, evcil kedilerin neredeyse hiçbirinin bu zararı veremediğini, sadece sokakta yaşayan kedilerin buna neden olduğu belirtilmiştir. Her ne kadar bu araştırmaya karşı çıkan hayvansever dernekleri olduysa da, söz konusu sayıları ve etkileri çürütebilen hiçbir veriye ulaşılamamıştır.

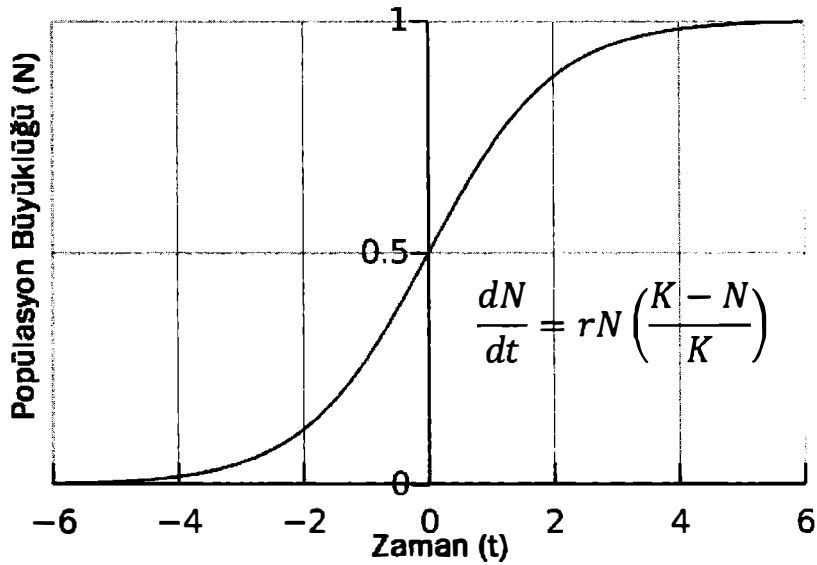
İnsanın doğa üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerine verebileceğimiz örnekler sınırsızdır. Ancak daha fazla konuyu uzatmak istemiyoruz; çünkü ekolojiden öğreneceğimiz daha birçok şey var. Bu nedenle şimdi yola devam edelim ve günümüzdeki doğa bilimlerine yön veren en önemli çalışma sahalarından biri olan modern ekolojinin gelişimine bir göz atalım:

MODERN EKOLOJİYE DOĞRU

Modern ekoloji, özellikle 21. yüzyıldaki ekolojik araştırmalara yön veren teoriler ve deneyler bütünü olarak görülebilir. Dolayısıyla modern ekolojinin doğumunu teorik ve deneysel açıdan ele alabiliriz. Teorik ekolojinin doğumunda yirminci yüzyılın başlarında Alfred Lotka ve Vito Volterra'nın geliştirdiği matematiksel denklemler önemli olmuştur. Av-avcı denklemi olarak bildiğimiz bu denklemler av ve avcı türleri arasında popülasyon büyüklükleri açısından salınım olduğunu göstermektedir. Yani avların sayısı artınca, avcıların sayısı da artar; çünkü besin bulmak kolaylaşır. Ancak avcı sayısındaki artış, avların sayısını hızla azaltır; bu da avcıların besin bulamayarak ölmesine ve sayılarının azalmasına neden olur. Avcıların azalması, avlar için yeniden sayıca çoğalma imkânı verir ve sayıları artar. Bu döngü, bu şekilde devam eder. Türler varlıklarını koruyabilmek için girdikleri mücadeleyi kaynakların devamını sağlamak amacıyla gerçekleştirdiklerinde rekabet eder, evrimleşir ve yayılım gösterirler.

Deneysel ekolojinin başlangıcında ise Georgii Gause'un türler arasındaki rekabeti anlama konusunda protozoalar ve mayalar üzerindeki çalışmalarını görürüz. Kurduğu hipoteze göre benzer türler benzer niş, yani ekolojik konumda bulunamazlar; ama kendilerine özgü beslenme alışkanlıkları ve yaşama şekil-

leri geliştirerek birlikte yaşamaya uyum sağlayabilirler. Bunun olmadığı koloni ve sistemlerde türlerden biri yok oluşa maruz kalır. Gause'a ek olarak Raymond Pearl tarafından gerçekleştirilen *Drosophila* (meyve sineği) üzerindeki çalışmalar lojistik denklemin (Görsel 1: S-biçimli grafik) kullanabilirliğinini ve buna bağlı olarak geliştirilen argümanların test edilmesini amaçlamaktadır. İleride açıklayacağımız frekansa (sıklığa) bağlı doğal seçilim olgusunun temelini atan bu çalışmalar, ayrıca *Drosophila* cinsinin genetik çalışmalarda model organizma olmasını sağlamıştır. Bir diğer deyişle ekolojiden gelen bu veriler, evrimsel biyolojinin en önemli yapıtaşlarından birisini oluşturmuştur. Daha geniş perspektiften bakacak olursak, teorik ve deneysel anlamda yapılan bu araştırmaların hem modern ekolojinin hem de evrimsel biyoloji alanındaki çalışmaların gelişmesine büyük katkılar sağladığını görebiliriz.



Görsel 3-3: Pearl'ün lojistik denklemi sigmoittir (S harfi şeklindedir). Popülasyon büyümesi en yüksek seviye olan taşıma kapasitesine (K) ulaşır.

Şimdiye kadar ekoloji ve evrim biliminden, Darwin'in etkilendiği fikir ve modern ekolojinin doğum aşamasından bahsettik. Bu kitapta tekrar tekrar gösterdiğimiz ve göstereceğimiz üzere, Evrim Teorisi'nin bütün bilim dallarından etkilenmesini ve onların her birini etkilemesini bekleriz; ki gerçekten öyledir de... Evrende her zaman bir değişim söz konusudur. Bunu dünyamızda, canlılar açısından düşündüğümüzde ekolojinin evrime büyük katkısını görürüz. Canlıların kendileri arasında ve çevreleriyle olan ilişkileri onları evrimleştirmiştir. Türler arası rekabet; birbirlerine bağlı yaşayan türler; coğrafi izolasyon; iklimsel değişiklikler; kara ve su ortamına uyum sağlama; sıcaklık, su, enerji, besin ilişkileri

ve sosyal ilişkiler; popülasyonların dağılımı ve büyümesi; komünite ve ekosistem düzeyindeki bağlantılar; enerji akışı, besin döngüsü, vb. olguların hepsi ekoloji altında incelenir. Ayrıca bu kavramları evrimsel biyoloji çalışmalarının araştırılması aşamasında da görürüz. Aslında evrimi incelemek ekolojiyi; ekolojiyi incelemek de evrimi incelemek demektir. İkisi birbirinden bağımsız olarak düşünülemez.

Türler arasındaki etkileşimin her zaman dolaylı yoldan olmayabileceğini belirtmiştik. Bazı hayvanlar doğrudan doğruya diğer hayvanlarla ya da bitkilerle beslenir. Bu canlılar arasında direkt bir bağlantı mevcuttur. Bir örümcek bir böceği ağı sayesinde kolaylıkla etkisiz hale getirir; bu da var olmak için mücadele etmenin açık bir örneğidir. Bunun gibi, avcıların avlarını yakalayabilmesi için evrimleşmiş sayısız özellik ve davranış tipi bulunur. Buna paralel olarak, av durumunda olan canlılar da tuzaklardan, yakalanmaktan kaçınma yollarını evrimsel değişimler sayesinde bulabilmişlerdir. Yani ekoloji ile evrim arasındaki ilişkide, birlikte evrim olgusu sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; Mesozoik dönem sırasında yumuşakçaları rahatça avlayan, kabukları kırabilme veya parçalayabilme özelliklerine sahip avcılar mevcuttu. Bu durumdan korunmak zorunda kalan birçok tür daha kalın kabuklara, kabuk açıklığının etrafında daha sağlam çepere, kabuktan çıkan dikenler gibi yapılara sahip olacak biçimde evrimleşmişlerdir. Bunun sonucunda da çift kabuklular ve karından bacaklıların kabuk yapılarındaki çeşitlilik artmıştır.

ORGANİZMALARIN FİZİKSEL EKOLOJİSİ: BULUNULAN ÇEVREYE UYUM

Bu örnekten de görülebileceği üzere, ekolojik sınırların neden olduğu evrimsel baskı, sıklıkla fiziksel değişimler ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle organizmaların fiziksel ekolojisini incelemek, konu bütünlüğünü sağlamak açısından faydalı olacaktır.

Hemen hemen her şeyin içinde bulunduğu çevre iki temel öğeden oluşur: Biyotik ve abiyotik. Biyotik öğe yaşayan organizmalardan oluşurken; abiyotik öğe ortamın fiziksel yönünü ele almaktadır ve çoğunlukla ortamdaki cansız yapılardan oluşur. Enerji akışı, rekabet, yırtıcılık ve parazitlik biyolojik etkileşimin örnekleridir. Türlerin bolluğu ve dağılımı hem biyolojik etkiler hem de fiziksel etkiler tarafından şekillendirilmektedir. Canlılar, hayatta kalabilmek için bulundukları ortama uyum sağlamak zorundadırlar. Daha önceki örneklerden gördüğümüz üzere, bu uyum iki seviyede yaşanır: Kısa vadede ve geçici olarak bireylerde veya birey gruplarında meydana gelen uyum ("modifikasyon" ya da "aklimasyon") ile uzun vadede popülasyonlar bazında meydana gelen, daha kalıcı yapıdaki adaptasyon (evrim). Uyumun bu ilk öğesi, fiziksel değişimler şeklinde olabileceği gibi, davranışsal da olabilir. Örneğin, eğer ki yağmur yağıyorsa canlılar saklanacak bir yer bulmalıdırlar veya eğer hava çok soğuksa kendilerini donmaya karşı korumalıdırlar. Bunlar, davranışsal olarak gerçekleştirilen, ortama uyum sağlama girişimleridir. Benzer şekilde güneş

altında çok fazla kalan açık tenli bireylerin deri renklerinin bronzlaşması fiziksel ve geçici bir değişimdir. Kalıtsal bir tarafı bulunmaz ve çevre koşulları eski haline döndüğünde (canlı güneş altında kalmayı bıraktığında) deri rengi de zamanla eski haline dönecektir. Benzer şekilde, kasların zorlanma sonucunda güçlenmesi, canlıların yoğun fiziksel kuvvetlere karşı sağladıkları uyumun bir sonucudur. Bunun da doğrudan evrimsel bir anlamı bulunmaz; kaslı bir bireyin kaslı yavruları olmayacaktır. Uzun vadede ve popülasyon bazında gözlenen genetik ve fiziksel değişimlere evrim dediğimiz için, bu geçici farklılaşmalar da evrimsel biyoloji ile her zaman doğrudan ilişkili değildir. Ancak bu değişimler, ekolojik olarak anlamlı olabilir. Buna karşılık, bulunulan fiziksel ortama uyum sağlama zorunluluğu çoğu zaman evrimsel skalada değişimlerle sonuçlanır ve bu tür evrim de, ekolojik ilişkiler çerçevesinde incelenip analiz edilebilir.

Canlıların çevreleriyle ilişkisi incelendiğinde, fiziksel çevrenin yaşamı ve ölümü belirleyen en temel faktör olarak karşımıza çıktığı görülecektir. Örneğin çöl gibi bazı ortamlar, birçok bitki ve hayvan türleri için hayatta kalması zordur. Böyle zorlu koşullara uyum sağlayan canlılar, suyu tutma ve kurumayı engelleme gibi adaptasyonlara sahiptirler. Benzer olarak, donma noktasının altındaki sıcaklıkta okyanuslarda yaşayan ve bu fiziksel zorluklara uyum sağlamayı başarmış balıklar görmek mümkündür.

Kimi zamansa evrimsel adaptasyon ile geçici modifikasyonları birbirinden ayırmak güçtür. Buna rağmen bu tip örnekler, çevrenin canlılar üzerindeki etkisine dair önemli bilgiler verir. Bunun en güzel örneklerinden birisi, mevsimsel olarak kürk veya post renklerini değiştiren hayvanlardır.

Bazı hayvanların mevsimden mevsime, hatta durumdan duruma göre vücut renklerini (post, kürk ya da deri renklerini) değiştirdikleri okulda öğretilir. Ahtapotlar ve bukalemunlar, neredeyse anlık olarak renk değiştirmeyi başaran türler için akla gelen ilk iki örnektir. Ancak evrimsel süreçte bu iki türden çok daha fazlasında bu özellik evrimleşmiştir. Bu hayvanlar, vücut renklerini yılda bir veya birkaç defa değiştirmektedirler.

Bunu yapabilme becerisi, evrimsel süreç açısından bilinen en güçlü adaptasyonlardan birisidir. Çünkü çevre sadece uzun vadede jeolojik ve coğrafi olarak değişmez. Aynı zamanda yıl içinde de periyodik olarak değişir. Hatta gün içinde bile değişebilir ki buna adapte olabilmiş nadir sayıda canlı da bulunmaktadır. Fakat birçok canlı için bu kadar ani renk değişimleri oldukça zordur; bu sebeple genellikle hayvanlarda ya mevsimlik ya da yıllık olarak değişen vücut renklerine rastlarız. Canlılar, evrimsel süreçte kendilerine avantaj sağlayabilecek farklılıklarına göre seçilmişlerdir ve bu sebeple her hayvanın kendine has renk değiştirme yeteneği olabilir. Tahmin edilebileceği gibi bu özellik, hem avcılardan korunmayı sağlar; hem de avlanmayı kolaylaştırır.

Bu özellik evrimsel süreçte ortaya çıkmış olsa da, evrimle ilgili kafa karışıklıklarından birini izah etmek için güzel bir örnek oluşturur: Burada aslen

görülen, gelişimsel bir değişimdir. Vücut renginin mevsim içinde değişmesi, bir çocuğun boyunun yıllara bağlı olarak uzamasından çok farklı değildir. Tek fark, boy uzaması tek yönlüyken (büyük oranda, sadece uzama yönündedir), vücut rengi değişimi periyodik olarak gerçekleşen bir olaydır (bir o renge, bir bu renge dönebilir). Bu tür bir gelişimsel değişimin genetik kökenleri, nasıl kontrol edildiği, nasıl gerçekleştirildiği gibi detaylar evrimsel süreç sayesinde şekillendirilmiştir. Ancak bir tavşanın postunun beyaza ve sarıya mevsimlik olarak dönmesi evrim değildir. Bu renk değişiminin sağlanması yeteneği (yani mevsimi geldiğinde siyah posttan beyaz posta geçiş yeteneği) evrim sonucu ortaya çıkmış bir özelliktir, ona şüphe yok. Ancak bu mevsimlik renk değiştirme süreci boyunca yaşanan değişimlerin kendisi evrim değildir.

Öte yandan, uzun vadeli olarak meydana gelen çevresel değişimler sonucu, sadece belli bir rengin sürekli olarak seçilmesi nedeniyle, popülasyon içinde bir rengin bulunma sıklığının artması, evrimdir. Bu, şöyle düşünülebilir: Popülasyon içinde periyodik/mevsimsel olarak daha geniş bir renk skalasında değişim geçiren ve çok daha dar skalada geçirebilen (ya da hiç geçirmeyen) bireyler olabilir. Değiştirilen rengin skalasının geniş olması bir avantaj sağlıyorsa, giderek bu geniş skalalı değişimleri geçirenlerin popülasyonda sayıca artması, evrimdir. Ancak bunların kışın beyaza, yazın kahverengiye dönmesi evrim değildir. Her hayvandaki renk değişimi, bu şekilde gelişimsel değildir. Aslına bakarsanız hayvanların ezici çoğunluğunun rengi büyük oranda sabittir ve bu rengin uzun vadeli değişimi, doğrudan evrimsel süreçlerle olmaktadır ve evrimin ta kendisidir. Dolayısıyla periyodik renk değişimleriyle, uzun vadeli renk değişimleri arasındaki fark anlaşılmalıdır.

Hayvanlar âleminde periyodik renk değişimleri konusunda geniş bir çeşitliliğe rastlarız: Örneğin ahtapotlar gibi kafadanbacaklılar, kromatoforlar denen pigmentleri kullanarak renklerini hızla değiştirebilirler. Bu pigmentler, milisaniyelerle ölçülebilen hızda renk değiştirebilen bir kimyasal yapıdadırlar. Mekanizmaları oldukça basittir: Hücreleri saran kasların çeşitli sebeplerle uyarılmasına bağlı olarak, hücre içinde meydana gelen kimyasal süreçler değişir ve bunun sonucunda, birbirinden farklı renkte sonuçları olan tepkimeler aktive olur. Bukalemunlar da buna benzer bir yönteme sahiptirler: Duygu durumlarına bağlı olarak vücutlarının kimyası değişir ve buna, vücut derilerinin rengi de dahildir. Bukalemunlar bu hızlı renk değişimlerini fotonik kristaller denen ufak parçacıkları kullanarak gerçekleştirirler. Bu, kısmen öfkelendiğimizde yüzümüzün kızarmasına benzer. Ancak bizde, renk değişimine neden olan şey pigmentler değil, deri yüzeyine hücum eden kandır. Yine de, kanı hücum ettiren şey, kimyasal tepkimeler ve bu tepkimelerdeki değişimlerdir. Kafadanbacaklılar ve bukalemunlardaysa bu tepkimelerdeki değişimler, doğrudan pigmentleri veya mikroskobik yapıları etkilemektedir.

Belli yüksekliklerde yaşayan hayvanlardaysa bu kadar ani değişimler yerine, mevsimsel değişimler görülür. Bunun sebebi de temelde aynıdır: Mevsimle-

rin değişimi, sıcaklık ve gün ışığı şiddetini değiştirir. Buna bağlı olarak hayvanların hormonal dengeleri değişir. Bu da, vücut renklerinin değişimini tetikler. Bunun en güzel örneklerinden biri, "kakım" olarak da bilinen hayvanlardır. Gelinciklerle çok yakın akraba olan kakımlar, kış aylarında bembeyaz bir posta bürünürler. Yazları ise sırtı kahverengi, karnı beyaz olan bir posta sahiptirler. Dahası, kışları kullandıkları postları, yazları büründükleri posta göre çok daha kalındır, çok daha güçlü kamuflaj sağlar ve çok daha yoğundur.

Görülebileceği gibi sıcaklık ve ışık; gezegenimizde canlıların özelliklerini belirleyen iki önemli faktördür. Canlılar dünyamızda çok sıcak ve çok soğuk bölgelere bile adapte olabilmektedir. Hayvanlarda sıcak-kanlı ve soğuk-kanlı olabilmek bulundukları ortama uyumları ile ilişkilidir. Soğuk-kanlı canlılar bulundukları ortamın sıcaklığından kolayca etkilenirler. Bu nedenle bu canlılar kışın havalar soğuduğunda kış uykusuna yatarak ya da yazın havalar çok sıcak olduğunda gün boyu gölgelik yerlerde dinlenerek, metabolizma hızlarını düşürürler ve kendilerini değişken hava koşullarından korumuş olurlar.

Sıcaklığın yanı sıra ışık da canlıların ekolojisini etkileyen önemli bir faktördür. Işığın ulaşmasında atmosferdeki katmanların etkisi oldukça önemlidir. Canlılara zararlı olan ultraviyole ışınlar ozon tabakası sayesinde direkt olarak yeryüzüne ulaşamaz. Dahası, belli bir oranda güneşten gelen ışınlar yeryüzü ve okyanuslar tarafından emilmekte ve canlıların günümüzde kullanabildikleri düzeylere inmektedir. Burada da en önemli faktör üreticiler, yani bitkilerdir. Kısacası, ışığın dalga dalgaboyuna, geldiği miktara göre faydası ve zararı da olmaktadır; ancak her organizma, kendi ekolojisi dahilinde buna adapte olacak şekilde evrimleşmiştir.

FİZYOLOJİK EKOLOJİ VE EVRİM

Sadece dışarıdan gözüken fiziksel özellikler değil, bireylerin iç yapılarını etkileyen fizyolojik[3] fonksiyonlar da canlıların bulundukları ortamdan etkilenebilmektedir; çünkü uygun fizyolojik özellikler bireyin hayatta kalması ve üreme kapasitesi üzerinde çok önemli etkilere sahiptir. Farklı ortamlara uyum sağlamak canlıların fizyolojisinde de değişimler yaratmaktadır. Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar değişen ortamlara kısa sürede uyum sağlayabilirler. Bu tip mikroevrim türün o anki fizyolojisiyle ilişkilidir. Örneğin sıcak hava koşullarında bazı bitkiler birkaç nesilde kalın, mumsu yapraklar oluşturabilirler.

Ekolojinin fizyolojik etkilerini en kolay inceleyebileceğimiz alanlardan birisi dolaşım sistemidir. Bilindiği üzere oksijenli solunum yapan canlıların neredeyse tamamı, şekerden enerji elde ederken Krebs döngüsü isimli bir döngüyü kullanırlar. Bu döngü oksijen gerektirir. Sonuç olarak, beslenme ile alınan şe-

3 Fizyoloji, canlı sistemleri içerisindeki hücre, doku, organ ve yapıların normal işleyişlerini inceleyen bilim dalıdır.

kerlerin, solunum ile alınan oksijen ile yakılmasıyla enerji üretilir ve atık olarak karbondioksit üretilir.

Ancak düşünecek olursanız, bu oldukça tuhaf bir süreçtir. Etrafımızı saran havadaki oksijen oranı %21'dir ve bu gerçekten yüksek bir orandır. Ancak buna rağmen oksijeni işlevsel olarak kullanabilmek için öncelikle "akciğer" dediğimiz bir organ içerisine hapsetmemiz, orada kana geçirmemiz ve tüm dokulara taşımamız gerekir. Eğer ki etrafta bu kadar bol miktarda oksijen varsa, neden bütün hücrelerimizle solunum yapamıyoruz? Neden özel bir sistemin oksijeni alması ve vücudun geri kalanına iletmesi gerekiyor? İşte bu gibi sorulara cevap verebilmek için, canlıların cansız maddelerle (örneğin oksijenle) etkileşiminin incelenmesi gerekir ki bu, ekoloji ile evrimin kesiştiği en önemli alanlardan birisidir.

Hücrelerimizin doğrudan doğruya oksijen alabilmesi için, oksijen atomlarının difüzyon yoluyla vücudumuzun dokularına süzülerek ulaşması gerekir. Bu hiç de kolay olmaz, çünkü difüzyon oldukça yavaş işleyen bir olaydır. Eğer ki difüzyon sonucu dokulara ulaşacak oksijeni bekleyecek olsaydık, şu anda kaslarımızın yaptığı karmaşık ve hızlı hareketlerin hiçbirini gerçekleştiremezdik. Gerçekten de, difüzyonla solunum yapan canlılar genellikle daha yavaş hareket etmeye meyillidirler. İşte bu nedenle, özellikle karalarda hareket eden hızlı canlılarda, atmosferdeki oksijenin kolayca alınmasını sağlayan özel organlar evrimleşmiştir. Çevrenin ve biyokimyanın canlılar üzerine koyduğu bu zorluk, evrimsel adaptasyonlar sonucunda, kademeli ve yavaş bir değişim süreciyle aşılabilmiştir. Akciğerlerimiz, suda yaşayan atalarımızın tamamen farklı bir amaçla kullandığı hava keselerinin bir uzantısı olarak evrimleşmiştir. Buna rağmen, sudaki akrabalarımızın bile, su ortamında oksijeni verimli olarak tüketebilmesi için özel yapıları bulunmaktadır. Solungaçlar, bunun bir örneğidir. Ancak McMahon tarafından 1970 yılında yapılan (dolayısıyla pek de güncel olmayan) bir araştırmanın gösterdiği üzere akciğerlerin oksijen emme verimliliğine (%90'dan fazla) nazaran solungaçların oksijen emme verimliliği (yaklaşık %10) oldukça düşüktür; buna karşılık karbondioksit atımı konusunda solungaçlar akciğerlerden %30 civarında daha verimlidir.

Tabii ki sadece bir organın evrimleşmesi değil, o organın özelleşmesi de oldukça ilgi çekicidir. Örneğin, akciğerlerimiz de en nihayetinde sıradan bir dokudur ve eğer ki oksijeni bu organ verimli olarak alabiliyorsa, vücudumuzun geri kalanının da alamaması için bir neden gözükmemektedir. Bu durumda, yine aynı soru doğar: Neden tüm vücudumuz, akciğer gibi davranmaz? Çünkü akciğerler sadece birer organ olarak ortaya çıkmakla kalmamış, aynı zamanda tamamiyle oksijen alımı ve karbondioksit gibi ürünlerin atımını sağlayacak şekilde özelleşmişlerdir. Oksijen alınması, akciğerlerin varlığına rağmen çok küçük miktarlarda gerçekleştiği için, akciğerlerde yüzey alanını ciddi miktarda arttıracak bronş yapıları evrimleşmiştir. Tüm vücudun bu bronşlarla kaplanması enerji verimliliği açısından makul olmadığından, akciğerler bu özelleşmiş oksijen pompalarını barındıran yapılar olarak evrimleşmiştir.

Fizyolojik değişimler sadece hayvanlarla ilgili değildir; bitkiler üzerinde de belirleyici bir etkisi vardır. Örneğin, bizler için beslenme neyse, bitkiler için de fotosentez odur. Fotosentezin de en önemli parçalarından birisi sudur. Bu durumda, bitkilerin en önemli ihtiyaçlarında birisi su olduğu için, bitkilerde su yönetimi son derece önemlidir. Amaç, basitçe, köklerden alınan suyun diğer organlara taşınması, ve bu suyun kaybının en aza indirgenmesidir. Bu nedenle evrimsel süreçte bitkilerde su yönetimini sağlayacak birçok yapı ortaya çıkmıştır. Örneğin, alınan suyun önemli bir miktarı yapraklardan kaybedilir, dolayısıyla bunu en aza indirebilmek için de yaprak yüzeyinde mumsu tabakalar evrimleşmiştir. Ama bitkinin bir diğer ihtiyacı olan karbondioksit alımı da yapraklar yoluyla olur; dolayısıyla yapraklar tamamen kapalı halde duran yapılar olamazlar. Stoma adı verilen açıklıklardan fotosentez için gerekli olan karbondioksit alımı yapılır. Fakat bu durum, bariz bir sorun doğurmaktadır: Eğer ki karbondioksit almak amacıyla stomaları açacak olursanız, aynı açıklıktan su kaybedeceksiniz demektir. Bu durumda bitkiler, bu dengeyi sağlayabilmek için stomalarını gerektiği zaman açıp gerektiği zaman kapatabilecek şekilde özelleşmişlerdir. Örneğin, sıcak bir iklime sahip bölgede yaşayan bir bitkide stomalar yaprağın alt kısmında bulunur. Böylece güneş ışıklarından fazla etkilenip su kaybını artırmamış olur. Stomalardan su kaybedildikçe, negatif etkiyle su yukarı doğru çekilmeye başlar. Suyun topraktan yukarı taşınması kohezyon ve adezyon dediğimiz kuvvetler sayesinde gerçekleşir. Su moleküllerinin birbirlerine tutunma hareketi ve su taşıma borularının hücreleri ile yaptığı bağlar, kolayca yukarı doğru hareketi sağlar. Suyun özel yapısına uyum sağlamış bitkiler fotosentez yapabilme yetisini kazanmış ve suyu kaybetmemek için de çeşitli yapılar geliştirmiştir. İşte bu fizyolojik değişim; ekoloji, fizyoloji ve evrim üçlüsünün etkileşiminin bir ürünüdür.

Canlıların bulundukları ortama göre fizyolojik değişimler geçirdiği gerçeğini öğrendiğimize göre, evrimin ve ekolojik ilişkilerin temelini oluşturan çok önemli bir kavram olan "takas" (İng: trade-off) kavramına değinelim.

EVRİMDE ENERJİ EKONOMİSİ VE TAKAS (TRADE-OFF) KAVRAMI

Takas, yani değiş-tokuş, hayatımızın her alanında sıklıkla karşılaştığımız bir durumdur. En basitinden, bakkaldan bir şeyler alırken karşılığında para vermekteyiz. Bu parayı kazanabilmek için saatler boyunca çalışmaktayız. Etrafımızdan oksijen almakta, geriye karbondioksit vermekteyiz. Yani bir nevi sürekli bir takas içerisideyizdir. Bu gerçek, sadece hayatlarımıza mikro ölçekte etki etmemektedir. Takas ilkesi, evrimsel süreçte varlığımızı (ve diğer canlıların varlıklarını) şekillendiren en önemli ilkelerden birisidir.

Tıpkı günlük yaşantımızda olduğu gibi, evrende de her şeyin bir değeri vardır. İlk etapta çok havalı gibi gözüken bu önerme, evrenimiz içindeki nes-

nelerin yapısından kaynaklı basit bir fiziksel gerçektir aslında... Var olan her madde, belli sayıda atomdan oluşur. Bu atomların her birinin ve bunlardan oluşacak her molekülün belli bir enerjisi vardır. Bu enerji sağlanmaksızın, o yapıların bir araya gelerek oluşması (kuantum mekaniği düzeyi haricinde) mümkün değildir. Bu enerji, Büyük Patlama'dan beri evrenin her köşesini doldurur. Dolayısıyla, fiziksel olan her nesnenin belli bir enerji değeri vardır. Bu da, onların "değeri"ni belirler.

Bunun bir "değer" olarak görülebilmesinin nedeni, o enerjinin havadan gelmemesidir. Eğer basit yapıtaşlarından daha karmaşık yapılar oluşuyorsa, bir şeyler bu oluşum için enerji kaybediyor demektir. Örneğin, günümüzden 4.5 milyar yıl öncesinden itibaren gezegenimiz üzerinde canlılık cansızlıktan kimyasal yollarla kendiliğinden evrimleşirken, bu enerji kaybını yaşayan Güneş'ti. Elbette Güneş bunu bilinçli olarak yapmamaktadır; ancak bunun illa bilinçli olması şart da değildir. Evren içindeki hemen her madde çeşitli şekillerde enerji alır ve enerji verir. Kimisi çoğunlukla enerji verme halindeyken, bazı diğerleri alma halindedir. Bu, maddeler arası bir "ekonomi" gibidir. Para yerine, enerji alışverişi vardır.

Bu durum, biyolojik unsurlarla ilgili çok ilginç ve temel bir gerçeği gösterir: Bir canlının kullanabileceği enerjinin bir sınırı vardır. Her canlı, kendisinin "ilk hücresi" olarak bilinen zigot halinden öldüğü ana kadar belli bir miktarda enerji alışverişi potansiyeline sahiptir. Bunu en iyi değerlendirebilenler, en başarılı olanlardır. İşte biyolojik unsurlarda bu başarı miktarını evrimsel uyum başarısı ile ölçeriz. Türler, tıpkı Güneş gibi, enerji alışverişini bilinçli olarak sürdürmezler. Ancak en nihayetinde, popülasyonlar içindeki bireysel farklılıklardan ötürü bazıları, enerjiyi diğerlerine göre daha verimli kullanır.

Bu enerjinin kullanıldığı yerler sayısızdır! Av bulmaktan tutun da, çiftleşmeye kadar, nefes alıp vermekten tutun da, bir organın üretilmesine kadar, hasar gören bir dokunun onarılmasından tutun da, hücre içi faaliyetlere kadar... Bunların hepsi enerji sarfiyatıyla mümkündür. Tabii ki, canlılar etraflarından enerji "çalarak" bu potansiyellerini maksimumda tutmaya çalışırlar. Biyolojide buna beslenme ve soluma diyoruz. Beslenme, özünde, etraftan "enerji çalma" işidir. Soluma ise, o enerjinin kullanılabilir hale dönüştürülmesi sürecidir. Üretilen bu enerji, az önce saydığımız işlemlerde harcanır. Zaten canlılık da sadece bundan ibarettir! Canlılığı, cansızlıktan ayıran yegane unsur budur. Cansızlar, aktif olarak enerji üreterek o enerjiyi kendi bütünlüklerini sürdürmek için kullanamazlar. Cansızlığın kimyası olan "inorganik kimya" buna müsaade etmez (ya da öylesine kısıtlıdır ki, dikkate almaya değmez). Canlılığın kimyası olan "biyokimya" veya "organik kimya" ise buna izin verir. Canlılar, sürekli olarak etraflarından enerji çalarak kendi faydalarına kullanırlar. Böylelikle, fiziğin en temel yasalarından olan Termodinamiğin ikinci yasasına, en azından ölene kadar karşı koyarlar. Bu yasa, evrendeki her şeyin mutlaka düzensiz hale gitmeye meyilli olduğunu söyler. Canlılar, öldüklerinde nihayet termodinamiğin ön-

gördüğü düzensiz hale ulaşırlar ve parçalanırlar. Ancak ölüm anına kadar her canlı, etraftan çaldığı enerjiyle bu entropi (düzensizlik) artışına geçici olarak karşı koyabilir. Zaten yaşam mücadelesi de bundan kaynaklanır. Hiçbir canlının bu mücadeleden kaçışı yoktur.

Fakat bir canlı ne kadar beslenirse beslensin, ne kadar solursa solusun, doğumdan ölene kadar her canlının belli bir süresi vardır. Bu süre, aynı zamanda enerji alışverişi için sahip olduğu sınırları belirler. Dolayısıyla her canlının enerji kullanımı bakımından bir başarı değeri vardır. Dediğimiz gibi, bu evrimsel uyum başarısıdır. İlk etapta bunun sadece enerjiye dayanıyor olması tuhaf veya kışkırtıcı gelebilir. Ancak düşünecek olursanız, bir eş bulma işinin ya da hayatta kalma çabasının nihai ve en temel başarısı, en az enerjiyle en yüksek başarıyı elde etme oranına göre belirlenir. Dolayısıyla süreçte enerjinin payı göz ardı edilemezdir. Canlıların tüm bu enerji alışverişi sürecine *evrim ekonomisi* adı verilir. Bu terim, beşeri bilimlerden ekonominin bir alt dalı olan evrimsel ekonomi ile karıştırılmamalıdır. Evrimsel ekonomi, insan toplumlarının ekonomik ilişki ve süreçlerinin biyolojik evrim prensiplerine dayanarak analiz edilmesidir. Evrim ekonomisi ise, bir canlının öngörmeksizin veya haberi olmaksızın takip ettiği enerji dengesidir (politikasıdır).

Evrimsel süreci analiz ederken her şeyi ortak bir paydada incelemek isterseniz, o sürecin, organın, yapının, olgunun enerji karşılığına bakmaya çalışabilirsiniz. Tabii ki bu, biyolojinin henüz matematiksel temelinin tam olarak oturtulmamış olmasından ötürü ne yazık ki çok kolay değildir. Fakat bir şekilde (örneğin oksijen sarfiyatından yola çıkarak) o yapının enerji üretme/harcama oranına bakacak olursanız, ne kadar masraflı bir yapı olduğunu ve ne düzeyde bir enerjiye karşılık geldiğini anlayabilirsiniz. Sonrasında yapacağınız analizler, muhtemelen çok daha somut ve sayısal olacaktır.

Evrimi bu şekilde "enerji ekonomisi" temelinde düşünmenin sayısız avantajı vardır. Buna en güzel örnek, körelmiş organları anlamamızı sağlamasıdır. Bir organın eski işlevini yitirmesi, o canlı popülasyonu için o organın yük haline gelmesi demektir. Popülasyon içinde o organı tam olarak üretenler, o organ için gereksiz yere bir dolu enerji harcamak zorunda kalır: Üretim, bakım, yenileme, onarım, vs. Ancak popülasyon içinde çeşitli sebeplerle (genetik mutasyonlar gibi) o organı daha ufak, daha eksik, daha işlevsiz olarak üreten canlılar, bir anda enerji bakımından bir avantaj kazanacaktır. Çünkü artık işlevini yitirmiş o organa yönelik enerji sarfiyatları, diğer türdaşlarından az olacaktır. Bu enerjiyi, başka faaliyetlere kullanmaları mümkündür: Örneğin, hayatta kalmaya veya üremeye... Tabii ki, eğer ki çevre şartları değişirse ve körelme yolunda ilerleyen bir organ herhangi bir avantaj sağlamaya başlarsa, evrimsel süreçte o avantajı sağlatan özelliğin en ön planda görüldüğü bireyler, yeniden avantajlı konuma geçecektir. Böylelikle körelmekte olan bir organ, yeni bir işlev kazanarak o yöne doğru evrimleşebilecektir. Ancak tüm bu değişimler, evrim ekonomisi dahilindeki alışverişin bir sonucudur.

Evrimi bir enerji ekonomisi olarak algılamak, evrimi anlamak konusundaki birçok sorunun üstesinden gelmekte önemli bir araçtır. Çünkü canlılar bir şey elde edebilme karşılığında bazı şeylerden ödün vermektedirler. Örneğin; balıklar suya çok fazla yumurta bırakırlar; ama sadece bunların çok az bir kısmı hayatta kalabilir. Bunun sebebi, yaşam alanlarındaki şartların zorluklarıdır. Balıklar, bu yumurtalardan çıkan sırf birkaç yavrunun hayatta kalabilmesi umuduyla, sayısız yumurta üretip yumurtlamayı göze almaktadırlar. Özellikler, uyumu en üst seviyede tutarak evrimleşirler; bunun yolunu da balıklarda olduğu gibi doğurganlığı artırmak ya da yaşam süresini değiştirmek ya da erken olgunlaşmak gibi yollarla yapabilirler.

Canlıların enerji alım miktarı sınırlıdır ve bu nedenle enerjiyi başka enerji yapılarına dönüştürerek kullanılmasını sağlayan adaptasyonlar evrimsel süreçte ortaya çıkmıştır. Bu fikir Martin Cody tarafından kuşların yumurta sayılarına bağlı olan bir örnekle açıklanmıştır. Ekvatordan kutuplara doğru çıkıldığında kuşların bıraktıkları yumurta sayısı artmaktadır. Ancak bunun böyle olması için ilk etapta pek bir neden görülmemektedir. Bu ilginç durumu Cody, biyolojinin temel ilkelerini kullanarak açıklamaya çalışmıştır. Farz edelim ki her bir kuş rekabete, avcıdan kaçınmaya ve yumurta üretimine sınırlı sayıda enerji harcayabilir; dolayısıyla hepsini maksimum seviyede tutarak yaşamını sürdüreme-z; bunlar arasında bir denge kurmak zorundadır. Tropikal bölgelerde daha fazla rekabetçi tür ve avcı baskısı bulunur. Sonuç olarak, kuş bunlar için enerjisini kullanırken, geriye yumurtlamak ve daha sonra bu yumurtalardan çıkan yavrulara bakmak ve onları zor şartlar altında korumak için pek enerjisi kalmamaktadır. Ama tam tersi şekilde ılıman koşullarda özellikle çok fazla avcı baskısı olmadığından ve bölgelerin de geniş olmasından ötürü rekabete girmek için gerek olmadığından kuşlar enerjilerini daha fazla yumurta bırakmaya ve yavrularına bakmaya harcayabilmektedirler. Bu da, coğrafi enleme bağlı olarak kuşların yumurta sayısındaki farklılıkları açıklamaktadır.

Cody'nin oluşturduğu fikre benzer enerji takası yani enerjiyi kullanırken bir yerden azaltıp bir yerden kazanma durumuna az önce verdiğimize benzer birçok örnek verilebilir. Ancak ana fikir gayet açıktır; günlük hayatta da olduğu gibi enerji bulmak zor, bunu da mantıklı ve doğru bir biçimde kullanabilmek önemli. Bu doğrultuda, canlılarda enerji dengesini koruyacak önemli adaptasyonlar görmekteyiz.

Görebileceğiniz gibi; doğayı, evrimi ve ekolojiyi salt bir enerji perspektifinden bakarak neredeyse eksiksiz olarak anlamak mümkündür. Görülen o ki, ünlü mucit Nikola Tesla muhtemelen tam olarak bunu kastetmemiş olsa da, evreni enerji yoluyla anlamak konusunda haklıydı:

"Evrenin sırlarını keşfetmek istiyorsanız; her şeyi enerji, frekans ve titreşim açısından düşünün."

CANLILARIN YAŞADIĞI ÇEŞİTLİ YAŞAM ALANLARINA DAİR BİLGİLER

Biyom, biyosferin aynı iklim koşullarında ve aynı bitki örtüsünün egemen olduğu çok geniş bölümlerini belirten çevrebilim terimidir. Örneğin; bitki, hayvan ve toprak organizmal komüniteleri gibi. Çevresel değişimlerle birlikte bitki ve hayvan komünitelerinin sürekli olarak değiştiğini görürüz. Belli bir alanda yaşayan canlı topluluklarının davranışsal ve fizyolojik olarak bulundukları fiziksel ortama uyum sağladıkları görülmektedir. Şimdi de farklı biyomlara ve buradaki canlıların bu ortamlara uyumlarına göz atalım.

İlk olarak, yine, engin bir yaşam alanı olan okyanuslarla başlayalım. Dünya yüzeyinin %70'ni okyanuslar kaplamaktadır ve en dikkat çekici biyom da bu nedenle okyanuslardır. Hayat, Jeoloji bölümümüzde izah ettiğimiz üzere okyanuslarda başlamış ve bilinen taksonomik şubelere ait türlerin birçoğu sadece okyanuslarda yaşamaktadır. Okyanusların temel özelliği tuzlu su olmasıdır ve bu tuz oranı genelde sabit kalır ve ‰35 (%3.5 veya binde 35) parçacık düzeyindedir. Ancak, yüzey kısmında tuz oranı değişiklik gösterir çünkü yağmur, tuzluluk oranını düşürür. Ayrıca, nehirlerin okyanuslara karıştığı ağızlar da tuzluluk oranın düştüğü yerlerdir. Bu tatlı su ile tuzlu su arasında kalan bölgedeki, hafif tuzlu suyun olduğu yerlerdeki canlı çeşitliliği, okyanuslarda ve nehirlerdeki canlı çeşitliliğinden oldukça farklıdır. Yani okyanusların tuz bakımından gösterdiği dağılım, tür çeşitliliğini ve evrimsel yayınımı doğrudan etkilemektedir.

Tuzun yanı sıra okyanuslarda çok az miktarda azot ve fosfor da bulunmaktadır. Bu oranın düşük olmasının sebebi, okyanuslarda ölen bitki ve hayvanların dibe çökerek çürümeye maruz kalmasıdır. Canlılardan gelmesi gereken azot ve fosfor diplerde kaldığı için suda fazla çözünemezler. Bu nedenle de okyanuslarda birincil üretkenlik seviyesi, yani bitki faaliyeti düşüktür. Yüzeye yakın kısımlarda bulunan bitkiler, suyla okyanus dibinin çok az karışabiliyor olması nedeniyle bu besinlerden yoksundurlar. Ilıman iklim bölgelerindeki okyanuslarda, yukarı doğru olan akıntılar sayesinde besinler okyanus yüzeyine çıkabilmektedir. Tropikal bölgelerde, sıcaklığın farklılaştığı katmanlar vardır. Termoklin denilen, sıcaklığın hızlıca değiştiği tabakalarda besinlerin suya karışması mümkün değildir. Azot ve fosfor eksikliği de okyanuslardaki aktiviteleri kısıtlamaktadır. Bu sebeple, ılıman bölgelerdeki okyanuslar tropikal bölgelerdekinden daha üretkendir. Yani canlı topluluklarının yapısı okyanuslar için, bulunduğu iklime, yüzeyden dibe doğru bulunduğu tabakaya, tuzluluk oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu, ekolojinin evrim üzerindeki doğrudan etkilerinden birisidir.

Ekoloji bize ayrıca halk arasında yaygınca bulunan hatalı inanışları (mitleri) eleme şansı da verir. Bunları mümkün olduğunca ayıklamak önemlidir, çünkü evrimi tam olarak anlamak için ekolojik süreçleri olabildiğince net olarak anlamak gerekmektedir. Halk arasında dolaşan, ekolojik olgulara yönelik hatalı algılar, doğal süreçlerin yanlış anlaşılmasına neden olmaktadır. Buna en ilginç örneklerden birisi, tatlı sular ile tuzlu suların birbirine karışıp karışmadığı konusudur.

İnternette bu buluşma noktalarına ve bu noktalarda oluşan renk farklılıklarından ötürü sıvıların karışmıyor gibi gözükmesine ait çeşitli fotoğraflara ve bu fotoğraflar üzerinden geliştirilen doğaüstü iddialara rastlamak mümkündür. Halbuki farklı derişimdeki sıvıların buluşma noktalarında yaşananlar, ekolojinin, daha spesifik olaraksa okyanus biliminin (oşinografi) sıradan çalışma alanlarından birisidir ve bu alanlarda olanları net bir şekilde bilebilmekteyiz. Bu sıvıların birbiriyle karışıp karışmadığı konusunda çok net bazı bilgiler verebiliriz:

Dünyanın her bölgesindeki, birbiriyle bağlantılı olan her su kütlesi birbiriyle karışmak *zorundadır*. Zorundadır diyoruz, çünkü bunu dikte eden şey ekoloji değil, fiziktir. Buna az sonra döneceğiz. Buna karşılık dünyanın sayısız noktasında, özellikle nehirler, kimi zamansa okyanuslar ve denizler, içlerindeki mineral ve kompozisyon (içerik) farklılıklarından ötürü farklı renklerde görünürler ve akış yönlerine/hızlarına da bağlı olarak kavşak (conflux ya da confluence) denen buluşma noktalarında sanki birbirlerine karışmıyorlar gibi görünmektedirler. Ama bu görüntü yüzeyseldir ve gerçekte olanı doğru yansıtmaz. Su kütleleri her türlü birbirine karışır; gerek yavaş, gerek hızlı... Dışarıdan bakıldığında iki suyun birbiriyle karışmıyor gibi gözükmesi, bu kütlelerin gerçekten birbirinden ayrılmış olduğu anlamına gelmez.



Görsel 3-4: Santa Cruz'daki Kaliforniya Üniversitesi'nde çalışan okyanus bilimci Prof. Dr. Ken Bruland tarafından çekilen bir fotoğraf. Fotoğrafta, Alaska Körfezi açıklarındaki suya karışan kıtasal buzulların suları gözüküyor. Bu sular birbirine karışmıyor gibi gözükse de, sular birbirine durmaksızın karışmaktadır. Fotoğraf, Dr. Bruland'ın izniyle yayınlanmıştır. Tüm hakları saklıdır.

İnternette dolaşan fotoğrafların çoğu, iddia edildiğinin aksine okyanusların buluşma noktalarına ait fotoğraflar değildir. Ancak öyle olsaydı bile, iki sıvının buluşma noktasındaki renk farkları, bu su kütlelerinin birbirine karışmadığı anlamına gelmezdi. İnternette karışmayan su kütlelerine yönelik en sık görülen fotoğraf, Alaska Körfezi'nde çekilmiştir. Bu fotoğraflarda görülen sular, okyanus bi-

limi açısından iki ayrı su kütlesi olarak değil, tek bir su kütlesi olarak kabul edilen, okyanus bölgesinin içindeki buzul suları ile kıyı sularıdır. Bu suların renklerinin birbirinden farklı olma sebebi, içeriğindeki başta demir olmak üzere mikropartiküllerden bazı çökelti tiplerine kadar ve hatta kimi durumda sıcaklık farkına kadar birçok unsurdur. Sıklıkla iddia edildiğinin aksine, karışmıyor gibi gözüken bu suların arkasında yatan neden tuzluluk oranıyla doğrudan ilgili değildir. Yani çoğu zaman bu tip buluşma noktalarında olan, iddia edildiği gibi tatlı su ile tuzlu suyun birbirine karışmamasıyla alakalı değildir. Tatlı su ile tuzlu su kolaylıkla birbirine karışır, bunu basit bir deneyle mutfağınızda bile deneyebilirsiniz! Dolayısıyla dışarıdan bakıldığında bu iki su kütlesi karışmıyormuş gibi gözükse de, esasında sular birbiriyle tamamen karışmaktadır. Yine de bu karışımı ve bu karışımın dengesini incelemek ekoloji açısından oldukça ilgi çekicidir:

Farklı tuzluluk veya yoğunluk oranı olan sıvı kütlelerinin karşılaşması sonucu oldukça karmaşık bir kimyasal ve fiziksel denge oluşmaktadır. Ancak bu denge statik değil, dinamiktir. Örneğin yağ ve su aynı kaba konduklarında oldukça statik bir denge oluştururlar ve sabit kalırlar (her ne kadar esasında aralarındaki karışma bölgesi yine dinamik yapıda olsa da). Okyanuslar ve devasa su kütleleri için bu durum aynı değildir. Farklı özelliklere sahip bu kadar büyük su parçaları bir araya geldiklerinde, ciddi anlamda dinamik bir dengeye ulaşılır ve sular kilometrelerce küplük hacimlerde birbirlerine karışırlar. Sadece dışarıdan bakıldığında, suların içeriğine bağlı olarak ışığın farklı kırınımından ötürü renklerin farklı gözükmesi, Alaska Körfezi'nde olduğu gibi görünür ve suların birbirine karışmadığına dair bir sanrı yaratır. Bu doğru değildir. Bununla ilgili olarak Santa Kruz Kaliforniya Üniversitesi'nden Okyanus Bilimci (Oşinograf) Prof. Dr. Ken Bruland (ki Görsel 3-4'teki fotoğrafı 2007'deki bir araştırma gezisinde kendisi çekmiştir) şöyle söylüyor:

"İnternette dolaşan 'denizlerin birbirine karışmadığı' iddiasında olan fotoğrafta görülen, çökelti bakımından zengin bir nehrin genel *okyanus suyuyla buluştuğu bölgedir. Bu iki su tipinin birbirine karışmadığını söylemek kesinlikle doğru değildir. Nihayetinde iki su birbirine tamamen karışır; ancak bu fotoğrafların çekildiği anda, çok güçlü gradyanlara [değişim miktarına] sahip oldukları için geçici olarak bu şekilde karışmıyormuş gibi gözükürler. Bu sınırlar hiçbir zaman bir duvar gibi statik değildir. Sürekli olarak hareket ederler ve bir bütün olarak yok olurlar. Bunlar çökelti miktarına ve suyun hareketine bağlıdır."*

Nehirler haricinde, okyanuslar ve denizler gibi büyük su kütlelerinin karışım bölgelerindeki renk farklılığı her zaman görünür bile olmayabilir! Kimi zaman bu su kütlelerini birbirinden ayıran bir engel var, kimi zamansa yok gibi gözükebilir. Bu da, aralıklarla "bir sebeple" su kütlelerinin karışmasının engellendiği gibi bir algı yaratabilir. Fotoğrafın çekildiği an çok önemli olduğu gibi, bazı zamanlar günlerce beklense de bu görüntü yakalanamayabilir. Çünkü bu karışım, az önce de sözünü ettiğimiz gibi son derece dinamiktir ve devasa bir hacimde olan bu farklı nitelikteki sıvıların karışımı, farklı zamanlarda farklı görüntüler verebilir. Dolayısıyla bunun sürekli bir durum olduğunu düşünmek hatalıdır.

Öte yandan, kısmen sığ veya korunaklı sularda, okyanus diplerindeki mağara ve benzeri bölgelerde, oldukça sınırlı alanlarda halokrin adı verilen ve tuz farklılığından oluşan bölgesel ayrımlara ve katmanlaşma olgusuna rastlanabilir. Bu okyanus diplerinde gerçekten de su katmanları birbirine çok az karışmaktadır. Ancak bu oldukça yerel ve kısıtlı bir etkidir; okyanus gibi devasa su kütlelerinin tamamında böyle bir ayrışma görmek mümkün değildir. İki okyanusu birbirinden fiziksel olarak ayırabilecek hiçbir güç veya doğa yasası bulunmamaktadır. Dahası, sanılanın aksine okyanusların birbirine karışmaması iyi bir şey değil; tam tersine, tam bir felakettir. Çünkü okyanusların birbirine karışması sırasında, sıcaklık, içerik, vb. unsurların farklılıklarından ötürü çok ciddi su altı akımları meydana gelir ve bunların sürekliliği için okyanusların da sürekli olarak birbirleriyle dinamik bir biçimde etkileşmeleri ve birbirlerine karışmaları gerekmektedir. Eğer ki herhangi bir sebeple okyanuslar birbirlerinden tamamen, aralarına tıpkı bir engel girmiş gibi ayrılacak olurlarsa, bu akıntıların büyük bir kısmı son bulacak ve dolayısıyla denizlerdeki canlılık çok ciddi hasarlar alacak, sayısız tür üreme ve avlanma yollarını yitirerek yok olacaktır. Dolayısıyla okyanusların karışmamasını düşünmek bir yana, bunu arzulamak bile dünya ekosistemi için ciddi sorunlar doğurabilecektir.

Suların aslen birbiriyle karışmıyor gibi gözükmesine, farklı açılardan farklı yönlere doğru akan ve bir noktada buluşan nehirlerde rastlanır. Çünkü nehirler, okyanus ve denizlere göre çok daha dinamiktir ve coğrafi ile jeolojik koşullara bağlı olarak içerikleri bambaşka olabilir. Bu da, okyanusların/denizlerin aksine, nehirlerde çok bariz renk farklılıkları yaratabilir. Üstelik nehirler genelde belli bir eğim dahilinde aktıkları için, suları sürekli kaynaklarından beslenerek karışımın engelleniyor gibi gözükmesi süreklilik gösterebilir. Ancak nehirlerde bile sular elbette birbirine karışır; zaten iki nehir birleştikten sonra tek bir nehir olarak akmayı sürdürürler. Eğer ki sular birbirine karışmıyor olsaydı, bu fiziğin kütle korunumu yasalarını ihlal ederdi. Dolayısıyla bu bambaşka içerikteki suların bile karışabiliyor olması, denizler ve okyanusların neden birbirine karışmak zorunda olduğunun göstergesidir.

Suların birbirine karışmıyor gibi gözükmesi ne kadar ilginçse, suların birbirine karışmak zorunda olduğu gerçeği de o kadar yalındır ve basitçe görülebilir. Zira fiziğin kütle korunumu gibi en basit ilkeleri ışığında bile bir sisteme giren ve çıkan kütlelerin toplamının daima sabit olması gerektiği bilinir. Eğer ki iki nehir veya deniz kolu bir araya geliyorsa ve birleşerek tek bir yöne doğru akıyorlarsa, birleşmeden önceki kütlelerin toplamı, sonrakiyle eşit olmak zorundadır. Bu durumda sular, eğer ki bir kaybolma veya bir başka kaynağa yönelim yoksa, karışmak zorundadırlar. Nehirlerde ve okyanuslarda gördüğümüz de budur. Her ne kadar denizler ve okyanuslar, nehirlere kıyasla çok daha durgun su kütleleri gibi gözükseler de, daha önceden de açıklandığı gibi bu su kütleleri de son derece dinamik bir şekilde birbirleriyle etkileşirler ve hatta bu etkileşimden akıntılar doğar ve su altı yaşantısına can verir. Uzun lafın kısası, sula-

rın birbirine karışmaması mümkün değildir. Bu iyi bir şeydir, zira su canlılığa hayat veren en önemli unsurlardan birisidir ve farklı su kütlelerinin birbirine karışımı, bu yaşam kaynağına güç katmaktadır.

Bu noktada, dikkatimizi tuzlu sulardan tatlı sulara çevirebiliriz: Göller ve göletler, akarsu, yağmur suyunun karalardan gelmesi, vb. gibi etmenlerle beslenirler. Bulundukları bölgenin fiziksel karakteristiklerine göre derinlikleri, inorganik ve organik maddelerin özellikleri değişiklik göstermektedir. Suyun moleküler özelliğinden ötürü donma noktasına ulaşılan sıcaklıkta suyun sadece yüzeyi donar çünkü buz sudan daha az yoğunluğa sahiptir. Göller de bu özellik sayesinde tamamen donmadığından her mevsimde canlı yaşamasına elverişlidir. Doğu Afrika'da bulunan Büyük Göl olarak adlandırılan ve birçok gölden oluşan bölgedeki siklit balıkları görülmeye değer bazı uyumsal açılımlar geliştirmişlerdir. Victoria Gölü 200'den fazla, Tanganyika Gölü en az 140 ve Malawi Gölü 500'den fazla türe ev sahipliği yapmaktadır. Her bir göldeki türler renkleri, vücut formları, çene ve diş formları açısından büyük değişiklikler göstermektedir ve dolayısıyla beslenme alışkanlığı açısından da farklılaşmışlardır. Böcekler, yosunlar, fitoplanktonlar, zooplanktonlar, yumuşakçalar, küçük ve büyük balıklar, hayvan ve bitki artıkları bunların beslenme şekillerindeki çeşitliliği göstermektedir. Bu sınırlı alandaki bu çeşitlilik hep birlikte yaşamaya çalışmaları sonucu farklı evrimsel değişimlere uğrayıp, rekabeti en aza indirip hayatta kalabilmelerini mümkün kılmıştır.

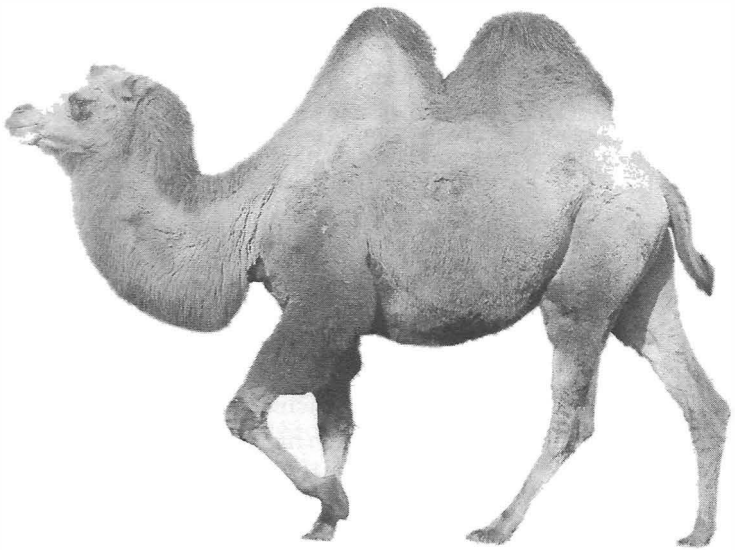
Bol miktarda yaşamı barındıran bu sucul ortamlarla tamamen zıt olan en meşhur yaşama alanları, yaşamın en zor geçtiği bölgelerden biri olan çöllerdir. Bu tip ortamlarda canlıların hayatta kalması oldukça zordur. Yağışın oldukça az olduğu çöllerde, buharlaşma aksine oldukça fazladır. Çöllerde genellikle bitkilerin yaşadığını düşünsek de onlar gibi bu kuru ortama uyum sağlayabilmiş hayvanlar da mevcuttur. Fiziksel ortamın evrimsel süreç üzerindeki etkisini, çölde yaşayan canlılarda bulmak oldukça kolaydır.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, bitkiler yapraklarındaki stomalar açık olduğunda en fazla suyu buralardan kaybederler. Çöl bitkilerinde su kaybını en aza indirecek uyumlar görmek mümkündür. En bilinen kurak iklim bitkisi olan kaktüslerde, yaprak yerine dal gibi dikensi yapılar görürüz. Bu yapı, yüzey alanı-hacim oranını oldukça azalttığı için, su kaybını en aza indirir. Ocotillo (*Fouquieria splendens*) gibi bazı bitkiler de, kuraklık zamanında yapraklarını dökerek su kaybını en aza indirmeye çalışır; yılda 4-5 defa olan yağmurdan sonra tekrar yaprakları büyür.

Hayvanlarda da birçok kurak iklime uyum davranışı gözlemlenebilir. Bunların en başında, gündüzleri uyuyarak, saklanarak veya dinlenerek geçiren; geceleri ise aktif olan nokturnal canlılar gelir. Ancak çöl yaşantısına yönelik diğer adaptasyonlar da oldukça karmaşık bir yapıya sahip olabilmektedir. Toprak kurbağası (*Spea bombifrons*), Amerika'nın güneybatı bölgesindeki kurak alanlarda yaşar ve aşırı sıcak ve kurak zamanlarda metabolik aktivitesini azaltarak

(buna "yaz uykusu" da denir) kendini toprak altına gömer. Yağmurlar tekrar başladığında, kurbağalar tekrar aktif hale geri dönerler. Başka bir canlıda olan, çöl tavşanları da vücut ağırlıklarının %50'si kadar su kaybetmeye dayanabilme özelliğine sahiptirler. Keseli fare ise etkin böbrekleri sayesinde ürelerindeki suyun büyük bir kısmını geri emerek su kaybını en aşağı çekerler. Bu nedenle de üreleri kanlarındaki sıvı miktarından 30 kat daha fazla yoğundur ve bu özellikleriyle en yoğun üreye sahip olan canlılardır.

Çöl adaptasyonları konusunda verebileceğimiz en tuhaf örnek, Kuzey Amerika'nın tuhaf türlerinden birisidir. Hepimizin bildiği ve bu bölümde de gördüğümüz gibi su, yaşamın en temel kimyasallarından birisidir. Her canlının öyle veya böyle suya ihtiyacı vardır. Ne var ki canlılar evrimsel süreç içinde susuzluğa da belli düzeylerde direnecek kadar adapte olmuşlardır. Örneğin insan susuzluğa ortalama olarak en fazla 3-5 gün kadar dayanabilir ve en fazla 10 gün sonra susuzluk ölüme neden olur. Develer için bu ortalama 15 gün civarındadır ve en fazla 1 aya kadar dayanabilirler. Öte yandan kanguru sıçanı olarak bilinen *Dipodomys* türü sıçanlar için bunlar gülünç derecede küçük sayılardır. Zira bu sıçanlar yaşadıkları aşırı kurak ortamlarda tam 5 sene suya ihtiyaç duymadan yaşayabilirler!



Görsel 3-5: Develerin hörgüçlerinin su depolama ile veya su direnci ile doğrudan ilgisi yoktur; daha ziyade bir besin kaynağı olarak görev görür. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Bu sayı kulağa inanılmaz geliyor, biliyoruz. Evet, tahmin edebileceğiniz gibi bu sıçanlar bunu başarabilmek için ufak bir hileye başvuruyorlar: metabolik su üretimi. Yaşadığı aşırı kurak ortamlara bağlı olarak evrimleşen gelişmiş böbrek yapısı sayesinde bu minik canlı, besinlerden aldığı ve vücudundan atıla-

cak sıvıların içindeki suyun neredeyse tamamını vücuduna geri kazandırabilir. Üstelik gerektiği zaman metabolizma hızını düşürerek terleme ve su kaybını minimuma indirebilir. Elbette ilk başta verdiğimiz uç vakalarda da olduğu gibi, bu hayvan da özellikle 5 sene boyunca susuz kalmaya çalışmaz; ancak mecbur kaldığı zamanlarda tamamen susuz olarak yıllarca hayatta kalabileceği bilinmektedir.

Peki ya develer? Develer hepimizin bildiği gibi hörgüçleri sayesinde su dirençleri çok yüksek olan hayvanlardır, değil mi? Hayır, değil. Bu yaygın bir hatadır. Aslına bakarsanız develerin hörgüçlerinde su depolanmaz. Dahası, develerin hörgüçlerinde aslen depolanan kimyasal olan yağların da susuzluk direnci ile doğrudan bir alakası yoktur. Yani yine bir hatalı bilgi (mit) ile karşı karşıyayız. Bunu çürütmek önemli. Hemen yapalım:

Develeri aşırı kuraklarda başarılı kılan asıl sebep (nihai sebep), geçirdikleri evrimsel adaptasyonlardır. Develer, su kullanımı konusunda diğer hayvanların neredeyse tamamından çok daha verimlidirler ve susuzluk ile mücadele konusunda onlara yardımcı olan adaptasyonlara sahiptirler. Örneğin postları sayesinde pek fazla terlemezler. Ayrıca kan hücreleri de diğer hayvanlarınkinden farklıdır. Hörgüçlerinde depoladıkları yağ, konsantre yemek olarak düşünebilir. Eğer ki bir deve aşırı aç bırakılacak olursa, sırtındaki hörgüç giderek küçülür ve nihayetinde yok olur. Bunun nedeni, hörgüçte depolanan yağın susuzluktan ziyade enerji ihtiyaçlarını karşılamak için var olmasıdır.

Develerin aşırı sıcak ve kuraklara dayanabilmelerinin sebebi (yaklaşık sebebi), eritrositlerinin (kırmızı kan hücreleri) insanlardaki gibi yuvarlak olmak yerine oval olmasıdır. Dehidrasyon (sıvı kaybı) esnasında kan hacmi azalır. Buna karşılık kalp ritmi hızlanır. Periferik (dış) organlara kan akımı azaltılarak kan, daha hayati (vital) organlara yönlendirilir. Yuvarlak değil de oval olan ve normalden daha küçük olan eritrositler, kan akışında rahatça hareket ederek en küçük kapillerden (kılcal damar) bile sorunsuz geçerek gerekli dokuya oksijen taşıyabilir. Çoğu hayvan, eritrositlerinin hacimlerini yırtılma olmaksızın %150 kadar arttırabilirler. Develer ise kırmızı kan hücrelerinin hacmini %240'a kadar arttırabilirler. Böylece bir seferde 100 litreye kadar büyük hacimlerde su içerek sıvı kayıplarını giderebilirler ve sıvıyı uzun süre koruyabilirler. Her ne kadar bu suyun develerin sahip olduğu 3 mideden birinde depolandığı iddia edilmiş olsa da, ne yazık ki develerin bu aşırı miktarda suyu herhangi bir şekilde uzun süreli depolayabildiğini gösteren herhangi bir bilimsel kanıt bulunmamaktadır.

İnsanlar, vücutlarında bulunan suyun %12'sini kaybettiğinde ölürken; develer, bu ve benzeri adaptasyonlar sayesinde vücutlarındaki suyun %40'ını kaybetseler bile ölmezler. Ayrıca dış yollara giden kan yolu, susuzluk esnasında kapandığı için, vücut ısısı hızlı bir şekilde artar. Bu yüzden develer, gündüz vücut sıcaklığını 41°C'ye kadar çıkartan mekanizmalar ile evrimleşmişlerdir. Bu sayede aşırı sıcakta sıvı kaybını minimum seviyede tutabilirler.

Ekoloji ve evrim ilişkisinden öğreneceğimiz öyle fazla şey var ki, hangi örnekleri atlayıp hangilerine yer vermeye karar vermek bile son derece zordur! Ancak tüm ilişkilerin kalbinde yer alan doğal seçilime ve bu seçilim tipi dahilinde ekolojiye özgü özel bir seçilim mekanizmasına yer vermeksizin bu bölümü tamamlamak hata olacaktır. O nedenle son olarak bu konuya bir bakış atalım.

DOĞAL SEÇİLİM VE EKOLOJİ

Doğal Seçilim Kuramı, canlıların yaşam ve üremeleri için onları donatan sayısız özelliklerini ve adaptasyonlarını açıklar; türlerin ortak atalarından ayrılmasının ve böylece yaşamın sonsuz çeşitliliğinin nedenleriyle ilgili soruları yanıtlar. Bu kitapta bolca örnek verdik, daha da vereceğiz ama yine de konumuz dahilinde, doğal seçilime ekolojiden gelen basit bir örnek verelim:

18 bin ila 25 bin arasında türe sahip olan orkideler olağanüstü yaprak yapısı ve tozlaşma çeşitliliğine sahiptir. Birkaç orkide türünde yaprağın yapısı dişi böcek gibi görünecek şekilde değişmiştir. Diğer türlerde de tozlaşma sağlayan hayvanın çeşitliliğine göre; dişi arı, sinek ya da yaban arısı dişisinin feromonunu veya bunların benzerlerini salgılayarak bu canlı türlerinin erkek bireylerini kendisine çeker. Gelen erkek bireye polenler yapışır ve bu erkeklerin sonradan nektar toplamak için gittiği başka bir orkidede bu polenler tozlaşmaya neden olur. Bu ilişkide orkide üreme şansını artırmayı hedefler, bunu yaparken böceğin bu durumdan hiçbir faydası olmasa da onu kandırarak kendi yararına kullanır. Bu örnek orkidelerin ekolojisini anlamak ve doğal seçilim yoluyla nasıl uyarlanmalar evrimleştirdiğini görmek açısından basit ve güzeldir. Bütün canlılar bir bakıma doğal seçilime maruz kalmış ve bugün hayatta olamayanlar, bu yarışı kaybederek yok olmuşlardır. Bu süreç de bu şekilde devam ediyor ve edecektir.

Bu başlık altında incelememiz gereken en önemli konulardan birisi Yoğunluğa-Bağlı Doğal Seçilim İlkesi'dir. 1930'larda İngiliz istatikçi ve popülasyon genetikçisi Ronald Fisher "Doğal Seçilimin Temel Teorisi"ni oluşturdu. Bu teoride, doğal seçilimin her zaman popülasyon ortalama uyumluluğunu (mean fitness) artırdığını öngördü. Ekoloji ve ekologlar açısından önemli olan, evrimsel değişimlere bağlı olarak meydana gelen popülasyon büyümesi veya küçülmesinin, popülasyon içi birey yoğunluğu ile ilişkisidir. Evrimsel biyologlar için önemli olansa, bu popülasyon değişimlerine neden olan adaptasyonlar, onların meydana gelişi ve bu yeni özelliklerin popülasyon içindeki dağılımı gibi evrimsel değişimin karakteristik özellikleridir. Bu iki çalışma alanını birbirine bağladığımız zaman da evrimsel biyolojinin popülasyon ekolojisine bağlı olduğunu görmekteyiz. Bu konu, ekoloji-evrim bağlantısını son derece hoş bir şekilde açıklamaktadır.

Buna güzel bir örnek de yoğunluğa bağlı Doğal Seçilim (r- ve K- seçilim) ilkesi verilebilir. Ne yazık ki birçok popüler bilim kitabı Doğal Seçim'i sadece av-

avcı ilişkisi üzerinden izah etmektedir. Bu örnekleri anlaması kolaydır ve doğada sıklıkla gördüğümüz de budur. Ancak doğal seçilim öylesine iyi araştırılmış bir evrim mekanizmasıdır ki, farklı bilim dallarının kattığı veriler sayesinde sayısız alt tipi ve farklı modelleri de tespit edilebilmiştir.

İşte ekoloji çerçevesinde bahsetmek istediğimiz doğal seçilimin Temel Teorisi'ne dair öncül fikirler, 1967 yılında McArthur ve E. O. Wilson tarafından oluşturulmuştur. Bu teori, ekoloji ve evrimin aslında birbirleriyle bağlantılı alanlar olduğunu göstermesi açısından önemlidir. Söz konusu ilke, matematiksel olarak basitçe şöyle ifade edilebilir:

$$dN/dt = r*N*(1-N/K)$$

Bu denklem dahilinde N, popülasyon büyüklüğüdür. Matematikten birazcık anlayanların hemen fark edebileceği gibi, denklemin sol tarafındaki dN/dt, popülasyon büyüklüğünün zamana bağlı değişimini göstermektedir. Denklemin asıl önemli değişkenleri ise, r ve K'dir. Bu ikili, biçimsel modelin parametreleridir. r, maksimum büyüme oranı olarak kabul edilirken; K popülasyonun bulunduğu yaşam alanının taşıma kapasitesidir (ortamın özellikle kaynaklar bakımından kaldırabildiği maksimum birey sayısıdır).

Sayısal verilere dayanan bu teori aslında biraz karmaşık; ama olabildiğince basit anlatmaya çalışırsak, şöyle özetleyebiliriz: Bol miktarda kaynağa sahip olup, düşük yoğunlukta birey miktarına sahip bir şekilde yaşayan popülasyonlar, doğal seçilim yoluyla "r-seçilimi" denen bir seçilim tipi altında evrimleşirler. Yani bolluk, birey başına düşen kaynak miktarını artırır. Canlılar, bu tür seçilim baskısı altında söz konusu kaynakları en fazla şekilde tüketebilecek biçimde özelleşirler. Bu tip seçilimin en sık görüldüğü durumlar, yeni bir yaşam alanını işgal eden türlerin evrimleşme biçimidir. Örneğin, karaları ilk defa işgal etmeye başlayan omurgalı hayvanlar, envai çeşit besin kaynağın bulunduğu ve hiçbir avcının bulunmadığı bir ortama erişmişlerdir. Bu süreçte radyasyona karşı direnç, 5-parmaklı uzuv yapısı, karasal ortamda üremeyi sağlayacak yumurta yapısı gibi sayısız yeni özellik evrimleşebilmiş, bol miktarda türleşme yaşanmıştır. Bu mantıklıdır da... Zira bolluk içindeki ortamlar envai çeşit kaynak sunarlar ve bunlara erişim sağlayıp, bunları en üst seviyede kullanabilmek canlıların en büyük önceliği olacaktır. Var olan bol kaynakları en fazla kullanabilecek şekilde özelleşmiş canlılar, diğerlerine karşı bariz bir avantaja sahip olacaktır.

Öte yandan, popülasyon yoğunluğu fazla, kaynak miktarı az olduğunda, tam tersi bir etki altında evrimsel değişimler gözlenir. K-seçilimi denen bu durumda türler veya türün bireyleri birbirleriyle sıkı bir rekabete girerler, daha az sayıda yavru üretirler; ancak bu yavrulara çok katkı yaparak hayatta kalmalarını garanti etmeye çalışırlar. Örneğin eğer ki bireyler, sağlanan kaynaktan daha etkili bir şekilde enerji elde edebiliyorlarsa, bu ortam bu bireylerin sayısının artmasına yol açar. Yani bu seçilim tipi altında verimlilik büyük önem arz etmektedir. Canlıların birincil amacı kaynaklara erişebilmektir. Farklı kaynaklar

ile nişlere adapte olmak ve her türlü kaynağı sonuna kadar kullanmaya çalışmak yerine, elde var olan kısıtlı kaynağı en yüksek verimlilik ile kullanabilmektir.

r-seçilim ve K-seçilim modellerini anlamak ve evrim tarihi boyunca sürekli değişmiş olan çevrelere uyarlamak, ekoloji ile evrim ilişkisini aydınlatmak konusunda önemli bir adımdır. Bu iki seçilim modeliyle ilgili anlaşılması gereken en temel nokta, bu ikisinin neredeyse hiçbir zaman aynı anda var olamayacağı gerçeğidir. Dolayısıyla daha önceden değindiğimiz değiş-tokuş veya takas mekanizması, seçilim bazında burada da işlemektedir. Az ya da çok yoğun ortamlara uyum sağlamış özellikler evrimleşir ve doğal seçilim de direkt olarak bunda etkilidir.

Bu oldukça ilgi çekici bir sonuçtur; zira bu sonucu ilk bölümde sözünü ettiğimiz evrim algoritması çerçevesinde ele almak ve o algoritmayı burada öğrendiklerimizle genişletmek mümkündür. Hatırlayacak olursanız algoritmamız, farklı çevre koşulları altında, eldeki çeşitlilik dahilinde, bulunulan ortama en uyumlu olanların seçilmesi ve diğerlerinin elenmesini öngörmekteydi. Ancak bu "seçilim" ve "eleme" işinin nasıl yapılacağı bile, ortam koşullarına bağlı olarak belirlenecektir. r-seçilim ve K-seçilim modelleri, farklı çevre koşullarında ne tür bir seçilim sistemi uygulanacağını belirlememizi sağlayan modellerdir. Bu bakımdan, ekolojinin evrime yaptığı en önemli katkılardan birisi bu modellerin tanımlanması ve detaylandırılması olmuştur.

Yer sıkıntısı nedeniyle bunların matematiksel analizine tüm detayları ile girmek mümkün olmadı; ancak Matematiksel Evrim ve Popülasyon Genetiği bölümünde verdiğimiz sözü tutacağız ve ilk fırsatta bu konuları ileri düzeyde evrimsel analiz öğrenmek isteyenler için ayrı bir kitapta toplayacağız.

SONUÇ

Tüm bu anlattıklarımızdan net bir şekilde anlaşılabileceği gibi, ekoloji ve evrim birbirlerini hem karşılıklı olarak, hem de daha dolaylı yollarla etkilemektedir. Başlarda bu iki biyoloji dalı farklı çalışmalar olarak düşünülse de, McArthur ve Wilson sayesinde oluşturulan "yoğunluğa bağlı doğal seçilim ilkesi" bu iki bilim dalının sayısal olarak birbiriyle olan ilişkisini ortaya koymuş ve daha sonralarda yapılan saha çalışmalarıyla bu ilişki iyice güçlenmiştir. Sonuçta bir yaşam alanındaki birey sayısını belirleyen ekolojidir. Bu sayıya bağlı olarak da evrimin yönü sürekli olarak değişmektedir. Evrimsel sürecin etkisini canlı topluluklarının yani biyomların ekolojisinde, canlıların fizyolojik ekolojilerinde, türler arasındaki ilişkilerde, türleşmede, ve daha birçok yapıda görmek mümkündür. Ancak temel olarak ekolojinin etkisini doğal seçilim mekanizmasıyla birlikte inceleriz.

Ekoloji, evrimi fenotipik değişimler, türleşme ve yok oluş açısından etkiler. Fenotipik değişimlerin sebebi doğal seçilim; türleşmenin sebebi ekolojik dağılım ve üreme izolasyonu; yok oluşun sebebi de yayılmanın ve popülasyon

büyüklüğünün azalmasıdır. Bunlara ek olarak evrim de ekolojiyi bireylerin ekolojisini, popülasyon, komünite ve ekosistem ekolojisini etkiler. Uyumsal davranışlar ve hızlı evrim popülasyon ekolojisine; tür zenginliğindeki değişimler ve tür ilişkilerindeki seçilim komünite ekolojisine sebepler olarak gösterilebilir. Özet olarak anlatmaya çalıştığımız, evrimsel sürecin büyük bir oranda ekolojik süreçlerin etkisi altında olduğudur.

Darwin'in, Evrim Teorisi'ni ortaya atmasını sağlayan faktör yaptığı doğa gözlemleriydi. Yaptığı gözlemler canlıların ekolojisindeki uyumları göstermekteydi. Bu uyumlar ona farklı bir bakış açısı kazandırmış ve bütün olarak görebildiği canlı yapılarını yorumlamayı çok iyi başarmıştı. Onun oluşturduğu temeller üzerinden devam ettiğimiz evrimsel ve ekolojik çalışmalar bize, oluşturulan teorinin her geçen gün bir daha kanıtlandığını göstermektedir.

Ekoloji denince akla gelen biyoçeşitlik ve koruma konusu da önemli bir noktadır. Doğa bilimciler olarak söylemek isteriz ki, kendini üstün gören insan (*Homo sapiens*) türü yüzünden yeryüzünden birçok canlı yok olmuş ve yok olmaya da devam etmektedir. İnsanın evriminden önce canlı yok oluşlarının sebebi hep doğa olaylarıyken, insanın ortaya çıkmasıyla sonuçlanan evrimsel süreç diğer tüm canlılar için bir dönüm noktası olmuş, ve bu dönüm noktası belki de diğer canlıların aleyhine olmuştur.

Beynimizi diğer türlere nazaran daha fazla kullanabiliyor oluşumuzun, doğanın geri kalanı üzerinde hüküm sürme yetkisini direkt olarak bize verdiği gibi bir sanrıya ve egoya sahibizdir. Bu algıyı değiştirmek çok güçtür; çünkü evrimden ve bilimden anlayan insanlar arasından bile *"E öyle, sonuçta bu beyni bize doğa ve evrim verdi"* şeklinde düşünenler ve insanın doğaya yaptıklarını meşru görebilenler çıkmaktadır. Halbuki sahip olduğumuz beyin bir lütuf değil, bir sorumluluktur. Unutmamak gerekiyor ki insan zekâsı, insana özel olarak verilmiş bir yetenek değil, evrenin kendi iç süreçleri sayesinde, zorlu evrim süreci sonucunda edinilmiş bir araçtır. Beynimiz, zekâmız ve düşünme yeteneğimiz, bir nevi evrenin kendi kendini anlama yöntemidir! Böyle düşünmeye başlayacak olursak, doğada yaptığımız yıkımlara anlam vermek güçleşecek, ben-merkezcilikten kurtulmuş, tüm canlıları kapsayan, daha geniş bir yaşam felsefesine erişmemiz mümkün olacaktır.

Her zaman bir umut olduğunu unutmamak en güzeli! Yeni yeni, az da olsa doğaya verdiğimiz talanın farkına varmaya başladık ve canlıları koruma üzerine çalışmalar yapmak yönünde ilk adımları atıyoruz. Ama bu girişimlerin sayısı kesinlikle artırılmalı; doğaya hâkim organizmalar değil, doğanın bir parçası olduğumuzun iyice farkına varmalıyız. Ne ekolojik ne de evrimsel süreçleri değiştirmeye hakkımız var!

Doğanın bize sunduğu muazzam güzelliğin farkına varalım ve onu koruyalım! Genellikle Stephen Hawking'e atfedilen, ancak M.Ö. 3. yüzyılda yaşamış şair Theocritus'tan filozof Cicero'ya, Jules Verne'den Amerikalı yazar Denis

Waitley'e kadar birçoklarının tarihin bir noktasında mırıldandığı, şu sözün ne kadar doğru olduğunu bir düşünün:

"Yaşamın olduğu yerde, umut da vardır."

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Andel, T.H., *et al.* (2003). Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation: Archaeological results of the Stage 3 Project. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research
- Callenbach E. (2011) Ekoloji cep rehberi. Sinek sekiz sürdürülebilir yaşam kitapları
- Dadachova, E., *et al.* (2007). Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi. *PLoS ONE*, 2(5). doi:10.1371/journal.pone.0000457
- Emlen J. M. (1973) Ecology: an evolutionary approach. Addison-Wesley Yayıncılık
- Fa, J. E., Stewart, J. R., Lloveras, L., & Vargas, J. M. (2013). Rabbits and hominin survival in Iberia. *Journal of Human Evolution*, 64(4), 233-241. doi:10.1016/j.jhevol.2013.01.002
- Fox C. W., Roff D. A., Fairbairn D. J. (2001) Evolutionary ecology concepts and case studies. Oxford University Press
- Futuyma D. J. (2011) Evolution. Sinauer Associates Inc. USA
- Galván, I., *et al.* (2014). Chronic exposure to low-dose radiation at Chernobyl favours adaptation to oxidative stress in birds. *Functional Ecology*, 28(6), 1387-1403. doi:10.1111/1365-2435.12283
- Gibbons, A. (2016). Humans mated with Neandertals much earlier and more frequently than thought. Alındığı site: http://www.sciencemag.org/news/2016/02/humans-mated-neandertals-much-earlier-and-more-frequently-thoughtInward, D., *et al.* (2007). Death of an order: A comprehensive molecular phylogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. *Biology Letters*, 3(3), 331-335. doi:10.1098/rsbl.2007.0102
- Loss, S. R., *et al.* (2013). The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications*, 4, 1396. doi:10.1038/ncomms2380
- Lowe, E. C., *et al.* (2014). Urbanisation at Multiple Scales Is Associated with Larger Size and Higher Fecundity of an Orb-Weaving Spider. *PLoS ONE*, 9(8). doi:10.1371/journal.pone.0105480
- Mayhew P. (2006) Discovering evolutionary ecology: bringing together ecology and evolution. Oxford University Press
- McMahon, B.R. (1970). The Relative Efficiency of Gaseous Exchange Across the Lungs and Gills of an African Lungfish Protopterus Aethiopicus. *Journal of Experimental Biology*, 52.
- Mora, C., *et al.* (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? PLoS Biology PLoS Biol, 9(8). doi:10.1371/journal.pbio.1001127

- Normille, D. (2014). Fukushima radiation still poisoning insects. Alındığı site: http://www.sciencemag.org/news/2014/09/fukushima-radiation-still-poisoning-insectsRose M. R., Mueller L. D. (2006) Evolution and ecology of the organism. Pearson Yayıncılık
- Sankararaman, S., *et al*. (2016). The Combined Landscape of Denisovan and Neanderthal Ancestry in Present-Day Humans. *Current Biology*, 26(9), 1241-1247. doi:10.1016/j.cub.2016.03.037
- The Human Journey: Migration Routes. (n.d.). Alındığı site: https://genographic.nationalgeographic.com/human-journey/

BÖLÜM V

BOTANİK

Ufak Bir Tohumun İçindeki Evren...[1]

Freddy Can Igiebor

Ve şimdi de bitkilerden, en çok gördüğümüz ancak en az bildiklerimizden konuşmanın zamanı... Ne yazık ki evrimsel biyolojiyle ilgili en büyük hatalardan birisi, evrimin sadece hayvanlara özgü bir olay olduğu sanrısıdır. Öyle ki insanlar hayvanlar söz konusu olduğunda *"X türü Y türünden nasıl evrimleşmiştir?"* gibi daha spesifik sorular sorarken, bitkiler söz konusu olduğunda *"Bitkiler evrimleşmekte midir, hiç evrim geçirmişler midir?"* şeklinde çok daha geniş ve temel sorular sormaktadırlar. Halbuki botanik (bitkibilim), evrimsel biyolojinin en kapsamlı biçimde çalışıldığı, evrimsel biyolojiye en fazla katkı sunan bilim dallarından birisidir. Dolayısıyla bitkileri tanımadan yapılan bir evrim analizi, eksik bir evrim analizi olacaktır. Bu kitapta böyle bir hataya düşmemiz mümkün değildi. Bu nedenle ben, evrimi bitkiler perspektifinden kaleme almak ve sizlere aktarmak istedim.

Gezegenimiz üzerindeki tüm canlı kütlesinin (biyokütlenin) %90'ından fazlası bitkilerden oluşmasına rağmen, hâlâ önümüze çıkan her dikenli ağaca "çam" dememiz, en basit bitki ayrımlarında bile güçlük çekiyor olmamız ilginçtir. *Homo sapiens* türü olarak doğadan koparak vahşi yaşamlar ile aramıza duvarlar örmeye başladığımız zamanlardan beri bitkilere olan ilgimiz giderek azaldı. Öncelikle işimize yaramayan, pratik veya ekonomik değeri olmayan bitkileri hafızamızdan silmeye başladık. Nihayetinde, grinin yeşile gâlip gelmesi üzerine de diğer tümünü unuttuk. Zaman geçtikçe bitkilere dair bilgimiz, kokusunu sevdiğimiz bitkiler ile mutfakta kullanılan sebze meyvelerden ibaret hale gelmeye başladı. Eskiden birlikte yaşadığımız, her an her yerde komşumuz

1 Özellikle bitkilerin evrimsel tarihiyle ilgili kısımlarda bu bölüme yapmış olduğu katkılardan ötürü Denizhan Tutar'a teşekkür ederim.

olan bitkiler, şu an renksiz şehirlerimizde birer saksının içinde mahkum hayatlar sürüyorlar.

İnternet ağı sayesinde tamamen küreselleşmiş olan gezegenimizde bol miktarda bilgiye aşırı hızlı ulaşmamız mümkündür. Ancak bu durum, muazzam bir bilgi kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Facebook ve Twitter gibi sosyal medya araçları sayesinde hatalı bilgiler müthiş bir hızla yayılıyor ve zihinlerimizde kendine yer ediniyor. Belki sizin de görmüş olduğunuz ve sosyal medya platformlarında milyonlarca defa paylaşılmış olan "Kesildikçe Çoğalan Bitki" veya "Uzaylı Bitki" gibi isimlerle dolaşan videolar aslında yüksek basınç altında preslenmiş lastik bant yığınlarından başka bir şey değildir. Fanatik bir şekilde Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar'a (GDO) karşı çıkan insanlar ve bunlara ait oluşumlar, bitki genetiği veya biyoteknoloji ile ilgili konuları internette arattığınızda muz ile kivi karışımı, karpuz içinden çıkan elma gibi tuhaf tuhaf, gerçeği yansıtmayan ve hatta açıkça "saçma" diyebileceğimiz içerikleri sizlere sunmaktadır. Benzer şekilde, muz ile kivinin ortadan kesilip de birlikte gömülmesi sayesinde ortaya çıkacağı düşünülen "dışı muz, içi kivi" meyvesine inanılması gibi pek çok paylaşım aslında bitkiler âlemine ne kadar uzak olduğumuzu gösteren delillerin sadece birkaç tanesidir.

Mutfaklarımıza ve günlük diyetimize bakacak olursak bu alanın bile bitki fakiri olduğunu görebiliriz. Günümüzde bilinen yaklaşık 350 bin bitki türü olmasına ve bunlardan yaklaşık 80 bininin yenilebilir yapıda olduğunun bilinmesine karşın, dünyada bunların sadece 150 kadarı aktif olarak tarımda kullanılır. Daha da ilginç (ve belki de üzücü) olan ise, bu bitki türlerinin yalnızca 30 tanesi, insanın tükettiği kalorilerin %95'ini oluşturur.

Peki ya bitkilerin evrimi hakkında ne kadar bilgi sahibiyiz? Evrimle ilgilenen birçok kişi, sudan karaya çıkan omurgalıların ilk örnekleri arasında bulunan *Tiktaalik roseae*'dan muhtemelen haberdârdır. Ya da dinozorlardan kuşlara geçişteki ara türlerden biri olan *Archaeopteryx*'i pek çok defa duymuşuzdur. Ancak kaçımız son 200 milyon yıldır hayatta kalmayı başarmış, günümüzde de halen yaşamayı sürdürdüğü için "yaşayan fosil" olarak anılan[2], "Sikas" olarak da bilinen Sagu palmiyesinin (*Cycas*) öyküsünü bilir?

Bundan yaklaşık 300 milyon yıl önce Karbonifer Dönemi sonlarında meydana gelen kuraklıklar, günümüz Sagu palmiyesinin de içinde bulunduğu Sikadlar (*Cycad*) adlı bitki topluluğunun oluşmasını sağlamıştı. Bunlar, evrimsel süreçlerle ortaya çıkan, su kaybını çok aza indirgeyen ince ve mumlu yaprakları gibi adaptasyonları sayesinde döneme en iyi uyum sağlayan bitkilerdendir. En başarılı oldukları dönem, Jurasik Dönem'e (200 - 145 MYÖ[3] arasına) denk gel-

2 Yaşayan fosil, çok uzun bir süredir dünya üzerinde hayatta kalmayı başarmış, günümüzde de varlıklarını sürdürebilen canlılara verilen bir isimdir. Tıpkı fosiller gibi, bu canlılar da yaşıyor olmalarına rağmen anatomik, fizyolojik, morfolojik, genetik, vb. özellikleri ile evrim tarihine dair bize bilgiler sunmaktadırlar.

3 MYÖ: Milyon Yıl Önce

mektedir. Bu dönemde Sikadlar en parlak, en şaşâlı dönemini yaşıyordu. Yüzlerce cinsi, binlerce türü ile dünyanın hemen hemen her yerine yayılmıştı. Öyle olacak ki, o döneme ait biyomun adı dahil, literatür içindeki birçok akademik çalışmada, dönemin geneline hâkim canlı olan Sikad ile anılmaktadır. Bu kadim bitkiler, dinozorların ortaya çıkışlarına şahit oldukları gibi, yok oluşlarına da bizzat tanıklık etmişlerdir. Bu toplu yok oluştan da sağ çıkmayı becermiş, ancak Kuzey Yarımküre'deki uçamayan dinozorların neslinin tükenmesi ile, muhtemelen üremekte güçlük çekerek birçok türünü de yitirmişlerdir. Şimdilerde parklarımızı, bahçelerimizi süsleyen bu Sagu palmiyeleri, Sikad topluluğunun günümüze kadar gelen canlı örneklerindendir. Bugün 100 küsür tür ile temsil edilen bu canlı, geçmişten günümüze ulaşmayı başararak bize evrim tarihine dair hikâyeler anlatan bir yaşayan fosildir.

BİTKİLERİN EVRİMİ

Bitkileri hayvanlardan ayıran birçok özellik vardır. İlk akla gelen hayvanlar gibi hızlı bir şekilde hareket edememeleri olsa da, aslında bitkilerin en önemli ayırıcı özelliklerinden (ya da eskilerin deyişiyle alamet-i farikalarından) birisi fotosentezdir. Yani Güneş'ten gelen ışınları, topraktaki suyu ve havadaki karbondioksiti kullanarak besin üretebilme becerisi! Bitkilerin fotosentez sayesinde ne yapabildiklerini düşünüp de bitkilere hayran kalmamak neredeyse mümkün değildir. Bu nedenle bitki evrimini ele alacağımız bu bölümde ilk olarak fotosenteze odaklanalım.

Fotosentezin ve fotosentez organelleri olan kloroplastların evrimsel tarihi epey eski zamanlara uzanmaktadır. Dahası bu beceri, ilk olarak bitkilerde de başlamamaktadır. İlk defa fotosentez yapabilmeye başlayan canlılar bakterilerdir. Bakteriler arasında ise bunu ilk yapanlar, yaklaşık 3,5 milyar yıl önce evrimleşen siyanobakterilerdir. Bu fotosentetik bakteriler yaklaşık 2,8 milyar yıl önce dünya canlılığının kayda değer bir bölümünü oluşturmaya başlamışlardır ve yaptıkları fotosentez nedeniyle atmosferdeki oksijen miktarını hızla artırmışlardır. Bu da bugün *Büyük Oksijen Felaketi* diye adlandırdığımız olaya yol açmıştır: Oksijensiz veya az oksijenli ortama uyum sağlamış olan canlıların önemli bir bölümü, atmosferin oksijenlenmesi milyonlarca yıl alsa da, bu değişime ayak uyduramamış ve nesilleri tükenmiştir. Çünkü oksijen çok güçlü bağlar kurabilen bir kimyasaldır ve bu nedenle birçok canlı için ölümcül etkiye sahiptir. Bu şaşırtıcı gelebilir; çünkü hepimiz günümüzde oksijene bağımlı olsak da, siyanobakterilerin evrimi sonucunda atmosferi doldurmaya başlayan oksijen gazı birçok canlı için zehir etkisi yaparak onları öldürmüştür. Siyanobakteriler sebebiyle atmosferik oksijen oranları %1-2 düzeylerinden %30'ların üzerine çıkmıştır. Böylesine yoğun bir oksijen artışı, oksijenli ortamda yaşamaya uygun olmayan türleri kırıp geçmiştir. Ancak bizler eğer ki bugün buradaysak, bunu o dönemki oksijen artışına ayak uydurabilen atalarımıza borçluyuz-

dur. Bu atalarımız, oksijenli solunum yapabilecek şekilde evrimleşmişlerdir; bu sayede daha iri vücutlu ve karmaşık canlılar evrimleşebilmiştir ve onların günümüzdeki tüm torunları da oksijenli solunum yapabilmektedir.

Oksijenin ve oksijenli solunumun ortaya çıkışı, diğer bazı ilgi çekici evrimsel süreçleri de tetiklemiştir. Örneğin bu oksijenli solunum yapabilen bakterilerin bazıları, kendilerinden sonra evrimleşen ökaryotların[4] dünyaya yayılmaya başlamasıyla birlikte bu yeni canlılarla bir arada yaşamak zorunda kalmışlardır. Bu uzun evrimsel süreçte oksijenli solunum yapan bakterilerin bazıları, ökaryotlar tarafından fagositoz yoluyla adeta "yenmiş ancak sindirilememiştir" (bunu, mikroskobik ölçekte kalıbın tam anlamıyla "mideye oturmak" gibi bile düşünebilirsiniz!) Sindirilemeyen bu bakteriler, hücrelerin içinde hapsolmuştur ve bu süreçte canlıların genleri birbirine karışmaya başlamıştır. Bu hapsolmuş bakterilerden bazıları, içinde bulunduğu iri hücre ile mutualist (her iki taraf için faydalı) bir ilişki kuracak şekilde evrimleşmiştir; zira bu durum bakteriler için de, ökaryotlar için de bol miktarda avantaj sağlamaktadır. Örneğin bakteriler, kendilerinden kat kat iri hücreler içinde çok rahat bir şekilde kendilerini dış etmenlere karşı savunabilmeye başlamışlardır. Buna karşılık yaptıkları oksijenli solunum sayesinde bu iri hücrelere daha önceden onların sahip olmadığı kadar enerji üretebilme fırsatı sunmuşlardır. Bu ve bunun gibi faktörler, söz konusu "hapsi" oldukça faydalı bir ilişkiye dönüştürmüştür. Buna bağlı olarak bu karmaşık yapılı ve iri hücreler ile oksijenli solunum yapan bakteriler arasında bir işbölümü sağlanabilmiştir; çünkü evrimsel süreçte işbölümü her zaman enerji tasarrufu sağlayan bir olgudur. Bu süreçte bakteriler kendi özgür yapılarını kaybederek kendilerinden büyük olan hücrelerin bir parçası haline gelmişlerdir ve bugün mitokondri olarak bildiğimiz enerji üretim odacıklarına dönüşmüşlerdir. Bu iri hücreler ise hücresel enerji üretiminin büyük bir kısmını bu ufak bakterilere devretmiştir. Böylece ökaryotlar dediğimiz ve biz insanları da içeren canlı grubunun evrimsel temelleri atılmıştır.

Sadece oksijenli solunum yapan bakteriler de değil! Bazı siyanobakteri-benzeri canlıların da ökaryotik hücrelerin ataları içinde hapsoldukları ve bu şekilde mutualistik bir ilişki kuracak biçimde evrimleştikleri bilinmektedir. İşte evrimsel süreçte bu siyanobakteri-benzeri hücreler, nihayetinde bitkilere de evrimleşecek olan ökaryotik atalar içindeki kloroplastlara dönüşmüştür. Böylece ökaryotlar daha organize ve verimli bir şekilde fotosentez yapabilmeye başlamışlardır. Nihayetinde fotosentezin gerçekleştiği ana hücre içi organel, bu kloroplastlar haline gelmiştir.

Evrim tarihinde aralıklarla görülen bu olaya Endosimbiyoz Teorisi (ya da İçortak Yaşam Kuramı) adı verilmektedir. Yeri gelmişken, bu teorinin "annesi"

4 Ökaryotlar, çok genel bir tanımla, genetik materyalleri zarla sarılı bir çekirdek içinde bulunan, mitokondri de dahil olmak üzere bir takım zarla-sarılı organellere sahip olan, taksonomik bir alandır (Domain: Eukarya). Ökaryotlar, bugün hayatta kalan 6 süpergrup ile temsil edilmektedir.

konumunda olan, adı Charles Darwin gibi büyük harflerle bilim tarihine yazılması gereken evrimsel biyolog Lynn Margulis'i anmamak hata olacaktır. Margulis tarafından keşfedilen endosimbiyoz, büyük evrimsel biyolog Ernst Mayr tarafından *"belki de yaşam tarihinin en önemli ve en dramatik olayı"* olarak nitelendirilmiştir.

Endosimbiyoz olayının canlılığın evrimsel tarihinde ve yeni gruplara dallanmasında kritik bir rolü bulunmaktadır. Hem mitokondrinin hem de kloroplastın Endosimbiyotik Teori çerçevesinde ökaryotlar içinde evrimleşmesi, bu canlıların dünyaya yayılmasında ve nihayetinde milyonlarca türe ayrışmasında çok önemli bir role sahiptir. Dahası, endosimbiyozun milyonlarca yıllık evrimi sırasında ortaya çıkan ve bunu mümkün kılan moleküler mekanizmalar, eşeyli üreme ve çok hücreliliğe giden yolu açmışlardır. Eşeyli üreme, günümüzde evrimin en önemli mekanizmalarından biri olduğundan bahsettiğimiz gen çaprazlanmasının en etkili biçimde yaşandığı üreme şeklini almış ve evrim tarihine yön vermiştir. Çok hücrelilik ise bugün dünyanın hemen her yerine yayılmış olan canlılığın temelini oluşturan hücre yapısıdır. Kloroplastın varlığını açıklayan endosimbiyoz ve çok hücreliliğin evrimi, aynı zamanda bugün "bitki" adını verdiğimiz canlı grubunun da ilk üyelerinin evrimleşmesini sağlamıştır.

Tek hücrelilikten çok hücreliliğe geçiş de bir anda oluvermemiştir. Evrimsel süreçte her zaman olduğu gibi, bu önemli canlı grupları arasında da geçiş gruplarını görebilmekteyiz. Örneğin, tek hücreliler ile çok hücreliler arasında bulunan ve geçiş özelliği gösteren bir grup tek hücrelide görülen koloni yaşantısı, bu geçişe dair önemli bilgiler sunmaktadır. Her ne kadar elimizde bulunan fosil kalıntılarına bakarak bunların gerçek bir bakteri kolonisi olup olmadığı henüz kesinleştirilememişse de, bilinen en eski fotosentetik ökaryot kolonisi fosilinin günümüzden 2,1 milyar yıl önce yaşamış olan *Grypania* cinsi olması muhtemeldir. Bu canlıların aynı zamanda ilk fotosentetik ökaryotlar olduğu da düşünülmektedir. Günümüzde halen yaşamakta olan canlılarından biri olan *Acetabularia* isimli yeşil algin bir benzeri olan *Grypania*, aynı zamanda kaydedilmiş en eski alg olarak da bilinmektedir.

Endosimbiyotik Teori ve bu teoriyi destekleyen kanıtlar gerçekten çok uzun ve fazlasıyla heyecan verici bir konudur. Ancak asıl konumuz Bitkiler Alemi ve bunların evrimi olduğu için şimdilik bu konuyu bir kenara bırakalım ve yolumuza devam edelim:

Hayvanlar ve mantarlar, ökaryotlar içindeki 6 süpergruptan birisi olan Opisthokonta süpergrubunda, bitkiler ise Archaeplastida süpergrubunda bulunur. Hayvanlar, mantarlar ve bitkilerin son ortak atası bundan yaklaşık 550 milyon yıl önce yaşamıştır. Bundan sonraki 70 milyon yıl içinde bitkilerin yolları, hayvanlar ve mantarlarla olan ortak atalarından tamamen ayrılmıştır. İşte Evrim Ağacı'nın, benim de bu yazıda odaklanacağım devasa dalı budur.

En "gelişmiş" veya daha doğru bir ifadeyle en çok karmaşıklaşmış bitkiler olarak kabul edebileceğimiz kapalı tohumlu (ya da "çiçekli") bitkilerin soy hattını takip ederek, bitkiler âleminin evrimsel öyküsünün en önemli noktalarının üzerinden geçmek mümkündür. Zira Kapalı Tohumlular, günümüze en yakın zamanda evrimleşmiş bitki gruplarından birisidir. Dolayısıyla buna odaklanmak, bitkilerin evrim tarihini net bir şekilde gözlerimiz önüne serecektir.[5] Şimdi bu upuzun hikâyenin kısa bir özetini yapalım:

Kapalı tohumlu bitkilerin soy hattı[6] öncelikle, embriyo korunumunun evrimleşmesiyle yeşil alglerden ayrılmıştır. Bunu, "apikal büyüme" denen büyüme tipinin evrimleşmesiyle ciğer otlarından ayrılma, iletim demetlerinin evrimleşmesiyle kara yosunları ve boynuz otlarından ayrılma, megafil damar yapısının oluşmasıyla likofitlerden ayrılma, tohumların oluşmasıyla eğreltilerden ayrılma ve son olarak, çiçeklerin ortaya çıkmasıyla da açık tohumlu bitkilerden ayrılma takip etmiştir. Görülebileceği gibi tıpkı hayvanlarda olduğu gibi, bitkilerde de son derece kademeli, birikimli seçilim sonucunda meydana gelen, yumuşak geçişlerle örülü bir evrim tarihi bulunmaktadır.[7] Ama ayrım noktalarında yaşanan önemli değişimleri öyle ardı ardına sıralamak çok bilgilendirici değildir. Bu nedenle şimdi bu sürece yakından bakalım:

Eskiden hayvan, bitki ve mantar olmayan ökaryotları protistalar olarak sınıflandırırdık. Protista denilen topluluk aslında farklı kökenlerden gelen birçok canlıyı içerir ve modern sistematikte artık pek de rağbet görmemektedir. Benzer şekilde, karasal bitkiler haricinde kloroplast taşıyan tüm ökaryotlara "algler" adı verilir. Yani algler de karma bir biçimde birçok canlı grubunu içerir ve tek bir kökene sahip değillerdir. Algler içinde yalnızca yeşil algler, Bitkiler Alemi içinde yer alır. Kısaca Bitkiler Alemi, yeşil algler ve karasal bitkiler olarak iki gruba ayrılır.

Yeşil algler ile karasal bitkilerin temel farkı, karasal bitkilerde embriyo korunumu olmasıdır. Bu şu anlama gelmektedir. Karasal bitkilerde üreme hücreleri, örtü görevi gören bir hücre tabakasının içinde bulunur; ancak yeşil alglerde böyle bir yapı evrimleşmemiştir.

"İlk bitkiler" diyebileceğimiz yeşil algler, bugün de 7 binden fazla modern türü içeren, halen gezegenimiz üzerinde görebileceğimiz bir canlı grubudur.

5 Bu, evrimsel biyolojiye dair popüler bilim kitaplarında evrimi anlatırken neden günümüzdeki bir canlının (genellikle insanın) seçilip, konunun onun evrimi üzerinden anlatıldığının da ana sebeplerinden birisidir. Evrim tarihi kesintisizdir. Günümüzdeki her canlı, atasal canlı formlarından evrimleşerek günümüzdeki halini almıştır. Dolayısıyla çok eksi bir atadan yola çıkıp, günümüzde halen var olan bir türe doğru gelecek olursanız, aradaki sayısız canlı grubundan ve pek çok ortak atadan da geçmeniz gerekecektir. Evrimsel biyoloji ve "Evrim Ağacı" kavramlarının insanlığa sunduğu müthiş gerçeklerden birisi de budur.

6 Evrimsel biyolojide sözü edilen "soy hatları", atasal bir canlıdan başlayıp günümüzdeki yaşayan bir canlıya gelene kadar takip edilmesi gereken soyların tamamıdır.

7 Buna rağmen bitkilerde evrim hayvanlara göre biraz daha fazla ve büyük sıçramalara sahiptir; çünkü genomları bu büyük sıçramaları kaldırabilecek kadar esnektir.

Hem tek hücreli, hem de çok hücreli üyeleri bünyesinde barındıran yeşil algler, ilkin bitkiler sayılmasına karşın çok uzun zamandır evrim geçirmekte, farklı koşullara uyum sağlamakta ve çeşitlenmektedir.

Evrimsel tarihleri karasal bitkilerle uzun zaman önce ayrışan yeşil algler, birçok açıdan karasal bitkilerden farklıdır. Örneğin yeşil alglerin Karofitler (Charophyta) grubu içinde kamçılarını kaybetmemiş türler de vardır. Embriyo korunumu gösterdiği için Embriyofit olarak adlandırdığımız, nihayetinde karasal bitkileri de oluşturacak olan soyun 543-530 milyon yıl önce hareket yeteneğini kaybeden Karofitlerden evrimleştiği düşünülmektedir. Böylece çocukluğumuzdan beri bitkileri ayırt etmemizi sağlayan en temel özelliklerinden biri olan "hareket etmeden (sabit) bir yaşam sürmeleri"nin, bitkilerin evriminde oldukça eski bir noktada evrimleştiğini öğrenmiş bulunmaktayız.

Yeşil algler aynı zamanda yaşam döngüsü açısından da karasal bitkilerden (Embriyofit) ayrılır. Bitkilerin yaşam döngüsü genel olarak gametofit[8] ve sporofit[9] evrelerden oluşur. Yeşil alglerde sporofit evre yalnızca zigottan oluşur ve yaşam döngüsü tamamen gametofit olarak geçirilir. Ancak bundan farklı olarak, karasal bitkilerde her iki evre de çok hücrelidir, hatta karasal bitkilerin bir grubu olan damarlı bitkilerde ise sporofit daha baskındır ve gametofit, özellikle damarlı tohumlu bitkilerde hayli indirgenmiştir. Bunlardan da anlaşılabileceği gibi türlerin yaşam biçimleri, onların üreme ve yaşam döngülerini de belirleyici bir faktördür. Buna bağlı olarak oluşan seçilim baskıları, evrimsel süreçte ilerledikçe giderek farklılaşan bitkiler yaratmaktadır.

Her ne kadar "karaların işgali" genellikle omurgalı hayvanlara atfedilse de, aslında bırakın omurgalı veya omurgasız hayvanları, tüm karaları ilk işgal etmeyi başaran çok hücreli ökaryotik canlılar arasında bitkiler bulunmaktadır. Karasal bitkilerin ilk kalıntıları orta Ordovisyen Dönem'e, yani yaklaşık 470 milyon yıl öncesine tarihlenir. Anlayacağınız, hayvanlar yaklaşık 380 milyon yıl kadar önce karalara uyum sağlayacak şekilde evrimleşmeye başladıklarında, karalar çoktan bitki istilasına uğramıştı bile! Zaten hayvanların karalara çıkmasını mümkün kılan en önemli faktörlerden birisi bitkilerin karalardaki varlığıdır. Hoş, karalar bitkilerden önce mantarlar ve bakteriler gibi diğer daha öncül canlılar tarafından muhtemelen tekrar tekrar işgal edilmişti; ama yine de tüm hayvanlardan önce bitkilerin karalara çıkışı, onların evrimsel uyum başarıları hakkında bizlere önemli bilgiler vermektedir.

Bitkilerin karaları bu kadar erken işgaline rağmen, bu zaman diliminden daha önce neden karalara uyum sağlayamadıkları halen bilinmemektedir. Hele

8 Değişken yaşam döngüsüne sahip bitkilerde bulunan, genellikle tek set (n) kromozoma sahip olup, bitkinin üremesi için gerekli zigotu üreten ve bu sayede sporofitlerin oluşumunu sağlayan evrenin adıdır.

9 Değişken yaşam döngüsüne sahip bitkilerde bulunan, genellikle çift set (2n) kromozoma sahip ve eşeysiz olup, bitkinin üremesi için gerekli sporları üreten ve bu sayede gametofitlerin oluşumunu sağlayan evrenin adıdır.

ki hem bitkilerin, hem de bitki olmayan alglerin gösterdiği çeşitlilik ve yaygınlık düşünülecek olursa... Açık atmosferin radyoaktif ve aşırı oksijenli doğası bunu yapmayı deneyen öncül türleri zehirlemiş ve karaya çıkmalarını uzun süreler boyunca engellemiş olabilir. Benzer şekilde, bitkilerin karaya çıkması için gereken karmaşıklığa erişilmesi çok uzun zaman almış olabilir. Sonuçta denizel bir yaşantıdan karasal bir yaşantıya geçmek, diğer bölümlerde de değineceğimiz gibi, hiç de kolay bir iş değildir. Ancak sebep ne olursa olsun, bitkiler nihayetinde karalara çıkmayı ve bu yeni yaşam alanında müthiş bir yayılım göstermeyi başarmışlardır. Bu başarıya tanıklık etmemizi sağlayan en eski kalıntılar, bitkilere ait olduğunu bildiğimiz spor fosilleridir.

İlk karasal bitkiler bugünkü damarsız bitkilere veya kara yosunlarına (Bryophyta) benzeyen yapıdalardı. Evrim Ağacı'nın farklı dallarında ortaya çıkan iletim demetlerinin yanı sıra gerçek kök, gövde, yaprak gibi yapılara sahip değillerdi. Kara yosunları (Bryophyta) grubuna ciğer otları, yapraklı kara yosunları ve boynuz otları dahil edilir, ancak bu grup da farklı kökenlerden gelen canlıları kapsar ve bu şekilde kullanımı eskide kalmıştır. Sadece yapraklı kara yosunlarını (İng: mosses) kapsayacak şekilde kullanılması bugün daha yaygındır.

Tabii ki karasal canlıların evrimini incelerken, yaşadıkları ortamın şartlarından bağımsız bir analiz yapmak mümkün değildir. Dolayısıyla ilk karasal bitkilerin yaşadığı ortama bir göz atmakta fayda vardır. Bunu yaptığımızda dikkatimizi çekecek şeylerden ilki, atmosferdeki yüksek karbondioksit yoğunluğu (CO_2) ile yaşam alanlarının yüksek nemlilik miktarıdır. Bu noktaların ikisi de son derece önemlidir; zira Evrim Ağacı'ndaki dallanmalarda sırasıyla ciğer otları (Marchantiophyta, 510-470 MYÖ), yapraklı kara yosunları (Bryophyta), boynuz otları (Anthocerophyta) ve damarlı bitkiler (Tracheophyta) evrimleşirken, gelişim gösterecek bir dizi özellik daha kuru olan, daha az karbondioksit bulunduran ve su kaybını arttıran ortamlara uyumla doğrudan ilgilidir. Bu ortama adaptasyonu sağlayan özelliklerin başında ksilem, yani odun boruları gelmektedir. Bu yapı, doğrudan su iletimiyle ilgilidir. Yaprak, kök ve gövde yapılarının aşamalı evrimi ise buna eşlik etmiştir. Bunlar ile dolaylı yoldan ilişkili olarak yaşanan bir diğer farklılaşma, sporofit evresinin giderek baskın hale gelmesi ve gametofit evresinin bitkilerin yaşam döngüsünde ikincil konuma düşmeye başlamasıdır.

Su kaybının artışı ile CO_2 yoğunluğunun ilgisini kurmak ilk bakışta kolay olmayabilir. Ancak arada son derece sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Özetle izah edecek olursam: Fotosentez yapmak suretiyle karbondioksit tüketen bitkiler, fotosentez yaptığı dokulara karbondioksidin rahatça iletilebilmesine ihtiyaç duyarlar. Ancak gazların atmosferle rahatça alışveriş edilebildiği bir ortam, Ekoloji bölümünde de değindiğimiz gibi aynı zamanda ciddi miktarda su kaybı anlamına gelmektedir. Karbondioksit derişiminin fotosentez ve buna bağlı olarak su tüketimi üzerindeki etkisini göstermek için sanıyorum ki en iyi ölçüt şu sayısal veridir: Silüryen Dönem'deki (444-220 MYÖ) CO_2 derişimiyle aynı miktar CO_2 almak için gereken su miktarı, Karbonifer Dönem (360-300

MYÖ) sonlarında bugünküne yakın CO_2 seviyelerine ulaşıldığında gereken miktardan 17 kat daha azdır! Bir diğer deyişle, susuzluk adaptasyonlarının etkisini ihmal edecek olursak, günümüz koşullarındaki bitkilerin suya muhtaç olma düzeyleri atalarına göre 17 kata kadar daha fazladır!

Evrimsel süreçte, özellikle damarlı bitkilere giden soyda gelişen uyum mekanizmaları için; su kaybını azaltan bir tabaka olan kutikula, fotosentez için özelleşmiş dokuların ve yapıların ortaya çıkması (yapraklar) ve gaz alışveriş hızını kontrol etmeyi sağlayan gelişmiş yaprak açıklıkları (stoma) örnek gösterilebilir. Ayrıca kök ve gövde yapılarının yanında özelleşmiş bir dizi hücrenin kök ya da köksü yapı (rizoid) ile fotosentez yapılan yaprak dokularını bağlayacak bir hat boyunca dizilip ölmesi sonucu içinin boşalması ile oluşan ve uzak fotosentetik dokuların dâhi su kaybını telafi edebilen ksilem, yani odun borusu unutulmamalıdır. Anlayacağınız, bugün "bitki" olarak bildiğimiz canlıların neredeyse bütün özellikleri, karasal yaşama adapte olabilmeleri için evrimleşmiş yapılardır.

Karasal canlılar arasında ilk gelişmiş stomalara boynuzotlarında; ilk gerçek kök, gövde ve yaprak yapılarına ise ancak damarlı bitkilerin eğrelti otları grubunda rastlamaktayız. Bu özelliklerin geliştiği soy hatları (yani damarlı bitkiler), hem karaların daha içlerindeki kurak bölgeleri fethedebilmiş, hem de aynı bölgede rekabet eden diğer bitkilere göre boyları daha yükseklere ulaşarak çok daha fazla ışık almayı başarabilmişlerdir.

Bu evrimsel yenilikler arasında olan iletim demetleri, ikincil büyüme (kalınlaşma) ve gerçek kök, gövde ve yapraklara sahip olan sporofit evre gibi özellikler ancak damarlı bitkilerde bugün bildiğimiz halini almıştır. İletim demetleri, adından da anlaşılacağı gibi, damarlı bitkilerin tümünde görülen atasal bir özelliktir; ancak kara yosunları içindeki en yakın akrabaları olan boynuz otlarında görülmez. Fakat karalara adaptasyon, bağımsız soy hatlarında benzer çözümlerin evrimleşmesine neden olmuştur. Örneğin, yapraklı kara yosunlarında (Baryophyta) da iletim demetleri bulunur ve bu demetler diğer soy hatlarından tamamen bağımsız olarak, yakınsak evrim denen süreç sonucunda evrimleşmiştir. Damarlı bitkiler ile boynuzotları arasında bahsettiğimiz özelliklerin kademeli olarak kazanılmasını sergileyen türler bugün ne yazık ki yaşamlarını sürdürmemektedir. Ancak fosil kayıtlarında mevcut olan bazı ilksel damarlı bitkiler, çatallanarak büyüyen ve ucunda spor keseleri bulunan gövdeleri ile bu özelliklerin ilksel halini gösterirler. Bu ilksel hallerden birisi, ksilemin damarlı bitkilerdeki gibi ikincil duvar kalınlaşması gösteren trakeid yapısından değil, yapraklı kara yosunlarındaki gibi bunun görülmediği hidroidden oluşması veya bu kalınlaşmanın, yaşayan damarlı bitkilerde olandan farklı bir yapı ile olmasıdır. Yani fosiller, bir kez daha iki önemli canlı grubu arasındaki geçişi bizlere net bir şekilde gösterebilmektedir!

Damarlı bitkilerin bugün yaşayan en geniş iki kolu likofitler ve öfilofitlerdir. Likofitler, eğreltilerden ve tohumlu bitkilerden yaprak şekillerine bakarak ayrıla-

bilir: Likofitlerin mikrofil denen ve yalnızca basit bir damar ile taşınımı sağlanan yaprakları vardır. Diğerlerinde ise daha karmaşık damar sistemli yapraklar olan makrofiller gözlenir. Bitkilerde eşeyin (cinsiyetin) ortaya çıkışının bir örneği bu grup içinde gözlenebilir: Bazı üyeleri eşsporlu[10] iken bazı üyelerinin farklı sporlu (İng: Heterosporous) olduğu gözlenir. Gametofit evresi spor duvarlarının içine hapsolduğu için, bu evrenin baskılanmasında da bir basamağı sergiler.

Likofitler, Silüryen Dönem'de ortaya çıkmış bir bitki grubudur ve Karbonifer Dönemi bitki örtüsünde önemli bir yere sahip olmuş, geniş ormanlar oluşturmuştur. Bu dönemden kalma kömür yataklarında fosillerine sık rastlanır. İlkim değişimleriyle birlikte bu baskınlıklarını kaybetmişler ve ancak iklimin hızla değiştiği dönemlerde fırsatçı bitkiler oldukları için yeniden güç kazanabilmişlerdir. Günümüzde yaşayan 1290 kadar türü bulunmaktadır. Bunlara bir örnek olarak kurtayağı otu verilebilir.

Öfilofitler ise eğreltileri ve yakın akrabalarını (Monilofitler), odunlu bitkileri (Lignofitler) ve bir dizi soyu tükenmiş diğer fosil grubunu içerir. Bu grubun paylaştığı en önemli yenilik, bir ya da birkaç sıralı ana gövdenin çatallı yanal kollar ile farklılaşmasıdır. Yapraklarında karmaşık damarlanmanın yanında loplu ksilem ve kök yapısı gibi bir dizi özelliği de paylaşırlar.

Bunun altındaki gruplardan Monilofitler (eğreltiler ve yakın akrabaları), geçmiş dönemlere damgasını vurmuş bir başka bitki grubudur. Karbonifer Dönem'den itibaren, yani yaklaşık 360 milyon yıl öncesinden 280 milyon yıl öncesine kadar baskın türler eğreltiler olmuştur. Hatta dev eğreltilerin yeryüzünü ciddi miktarda kapladığı bilinmektedir. Otçul dinozorlar da dahil olmak üzere pek çok otçul sürüngenin temel besin kaynakları olmuşlardır. Ayrıca geniş eğrelti ormanlarının başkalaşım geçiren fosilleri bugünkü kömür yataklarının önemli bir kısmını oluşturmuştur. Bir diğer deyişle eğer ki insanlık kömür kullanabiliyorsa ve buna bağlı olarak teknolojik atılımları mümkün kıldıysa, bunu bitkilere borçludur!

Monilofitler içinde ortaya çıkan en önemli evrimsel yenilik, eğreltilerin "bileşik yaprak" yapısıdır. Her ne kadar en baskın üyeleri eğreltiler olsa da Monilofitler, daha basit yaprak yapılarına sahip olan at kuyruğu, psilotaller ve sfenofitler gibi grupları da içermektedir. Görebileceğiniz gibi bitkiler içindeki gruplarda da, tıpkı hayvanlarda olduğu gibi kademeli ve yumuşak evrimsel geçişleri görebilmekteyiz. Yine tıpkı hayvanlarda olduğu gibi, bitkilerin bazı özellikleri evrimsel süreçte körelerek yok olmuştur. Örneğin, Monilofitler'in ataları özel bir ksilem sistemini paylaşıyordu; ancak ilginç şekilde bu yapı torun türlerin evrimi sürecinde bazı gruplarda başkalaşmış, bazılarında ise tamamen kaybedilmiştir.

Lignofitler (odunlu bitkiler) ise, adından da anlaşılabileceği gibi ikincil odun ve soymuk borularına sahip olmaları ve mantar kambiyum içeren odun dokularıyla ayırt edilir. Bu tür dokular bitkiye fiziksel destek sağlamak gibi pek çok işlev

10 Aynı cins spor üreten bitkilere verilen isim, İng: Homosporous

üstlenebilir ve çağlar boyunca bitkilere farklı evrimsel avantajlar sağlamışlardır. Lignofitler'i ayırt eden özellik ikincil ksilem (odun borusu, su taşıyan iletim demeti) ve floem (soymuk borusu, besin ve diğer maddeleri taşıyan iletim demeti) ile mantar kambiyumdan oluşan bir odun yapısı sergilemeleridir. Bu tür açık tohumlu odunlar sadece Lignofitler'de görülse de, biraz daha farklı özellikteki odunsu yapılara diğer bitkilerde de rastlanabilir. Özellikle eğreltiler gibi uzun ormanlar oluşturmuş ve yeryüzüne hâkim olmuş bitki gruplarının bazı yaşayan veya soyu tükenmiş üyelerinde benzer yapılar evrimleşmiştir. Lignofitler'in içinde günümüze kadar hayatta kalmayı başaran tek grup tohumlu bitkilerdir. Ancak muhtemelen bu, diğer Lignofit gruplarının zayıflığından değil, tohumlu bitkilerin fazlasıyla başarılı olmasından kaynaklanmaktadır. Yani evrim tarihinde sıklıkla gördüğümüz "atanın yerini alma" olayı[11], bitkilerin evrim tarihinde de görülmektedir.

Tohumlu bitkilerin evrimini ve önemini iyice anlayabilmek için, tohumdan biraz bahsetmek gerektiğini düşünmekteyim. Daha önce embriyonun sporlar içinde korunmasının karasal bitkilerin oluşumunu sağlayan en önemli gelişme olduğunu söylemiştim. Bu koruma, embriyoyu kurumaktan ve diğer ölümcül etkilerden kısmen korumakta ve su dışında da hayatta kalabilmesine yardımcı olmaktadır. Tohum ise bunun da ötesine geçen bir yapıdır.

Tohum, hem embriyonun çok daha iyi korunmasını sağlamakta, hem de oluşacak bireyi yaşamının başlarında destekleyecek bir miktar besinin embriyonun yanında kullanıma hazır bulunmasını sağlamaktadır. Açık Tohumlular'ın (Gymnosperma) tohumu genellikle kozalak içindedir. Besin için embriyoyu saran bir *gametofit* kısım ile *embriyo*dan meydana gelmektedir. Kapalı Tohumlular'ın (Angiosperma) tohumu ise kabaca 3 katmandan oluşur: En dışta koruyucu *testa*, ortada besleyici *endosperm* ve en içte yavru bireyi oluşturacak olan *embriyo*...

Tohum da, evrim tarihindeki diğer tüm yapılar gibi büyük bir adım ile değil, kademeli olarak evrimleşmiştir. Ancak tıpkı hayvanlardaki bazı organ ve sistemlerin evrim tarihinde olduğu gibi, bitki evrimi tarihinde de çeşitli sebep-

11 Evrimsel süreçte torun türlerin evrimleşebilmesi için, bu torunların özelliklerinin onlara avantaj sağlıyor olması gerekmektedir. Aksi takdirde, eğer ki yeni evrimleşen "torun tür adaylarının" atalara karşı hiçbir avantajı bulunmuyorsa (ya da bulunan avantajları yeterince fark yaratacak kadar üstün değilse), bu adayların bulundukları ortamlarda atasal türlerin bulunması halinde onlara üstün gelmeleri olanaksız olacaktır ve nihayetinde eleneceklerdir. Ancak ne zaman ki torun tür adayları, izolasyon altında kaldıkları süre boyunca atalarına karşı üstünlük sağlayan özellikler kazanır, işte o zaman atalar torunlara karşı üstünlüklerini kaybedecektir. Bu durumda ataların soyu zaman içinde kademeli olarak tükenecek ve torunlar hâkim konuma geçecektir. Buna "atanın yerini alma" denir. Tam olarak bu sebeple genellikle atasal türler günümüzde artık yaşamazlar; zira eğer ki günümüze kadar ulaşabilecek kadar avantajlı olsalardı, muhtemelen torunlarına da üstün gelirlerdi ve onların günümüze ulaşmasına engel olurlardı. Bunun istisnalarından biri, farklı coğrafyalarda izole halde evrimleşen atalar ve torunlardır. Bu durumda hangisinin diğerine üstün olduğu genellikle önemli değildir. Önemli olan, bulundukları ortamlardaki canlılara karşı avantajlı olup olmadıklarıdır. Eğer ikisi de kendi izole bölgelerinde üstünlerse, ikisi de günümüze kadar -farklı evrimsel yolaklara girip, muhtemelen yeni türlere evrimleşerek- ulaşabileceklerdir.

lerle tohum evrimindeki ara tür fosillerine ulaşmak oldukça zordur. Bu durumu zorlaştıran nedenlerden ilki, modern tohumların kendilerinin bile fosilleşmesi genellikle oldukça güçken, tohumdan daha basit düzeydeki üreme yapılarının fosilleşmesinin, bu fosillerin günümüze kadar ulaşmasının ve bizlerin bu fosilleri tespit edebilmesinin son derece düşük olasılıklı bir olay olmasıdır. Dahası, bu ara aşamalardan geçen türlerin süreç içinde nesli tükenmiş olduğundan, bu aşamalı evrimi şu anda varlığını sürdüren türler üzerinden takip etmek de mümkün olmamaktadır. Ancak mantıklı ve akılcı bir inceleme, tohumların evriminde görmeyi beklediğimiz basamakları tespit edebilmemizi mümkün kılmaktadır.

Tohumlu bitkilerin oluşumu sırasında olmasını beklediğimiz aşamalı değişimi, tıpkı damarlı bitkilerde olduğu gibi, günümüzde var olan türlere bakarak görmek oldukça güçtür; fakat bu şekilde bir inceleme oldukça faydalı bilgiler verecektir. Örneğin, fosil kayıtlar sayesinde bu değişimin anlaşılmasını sağlayan, ancak günümüzde var olmayan iki büyük grup hakkında bilgi sahibiyiz: Tohumlu Eğreltiler (Pteridospermler) ve Ön Açık Tohumlular (Progymnospermler). Tohumlu eğreltiler adı verilen grup, sınıflandırması tartışmalı bir dizi fosil ile birlikte tohumun evrimsel tarihindeki ilksel aşamalara dair temel özellikleri göstermektedir. Progymnospermler ise, tohumlu bitkilerin gösterdiği ilk yeniliğin tohum değil, ikincil büyüme (kalınlaşma) olduğunun anlamamızı sağlayan fosil gruptur. Bu bitkiler, tohumlu bitkilerle bir araya gelerek odunlu bitkileri (Lignofitler) oluşturur. Tohum yapısının gelişimine ışık tutan pek çok fosil de bu grupta değerlendirilmektedir. Aynı zamanda tohumlu bitkilerin, özellikle de Kapalı Tohumlular'ın (veya daha yaygın bilinen adlarıyla "çiçekli bitkiler") tozlaşmasında, dolayısıyla da üremesinde önemli rol oynayan bitki-böcek karşılıklı evriminin de bu dönemde başladığı düşünülmektedir. Her iki gruptan bazı türler geçmişte fazlasıyla başarılı olmuştur; ancak bunların kendilerinin soyları günümüze kadar ulaşamamıştır.

Günümüz tohumlu bitkileri, Açık Tohumlular (Gymnosperma) ve Kapalı Tohumlular (Angiosperma) olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Her ne kadar taksonomide genellikle bu şekilde bir ayrıma gidiliyor olsa da aslında Kapalı Tohumlular, Açık Tohumlular'ın içinde evrimleşmiş bir gruptur.

Açık Tohumlular başlıca sikadlar, ginkgolar, kozalaklılar (koniferler) ve gnetallerden oluşur. Bunların hepsi önemli gruplar olmakla birlikte, hepsinin detaylarına girmeyeceğim; çünkü bu konumuzu fazlasıyla uzatacak ve dallandıracaktır. Unutmamak gerekiyor ki botanik ve bitki evrimi son derece uzun ders kitaplarına konu olan araştırma sahalarıdır. Yine de bu evrimsel dallanma sürecinde ilk ayrılan (dolayısıyla en ilkin yapılı olan) grubun sikadlar, daha sonra sırasıyla ginkgolar, diğer kozalaklılar, çamgiller (bunlar kozalaklılar içinde evrimleşmiştir) ve gnetaller olduğunu belirtebilirim. Görülebileceği gibi bitki evrimindeki her basamakta geçmişten günümüze geldikçe bitki özelliklerinin de karmaşıklaştığını görmekteyiz. Bu arada, bu gruplardan ginkgolar içinde

yalnızca *Ginkgo biloba* türü günümüze kadar hayatta kalmayı başarmıştır. Bu bakımdan, günümüzde yaşayan hiçbir yakın akrabası olmadığını söyleyebiliriz. Ayrıca sikadlar ve kozalaklıların da geçmişte bütün yerküreye hâkim olmuş bitki familyaları olduğunu belirtmekte fayda var. Kozalaklılardan bayrağı devralan ise, özellikle 65 MYÖ gerçekleşen son kitlesel yok oluştan bu yana tür sayısı, yaygınlığı ve ekolojik nişlere yerleşmesiyle hâkimiyetinin açık olduğu Kapalı Tohumlular olmuştur.

Tohumlu bitkilerin evrimini anlamak için, tohum yapısının veya odun yapısının evrimi kadar, eşey hücrelerinin (sperm veya polen) evrimi de anlaşılmalıdır. Bitkilerin sucul atalarının (yeşil algler) üreme hücreleri, su ortamında hareket edebilmelerini sağlayan kamçılara sahipti. Bu kamçılar, tohumlu bitkilerin atasal türlerine kadar varlığını korumuştur. Tohumlu bitkilerin soy hattında meydana gelen önemli yeniliklerden birisi de, yüzebilen bu spermlerin daha korunaklı ve hareketsiz spermlere dönüşmesi olmuştur.

Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermler, çiçekli bitkiler) adlarından da anlaşılabileceği gibi tohum yapısı tümüyle "kapalı" olan bitkilerdir. Bir kozalağı elinize aldığınızda, tohumların dışarı doğru açık bir şekilde yayıldığını görebilirsiniz. Ancak Kapalı Tohumlu bitkilerin tohumları bu şekilde "açık" değildir ve oldukça sıkı bir şekilde korunmaktadır. Bu bitkiler genellikle çiçekleriyle tanınmaktadırlar.

Kapalı Tohumlular'ın gösterdiği çeşitliliği sergileyebilmek açısından, şimdiye kadar sözünü ettiğim bazı bitki gruplarının hayatta kalmış tahminen kaç türü içerdiklerine göz gezdirmekte fayda görüyorum. Ciğer otları tahminen 9 bin tür, boynuz otları bilinen 100 kadar tür, likofitler 1290 tür, eğreltiler 10560 tür, ginkgolar 1 tür, koniferler yaklaşık 700 tür, gnetofitler 70 tür ve Gymnospermler (Açık Tohumlular) toplamda bilinen 1.080 tür içerirler. Buna karşılık Angiospermler (Kapalı Tohumlular) grubu içinde günümüzde bilinen 295383 tür bulunmaktadır. Bunlar da 8 büyük grup altında toplanmaktadırlar: Tek bir tür içeren *Amborella*, 80 kadar tür barındıran Nilüfergiller, yaklaşık 100 tür ile temsil edilen Austrobaileyales, birkaç düzine tür ile Chloranthales, 9 bin kadar tür ile Magnoliidler, 4-6 kadar tür ile Ceratophyllum, 70 bin kadar tür ile tek çenekliler ve 175 bin kadar tür ile çift çenekliler... Bunların ilk üçünün, yani Amborella, Nilüfergiller ve Austrobaileyales gruplarının atasal Kapalı Tohumlular'dan itibaren diğerlerinden farklılaştıkları genel olarak kabul görmesine rağmen, tüm bu gruplar arasındaki evrimsel ilişki halen net bir şekilde çözülememiştir.

Bu çiçekli bitki gruplarının arasında çok yüksek bir çeşitlilik gözlenir; örneğin tek çenekliler, ikincil büyüme (kalınlaşma) göstermemesiyle karakterize olan otsu bitkilerden oluşan bir gruptur. Bir diğer örnek olan Ceratophyllum ve Nilüfergiller tümüyle sucul bitkileri içerir. Ayrıca bazı grupların kendi içinde de çok yüksek çeşitlilik mevcuttur. Tür sayısından da tahmin edilebileceği gibi çift çenekliler pek çok açıdan birbirinden farklı üyeleriyle buna güzel bir örnektir.

Kapalı tohumlu bitkileri oluşturan soy hattının, açık tohumlu bitkilerden Karbonifer devrinde (360-290 MYÖ) ayrılmış olması makul gözükmektedir. Çünkü moleküler çalışmalar tutarlı şekilde sikadlardan ve diğer açık tohumlulardan ayrı bir kökene işaret etmektedir. Dahası ilk sikad fosilleri Geç Karbonifer Dönem'e tarihlenmektedir. Ancak Kapalı Tohumlular'ın ataları, çok geniş yayılım göstermiş ve büyük sayılara ulaşmış türler değildir; dolayısıyla arkalarında pek az fosil bırakmışlardır. Öyle ki, elimizde bu tahmini ortak ata ile gelişmiş Kapalı Tohumlular arasındaki türlere dair fosil kalıntılar bulunmamaktadır. Dolayısıyla Kapalı Tohumlular'ın kökeni ve evrimi, paleobotanistler içinde halen tartışmalı bir konudur. Buna rağmen moleküler ve genetik çalışmaların da sayesinde çoğu noktada büyük ölçüde uzlaşı sağlanabilmiştir. Örneğin Kapalı Tohumlular'ın atalarının açık tohumlulardan Karbonifer Dönem'de ayrıldığını ve hızlı bir şekilde türleşmeye 100 milyon yıl kadar önce başladıklarını söyleyebilirim. Görülebileceği üzere bilimler arası dayanışma ve ortak çalışma sadece evrimsel biyolojiye değil, diğer bütün bilimlere katkılar sağlamaktadır. Ancak özellikle canlıların evrimsel tarihlerine yönelik araştırmalarda bir araya gelen ve güçlerini birleştiren bilim dalları, canlılar tarihine yönelik merakımızı gidermek konusunda büyük adımlar atabilmemizi mümkün kılmaktadır.

Kapalı Tohumlular'ın soy hattı boyunca da ortaya çıkan pek çok evrimsel yenilik bulunmaktadır. Tohum yapısının ve çiçeklenme konusundaki bariz (ve gruba adını veren) değişimlerin yanı sıra, gametofit evrenin büyük ölçüde baskılanması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan diğer bazı farklılaşmalar, bu grubun evrimsel tarihindeki en önemli yenilikler arasındadır. Kapalı Tohumluların, Açık Tohumlular içinde yer alan ortak atasına kadar evrimleşen yeniliklerin üzerine bunların da eklenmesi, Kapalı Tohumlular'a çok önemli evrimsel avantajlar sağlamıştır. Böylece çok çeşitli ekolojik nişlere yerleşerek 100-60 MYÖ arasında, yani evrimsel ölçekte kısa sayılabilecek bir zaman içinde, muazzam bir çeşitlenme ve yayılma gösterebilmişler, bu sayede günümüzde de var olan tohumlu bitkiler içinde tartışmasız şekilde en baskın bitki grubu olmayı başarabilmişlerdir.

Bitkilerin evrimine dair anlatabileceğim daha o kadar fazla konu, verebileceğim o kadar fazla bilgi var ki... Sonuçta bitkiler, yeryüzündeki yaşamın neredeyse tamamının bağımlı ve muhtaç olduğu oksijeni üretebilen en önemli canlı grubudur. Görsel 1, bitkilerin evrimsel süreçteki dallanmasını bir bütün olarak özetlemeyi başarmaktadır. Konuyu daha fazla uzatmamak ve botaniğin evrim ile ilişkisine daha yakından göz atabilmek adına bu konuyu bir kenara bırakacağım.

Geçmiş İklim Kuşaklarının Anlamlandırılmasında Bitkilerin Rolü

Bitkiler, evrimsel süreçleri analiz etmek için son derece kullanışlı organizmalardır. Aktif hareket etme özelliklerinin olmayışı yüzünden bulundukları iklim kuşaklarının adeta aynası konumundadır. Zira hayvanların aksine, bir

ortamı beğenmediklerinde göç edip, çekip gidemezler. Bitkilerin dağılım haritaları ile iklim haritaları arasında çok büyük benzerlikler görmek mümkündür. Dolayısıyla kimi zaman kalın kutikula tabakalı, çok derin kök sistemli bir bitki fosili bulmak, kurak bir ikliminin o bölgede de etkisini gösterdiği anlamına gelecektir. Paleobotanik araştırmaları sadece bütün bir bitki fosilinin bulunup tayin edilmesi esasına dayanmaz. Toprak katmanlarında çokça bulunan polen örneklerinin de evrimsel tarihi aydınlatmak konusunda büyük bir rolü bulunmaktadır. Tabii tüm bunları anlayabilmek için polen yapısından bahsetmem gerekiyor.

Günümüz bitkileri için polen tanımını kabaca şu şekilde yapmak mümkündür: "Anter" olarak da bilinen erkek organın içindeki, poleni verecek olan ve genellikle 2n kromozoma sahip mikrospor ana hücrelerinin tek bir mayoz bölünme geçirmesiyle meydana gelen üreme hücreleri... Bu her ne kadar teknik bir tanım olsa da, polenleri kabaca "sperm" olarak düşünmeniz mümkündür. Dolayısıyla polenler bitkilerin erkek bireylerinin DNA'sını taşırlar. Nasıl ki açık döllenme yoluyla üreyen balıklarda spermler vücut dışına bırakılıyor ve dişi yumurtalarını bulmaya çalışıyorlarsa, bitki polenleri de rüzgâr, böcek, su gibi çeşitli etmenler ile taşınarak dişi organın ucuna (stigma kısmına) yapışır ve tozlaşma işlemi gerçekleşmiş olur.

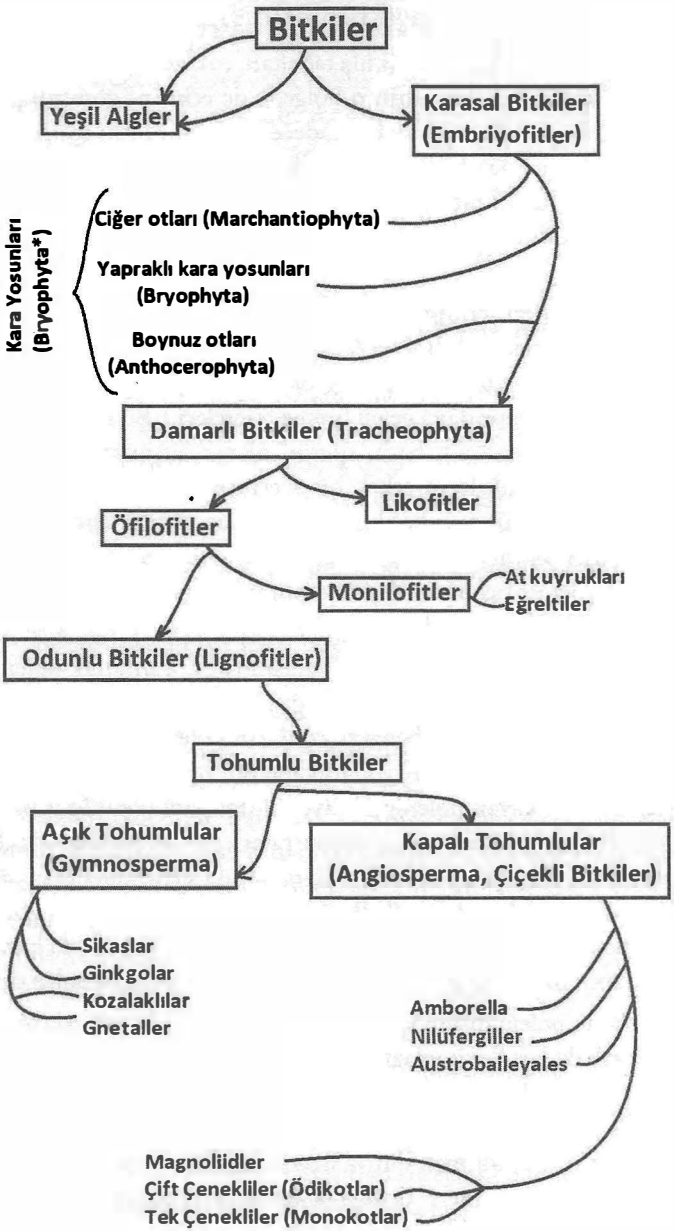
Polen tanelerinin boyu 15-100 μm[12] arasındadır. Yani ufak polenler çıplak gözle kolay kolay görülmezler. Bu da, örneğin kavak gibi ağaçlardan bahar aylarında saçılan beyaz pamukçuk benzeri yapıların polen olmadığı anlamına gelmektedir. Evet! O havada uçuşan, yolları kaplayan ve kaldırım taşları kenarında biriken, hepimizin "kavak polenleri" diye bildiği pamukçuklu yapılar aslında polen değildir! Bunlar, "döllenmiş yumurtalar" olarak da düşünebileceğiniz, kılsı/pamuksu yapılara sahip oldukları için havada süzülmeyi başarabilen, dişi kavaklardan saçılan tohumlardır![13] Benzer şekilde, yine kırlarda gördüğümüz ve koparıp üflediğimiz karahindiba bitkisindeki beyaz yapılar da karahindibanın paraşüt yapılı tohumlarından başka bir şey değildir. Yani polen değillerdir!

Yapısal olarak poleni dıştan içe doğru incelediğimizde sırasıyla ektekzin, endekzin, intin tabakaları ile sitoplazma ve çekirdek bulunduğu görülecektir. Bunlardan ektekzin ve endekzin tabakaları canlı yapılar değillerdir (tıpkı tırnaklarınız ya da saçlarınız gibi). Ektekzin tabakası "sporopollenin" adı verilen sıradışı bir polimer[14] içerir. Bu polimer, dünya üzerinde bilinen en dayanıklı, kimyasal etkinliği en düşük (buna "inert" de denmektedir), en sağlam yapılı maddelerden birisidir. Sporopollenin maddesinin içeriği henüz tam olarak bilinmemektedir.

12 Mikrometre, metrenin milyonda biridir. Bir saç telinin kalınlığı yaklaşık 100 mikrometredir.

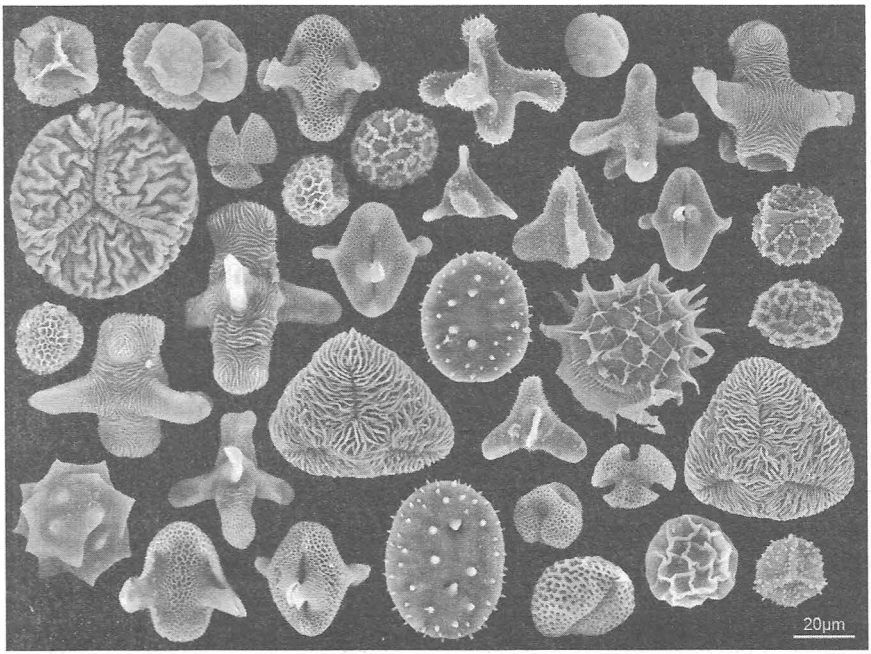
13 Bu yapıların polen olması zaten imkânsızdır; zira erkek kavak ağaçları bu pamukçuklu yapıları saçmaz. Polen ise, erkek organda üretilen bir yapıdır. Sadece dişiler yumurta üretir ve bunlar döllendiğinde tohum olur.

14 Birçok alt birimin kendilerini tekrar ederek bir araya gelmesi sonucu oluşan büyük moleküllere verilen isimdir.



Görsel 4-1: Metinde kullanılan bitki gruplarını ve evrimsel ilişkilerini içeren figürdür. Figürde, bitki olmayan siyanobakteriler ve alg grupları dahil edilmemiştir. Ayrıca "Bryophyta" isimlendirmesi, hem daha yakın zamanlı bir kullanım olarak yalnızca yapraklı kara yosunlarını ifade etmek için kullanılmış, hem de eskiden kullanıldığı gibi 3 bitki grubunu (ciğer otları, yapraklı kara yosunları ve boynuz otları) içeren bir grup olan kara yosunlarını ifade etmek için kullanılmıştır. Bu eski kullanım yanına "*" eklenerek belirtilmiştir.

Ancak yapılan araştırmalar karotenoid, fenilpropanoid ve fenolik bileşikler içerdiğini göstermiştir. Bu polimer, bir polen tanesinin tonlarca ağırlık altında ezilmeden, kırılmadan kalmasını sağlamaktadır. Bu yapı polenin sadece basınca dayanıklı olmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda olağanüstü kimyasal dengelilik hali sayesinde enzimlere ve güçlü kimyasal maddelere de dirençli olmasını mümkün kılar. Dolayısıyla polenin canlı kısımları olan çekirdek, sitoplazma ve intin kısımları yok olsa dahi, polenin dış iskeleti korunacaktır.



Görsel 4-2: Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak görüntülenmiş fosil polen taneleri, sporlar ve Hell Creek formasyonundaki alg kistlerinin bir kolajı. Sağ alt köşede 20 µm'lik bir ölçek çubuğu yer almaktadır. (Antoine Bercovici'nin izniyle yayınlanmıştır. Tüm hakları saklıdır.)

Polen dış iskeleti bize birçok bilgi verir; çünkü polenlere bakarak bitkileri oldukça isabetli bir şekilde tespit etmemiz mümkündür. Örneğin polenin üzerinde tek bir por (açıklık) varsa bu, polenin buğdaygiller (Poaceae) ailesinden olduğu anlamına gelmektedir. Benzer şekilde, poleni çepeçevre saran büyük ve yekpare bir hava kesesinin varlığı, Gymnospermler'in (Kapalı Tohumlular) atalarından ve bugün yaşayan örnekleri bulunmayan, sadece fosil örnekleri ile tanınan Cordaitinae'lere işaret etmektedir. Dolayısıyla evrimsel araştırmalar için polenler çok şeyler anlatır. Hatta sırf bu çalışmalara odaklanan "Paleopalinoloji" isimli bir bilim dalı bile bulunmaktadır!

Polenler, canlılık tarihini anlamamız açısından çok önemlidir, çünkü örneğin sadece polenine bakarak tanımlayabileceğimiz, Karbonifer Dönem'de yaşamış bir *Lepidodendron* bitkisinin varlığı, bölge yakınlarında bataklık bulunması ve yağışlı bir ikliminin hâkimiyetine işaret etmektedir. Görülebileceği gibi tıpkı tek bir diş fosiline bakarak bir hayvanın türünü, boyutlarını, yaşam alanlarını, iklim şartlarını, diyetini anlamamız mümkünse; tek bir polene bakarak bu polenin geldiği türü, dönemin iklim ve ortam şartlarını ve daha nice ilginç bilgiyi edinmemiz mümkündür. Çeşitli polen yapıları Görsel 2'de bir arada gösterilmektedir.

EKOLOJİK ADAPTASYONLARI İLE BİTKİLER

Bitkiler üzerinden evrimi anlamının bir diğer yolu ise, bitkilerin ortama uyum sağlamak için evrimleşen yapılarıdır. Bu bakış açısı daha çok doğal seçilim odaklı bir analizi temel almaktadır. Ortam şartlarına adapte olabilenlerin, bunu yapabilmelerini sağlayan özel yapılar geliştirmiş olanların hayatta kalıp nesillerini devam ettireceğinden önceki bölümlerde bahsetmiştik. Bildiğiniz gibi, bunu yapamayan diğerleri ise uyum sağlayamadıkları için yok olacaktır. Bu noktada bitkilerin evrimi ve adaptasyonu gibi konuları anlayabilmek adına ve konuyu daha da derinlemesine ele alabilmek amacıyla bitki evriminde belirleyici rolü olan *stres fizyolojisi* konusuna kısaca da olsa girmekte fayda görüyorum.

Biyolojide *stres*, bir canlının optimum-altı (ideal olmayan) koşullarda deneyimlediği her türlü etkiyi kapsamaktadır.[15] Tahmin edebileceğiniz gibi bu etki genellikle olumsuzdur ve canlıların buna uyum sağlamaları gerekir. Çünkü her stres, aynı zamanda seçilim baskısını da beraberinde getirmektedir. Biz insanlardan örnek vermek gerekirse... Eğer vücudumuz ortalamada 25°C'lık bir yaşam ortamına alışık ise, 55°C'lik bir ortam, özellikle de klima gibi modern teknolojilere erişimin olmadığı vahşi doğa koşullarında bizim için bir stres etmenidir. Bu stres ölümcül olabileceği gibi, sadece rahatsız edici de olabilir. Buna bağlı olarak çeşitli şiddetlerde seçilim baskısı oluşur. Bu seçilim baskısı, türlerin seçilimine ve evrimine neden olur.

Strese karşı koyabilen canlılar belki güçlükler altında birazcık zorlanacaklardır ama genellikle normal şekilde hayatlarına devam ederler. Strese karşı koyamayan canlılarda ise pek çok önemli değişiklik meydana gelir. Örneğin stres altındaki canlılarda hücresel düzeyde değişimler yaşanmaktadır. Bunlar arasında DNA'da oluşabilen kırılmalar, hücre zar yapısının bozulması, proteinlerin bozulması ve kanserli dokuların oluşumu gibi örnekleri saymak mümkündür. Eğer organizma strese karşı koyamazsa stres kaynağının türüne, şiddetine ve maruz kalınan zamana göre değişik boyutlarda hasarlar alır. Sürenin ve şiddetin artması, canlıyı ölüme kadar götürebilir. Bu evrimsel süreç açısından kabul

15 Halk arasında kullanılan "stres", genellikle "psikolojik stres" kavramının kısaltılmış halidir. Stres psikolojik olabileceği gibi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik de olabilir.

edilemez olduğu için, strese bağlı ortaya çıkan seçilim baskısı, canlıların bu baskıya bir cevap vermek zorunda kalmasına neden olur. Canlıların evrimsel süreç içinde strese karşı geliştirdikleri cevapları 3 ana başlıkta toplayabiliriz:

- Kaçınma
- Tolerans
- Toparlanma

Organizmaların strese karşı verdiği "kaçınma" davranışı Hayvanlar Alemi için oldukça kolaydır: Çoğu zaman aktif hareket etme yetenekleri sayesinde ortamdan uzaklaşırlar, göç ederler, kaçarlar ve böylelikle stresten kaçınmış olurlar. Bir zamanlar İstanbul Boğazı'nda bolca bulunan foklar, artan gemi trafiği, deniz ve ses kirliliği gibi stres faktörleri nedeniyle bu bölgeden kaçmışlardır. İşte bu, kaçınma tipi tepkinin en harika (ve bir o kadar da üzücü) örneklerinden birisidir. Benzer şekilde, denizdeki pH seviyesinin gitgide düşmesi ile başka sular arayan balıklar da bu tepkiye/cevaba bir örnek olarak gösterilebilir.

Buna karşılık bitkiler, "sesil" olarak da bilinen "hareketsiz" doğaları gereği yaşam döngüleri boyunca büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkileyecek birçok stres faktörüne karşın aktif bir kaçınma hareketi gösteremezler. Bu yüzden bitkilerde çok daha karmaşık metabolik yolaklar ortaya çıkmış, buna bağlı olarak da süreç içinde bitkiler devasa birer kimya fabrikasına evrimleşmişlerdir. Örneğin bitkilerde "kaçınma" cevabı, topraktaki kirletici maddeleri almamak için köklerindeki porları kapatmak ile gerçekleşmektedir. Tabii bu nokta ilginçtir, zira bitkiler, topraktaki kimyasal döngüsünün en önemli parçalarından ve sürdürücülerinden birisidirler. Hayvanların bulundukları ortamdan memnun olmayıp kaçmaları, mevcut ortamı her zaman ciddi anlamda etkilemeyebilir; hatta kimi zaman diğer türler bunun farkına varmayabilir bile! Ancak bitkilerin kirli ortamlarda kök porlarını (deliklerini) kapatmaları, adeta bir "protesto" veya bir "boykot" gibidir – çünkü toprak döngüsü bundan olumsuz biçimde etkilenecektir. Dolayısıyla belki hayvanları bir miktar kızdırmayı tolere edebiliriz; ancak bitkilerin "kızdırılmasını" hiçbir şekilde kabul edemeyiz. Bana inanmıyorsanız, en son bu hataya düşen ak sakallı Saruman'a ne olduğunu araştırabilirsiniz.

Benzer şekilde, Mangrov ormanlarında yaşayan Rhizophora stylosa türünde şiddetli ışık stresinden kaçınmak amacıyla farklı bir mekanizma evrimleşmiştir. Işık şiddeti belirli bir eşik değerini geçince, bitkinin yaprakları yukarıya kalkar. Bu hareket, ışığın geldiği yüzey alanını daraltır. Aynı zamanda ışıktan kaçınmak için kloroplastlar hücre yüzeyinden kaçarak, çeperlere doğru hareket ederler. Işık ihtiyacı olduğunda ise bu davranışlar tam tersine döner. Dolayısıyla sanılanın aksine bitkiler "ölümüne ışık almak" derdinde olan canlılar değillerdir. Kendileri için yeterli ışık miktarını ayarlayacak biçimde özelleşmişlerdir. Bu da, çoğu insanın bitkilere dair sahip olduğu hatalı algılardan birisidir.

Strese karşı verilen ikinci tepki tipi olan "tolerans mekanizması" bitkilerde bir hayli ilginçtir. Bu mekanizmalara verilebilecek en güzel örneklerden biri-

si, bitkiler ile ağır metaller arasındaki ilişkidir. İnsanlar tarafından sürdürülen (antropojenik) faaliyetler ile doğaya salınımı artan çinko, kadmiyum, kurşun gibi ağır metaller ekotoksik nitelikte olup doğaya büyük zararlar vermektedirler. Özellikle bitkilerin en önemli metabolik yollarından biri olan fotosentez üzerine çok ciddi olumsuz etkileri vardır. Ancak bazı bitkilerde evrimsel süreç içinde bunu tolere etmenin bazı yolları bulunmuştur. Bu yöntemler sayesinde ağır metal etkisini tolere edebilen bitkilere "Hipertolerant (Aşırı Toleranslı) Bitkiler" adı verilmektedir.

Ağır metallere karşı savunma sağlayan mekanizmalardan birisi şöyle çalışmaktadır: Kökler ağır metali dışarıda tutmak için özel bir çaba göstermez. Yani kaçınmazlar. Kökten içeri giren ağır metaller, bir takım moleküller (amino asitler, organik asitler, metal bağlayan proteinler –*kelatör proteinler*-) ile daha büyük yapılı moleküller oluştururlar. Bu yapılara aynı zamanda "kompleks" de denmektedir. Bitki bu kompleks sayesinde kendine zararlı olabilecek etkileri yok eder. Yani bir nevi "detoks" yapmış olur, çünkü aldığı ağır metalden kendini bir nevi arındırabilmektedirler. Ya da ikinci bir seçenek olarak, bu ağır metalleri kofullarda daha az zararlı formlara çevirerek o şekilde de biriktirebilmektedirler. Bu işlemler, ağır metallerin toprak üstü kısımlara taşınımını büyük ölçüde azaltır ve böylelikle yaprak dokusunu özellikle de fotosentetik hücreleri ağır metallerin zararından korumuş olur. Bu mekanizmanın evrimleştiği bitkilere kuduzotu (*Alyssum montanum*) örnek verilebilir.

Yine de bitkilerde ağır metallere karşı evrimleşen tolerans mekanizması, kimi zaman bitkileri ağır metallerin olumsuz etkisinden korumanın çok ötesinde işler yapmaktadırlar. Bu şekilde daha da karmaşık mekanizmaların evrimleştiği bitkiler ağır metalleri doğrudan kök yardımı ile içine alır ve kasıtlı olarak daha üst organlarına taşırlar. Topraktan alınan ağır metallerin, bitkinin kendisine zarar vermesini önlemek için çok etkili bir antioksidan mekanizmaları vardır. Bu antioksidan mekanizmanın evrimleşmesi, bitkinin toprak üstü kısımlarında çok yoğun konsantrasyonlarda ağır metal birikimini mümkün kılar. Özellikle yapraklarda biriken ağır metal miktarı, diğer türlere kıyasla 100-1000 kat daha fazladır; ancak üretilen antioksidanlar sayesinde bu bitkilerde herhangi bir toksisite (zehirlenme) belirtisi görülmez.

Bu mekanizmanın arkasında son derece ilginç bir sebep yatmaktadır. Bu ağır metal birikimini açıklayan bilimsel yaklaşımlardan biri olan "Elementel Savunma Hipotezi" çerçevesinde, bitkinin toprak üstü organlarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirebilecek şekilde evrim geçirmesi, onun otçul canlılara karşı korunmasını sağlamaktadır. Yani bitkiler, topraktan aldıkları ağır metalleri avcılarına karşı savunma amaçlı kullanacak şekilde evrimleşmişlerdir! Yapılan araştırmalar da bu hipotezi destekler niteliktedir. Bu mekanizmanın en aktif görüldüğü bitki ailelerinden birisi turpgillerdir. Bu ailenin bir üyesi olan *Thlaspi caerulescens* bitkisi üzerinde yapılan bir deney sonucunda, çöl çekirgelerinin (*Schistocerca gregaria*) ve sümüklüböceklerin (*De-*

roceras caruanae) bu bitkinin sadece düşük konsantrasyonda çinko (Zn) içeren yapraklarını tükettiği, ancak yüksek konsantrasyonlardaki yapraklarını yemekten kaçındığı tespit edilmiştir. Daha caydırıcı bir etki ise selenyum (Se) içeren ortamda yetişen hint hardalı (*Brassica juncea*) bitkisinde görülmüştür. Yaprak bitlerinin (*Myzus persicae*) bitkinin kilogramı başına 10 miligramdan fazla selenyum içeren hardal yapraklarıyla beslenmeye zorlandığında öldükleri tespit edilmiştir. Tüm bunlar, bitkilerin bu ağır metalleri gerçekten de kendilerini otçullara karşı korumak amacıyla kullanabileceklerini göstermektedir.

Strese karşı verilen cevaplardan sonuncusu ise "toparlanma" olarak adlandırılan yöntemdir. Bu mekanizma, canlının stres koşulundan kaçması veya tolerans göstermesinden farklıdır. Bir nevi canlının "küllerinden yeniden doğması"dır. Aslına bakarsanız, şimdi vereceğim örnek için "küllerinden doğmak" deyimini gerçek anlamında kullanabilirim! Çünkü şimdi, yangınlardan söz etmenin zamanı! Yangın denilince akla korkunç manzaraların gelmesi doğaldır. Ancak aslında yangınlar, insan öncesi zamanlarda da doğada bolca gerçekleşen, hatta bir çeşit doğal müdahale tipi olan, bitkilerin de başa çıkmayı öğrendiği bir "felaket" tipidir. Dolayısıyla doğanın kendi işleyişi çerçevesinde yangınları incelediğimizde, bu olayların sanıldığı kadar da korkunç olmadığını göreceğiz. Zira ilk bakışta "felaket" gibi gözükebilecek daha birçok unsur, aslında doğanın kendi normal işleyişinin birer parçasıdır. Örneğin su baskınları, böcek istilaları, volkanik hareketler ve buzul fırtınaları bitkilerin (ve diğer canlıların) baş edebilecek şekilde evrimleştikleri diğer felaket tipleridir. Çünkü bu felaketler, canlılar üzerinde muazzam şiddette seçilim baskıları yaratmaktadır. Elbette ki bu gerçek, insan kaynaklı olan ve çok daha kontrolsüz, çok daha sık meydana gelen yangınlar ve özellikle de şehirleşme dolayısıyla ormanların yok edilmesini meşru göstermek için kullanılamaz, o ayrı...

Neredeyse her şeyin yaşam döngüsü olduğu gibi, elbette ormanların da bir yaşam döngüsü vardır. Ormanlara özgü bu *döngüde, tıpkı hayvanların döngüsünde yalın bir gerçeklik olan ölüm gibi, kimi zaman son derece yalın (ve bir o kadar da ürkütücü) bir gerçek olan yangınlar da bulunmaktadır. Örneğin Akdeniz ormanlarının çoğu, kendi yaşam döngüleri içinde yanmaya mahkûmdur! Yangın, Akdeniz ormanları için sıradan bir gerçekliktir ve aslına bakarsanız bu ormanlar normal döngüleri içinde ortalama 50 yılda bir yanarlar. Ancak tekrar ediyorum: Bu bahsettiğim, tamamen doğal bir müdahale türü olan yangınlardır. Yani bitkiler ve* cansız etmenlerin sebep olduğu yangınlardır; insan eliyle (ya da mangal ateşiyle) başlatılan yangınlar değildir. Genellikle insan etkisi bilimsel analizler çerçevesinde "doğal müdahaleler" kapsamında yer almaz.

Bitkiler ve yangın söz konusu olduğunda akla gelecek ilk ikili Ardıç ağacı (*Juniperus sp.*) ve yüksek sıcaklıktır. Ardıç ağacının kozalaklarında ve yapraklarında bolca bulunan eterik ve terpenik yağlar yanıcı özelliktedir. Bu yapılar kurak/sıcak ortamlarda kolayca tutuşurlar. Böylelikle yangının başlamasına neden olurlar. *"İyi de ormanlar kendilerini neden yaksınlar ki?"* diye sorabilirsiniz.

Aynı soru, şöyle de sorulabilirdi: *"Hayvanlar neden ölecek biçimde evrimleşsinler ki?" İlerleyen bölümlerde göreceğimiz gibi bu ikinci sorunun yanıtı, evrimin üreme çağından sonraki yaşananlara doğrudan etki etme gücünün olmayışıdır. Ancak daha önemli bir nedeni, ölümlerin alttan gelen nesillere bol miktarda alan ve kaynak açıyor olmasıdır. Yani ölümler üzücü olsa da, doğal yaşantının devamlılığı için son derece faydalı bir olgudur. Büyük resmi görecek olursanız, ölümler olmasaydı gezegenimizin kısa sürede yaşanmaz bir hale geleceğini görebilirsiniz. Ama kendi kendini yakan yangınlar gelecek nesillere yer açmak için midir?*

Büyük oranda evet! Yangın olayının yaşanması, birçok tür için "küllerinden doğmak" açısından avantajlıdır. Örneğin yangın ve buna bağlı olarak meydana gelen aşırı yüksek sıcaklıklar, bazı bitki tohumlarının uyanmasını ve çimlenmesini mümkün kılar. Genellikle yangın sonrasındaki ortamda ilk olarak Laden (*Cistus sp.*) bitkisi tohumları uyanır. Hatta bir bölgede yoğun bir laden popülasyonu görülüyorsa, daha önceden bu bölgenin bir çam ağacı yangını geçirmiş olması kuvvetle muhtemeldir. Yangın geçiren bölgeyi yaklaşık 2 hafta sonra ateş zambakları (*Lilium bulbiferum*) sarar. Yangın, bu bitkilerin de uyanıp çiçeklenmesini teşvik eder. Ve ardından zambaklar yaklaşık 10 yıl sürecek olan bir uykuya yatarlar, adeta onları yeniden uyandıracak olan yangınları beklercesine... Yangını bir avantaj olarak kullanan başka bir bitki ise çamlar (*Pinus sp.*)'dır. Çamların henüz açılmamış kozalakları yangın anında adeta bir "tohum mermisi" gibi davranır. İçlerinde çam tohumları taşıyan bu kapalı kozalaklar yangın etkisi ile ısınır ve iç basıncı artar. Daha sonra bir bölümün basınç ile parçalanması ile ivme kazanan bu kozalaklar, 100 metreyi aşan mesafelere kadar ulaşabilir. Bu şekilde çam ağacı, yangın etmeni sayesinde uzak mesafelere yayılabilir. Yani yangınlar, bitkilerin daha uzaklara yayılabilmeleri için harika birer yöntemdir!

Yangın etmeninin doğayı nasıl yeniden biçimlendirdiğini şimdi daha iyi tasavvur edebildiğimize göre, artık yangına karşı geliştirilen "toparlanma" mekanizmasını daha yakından ele alalım. Örneğimizi yine Akdeniz bölgesi üzerinden vereceğim. Bu bölgede bulunan bitkilerdeki toparlanma mekanizmasının gelişkinliği dünyada eşsizdir. Çünkü bu ormanlar sürekli bir yangın müdahalesi altındadır. Bunun sebeplerinden birisi, bölgenin kendi iklimsel özelliklerinin sebep olduğu ve sık sık meydana gelen yangınlardır. Başka bir sebep olarak da sayısız medeniyete ev sahipliği yaptığı için, fazlaca maruz kaldığı insan etkisi sayılabilir. Ancak Akdeniz ikliminin görüldüğü yerlerdeki flora (bitki örtüsü) bu yangın stresine karşı evrimleşmiş bitkiler ile doludur.

Bu bitkilerden birisi hepimizin çok yakından tanıdığı zeytin ağacıdır (*Olea europaea*). Bu bitki küllerinden yeniden doğarak "toparlanma" mekanizmasının belki de en ilgi çekici örneğini sergilemektedir. Zeytin ağacı, önce kalın kabuğu sayesinde yangına karşı koymaya çalışır. Ancak kabuk kalınlığının işe yaramayacağı durumlarda onu kurtaracak ek bir mekanizması daha vardır: Zeytin ağacı, ilk bakışta yangına teslim olmuş gibi görünür. Çünkü ağaç epey

bir yanar ve adeta kül olur. Toprak üstü organlarının hemen hemen hepsi ölür. Son derece özel olan bir yapısı hariç: "Lignotüber". Bu yapı, ağaç gövdesinin en alt kısmındaki şişlik olarak göze çarpar. Neredeyse yanması imkânsız olan bu bölge, yoğun miktarda nişasta depo eder ve yeni sürgünleri verecek olan sürgün gözlerini içerir. Nişastanın bulunması çok kritiktir; çünkü bu sürgün gözlerinden yeni dallar ve yapraklar oluşup yeniden fotosentez ile besin üretimi sağlanana kadar, depo nişastası besin olarak kullanılır. Yangın ile üst gövdesi ölen bir zeytin ağacı, bir sonraki dönemde akıl almaz bir hız ile lignotüberlerin sürgün gözlerinden çıkan 3-4 yeni gövde ile bizleri selamlar.

"Küllerinden yeniden doğmak" derken ne kastettiğimi şimdi anlıyor musunuz?

Ancak bu kısmı bir uyarı ile bitireyim: Bu tür yangınların Akdeniz iklimli bölgeler için 50 yılda bir tekrar etmesi doğal döngü çerçevesinde herhangi bir sorun teşkil etmez. Ancak günümüzde insanlar tarafınca ortalamada 5-7 yılda bir (kimi zaman bundan çok daha sık bir şekilde) yakılan Akdeniz'deki ormanlarımızın bu stresi daha ne kadar kaldırabileceği bilinmemektedir. Dolayısıyla yangınlara karşı uzun vadeli mücadele çok büyük öneme sahiptir.

BÖCEK YİYEN BİTKİLER (KARNİVOR BİTKİLER)

Bitkilerin pratikte hayvanlar gibi aktif hareket etmedikleri çoğu zaman doğru kabul edilebilir. Çünkü böyle bir adaptasyona genel olarak gereksinimleri yoktur. Bu noktaya kadar anlamış olabileceğiniz gibi, bitkileri "üstün" kılan sabit haldeki müthiş başarılarıdır. Bu başarının arkasında yatan en büyük sebep ise bitkilerin ototrof olmasıdır. Yani kendi besinlerini kendilerinin üretebilme kapasitesinin oluşudur.

Yine de bitkilerin de "avlanması" gerekir. Bu avlanma, bir şeylerin peşinden koşup, onları yakalayıp yemeyi içermez. Bunun yerine bitkilerin avlaması gereken şeyler arasında Azot (N), Potasyum (K) ve Fosfor (P) gibi elementler bulunmaktadır. Yani bitkilerin bir şekilde bu kimyasallara erişmesi gerekmektedir. Bitkilerin avlaması gereken bir diğer unsur ise güneş ışığıdır. Bu iki avları da genellikle halihazırda toprakta ve gökyüzünde bulunmaktadır; dolayısıyla hiçbir bitkinin bir çitanın (ve hatta bir tembelhayvanın) hızına ulaşabilecek adaptasyonlara sahip olması beklenmez. Işığa doğru yapılacak olan pasif yönelim hareketleri (buna "fototropizma" denmektedir), su ve mineralleri bulmak ya da zararlı kimyasallardan kaçmak için kökün sahip olduğu hareketler bitki için fazlasıyla yeterlidir. Özetle bitkilerin avları hızlı olmadığı için, bunu gerektirecek bir seçilim baskısı da üzerlerine hiçbir zaman etki etmemiştir.

Peki ya durum birazcık değişirse? Ya bitkilerin avları hareketlenmeye başlarsa ne olur? Ya da avlamaları gereken şeyler eskisi kadar kolay bulunamaz hale

gelirse? Daha fenası, ya bitkilerin ihtiyaç duyduğu bazı şeyler "yer değiştirme" gibi bitkiler için pratik olarak imkânsız bir zorluğu beraberinde getirirse! Eğer ki kitabın bu noktasına kadar evrimin gücünü sizlere yeterince gösteremediysek, son sayfaya kadar okumanızı önemle tavsiye ederim. Zira kitap boyunca değineceğimiz örneklerin birçoğu öylesine nefes kesicidir ki, kimi zaman evrimin gücüne hayran kalmamak mümkün değildir! İşte paragrafın başında sorduğum sorulara vereceğim cevaplar da bana kalırsa böyledir.

Aslında cevabını sizlerin de bildiği gibi eğer ki bitkilerin "avları" veya bu avlara "erişimleri" değişecek olursa, bitkiler üzerinde de avlarını yakalamak üzere bir seçilim baskısı oluşur. Zira evrim, *"Hmm bu hayvan, şu bitki, seçilim baskılarını ona göre belirleyeyim"* gibi bir düşünce, zekâ veya algıya sahip değildir. Seçilimin odağındaki canlılar bitki de olsa, bakteri de olsa, hayvan da olsa sonuç aynıdır: Avlanman gerekiyorsa, avlanırsın. Bu kadar basit. İşte adlarını duymuş herkesin ilgisini çeken bir bitki grubu olan "böcek yiyen bitkiler" (ya da "etçil bitkiler"), bu seçilim baskısının ürünü olan canlılardır. Şimdi durumu birazcık daha detaylandıralım.

Böcekçil bitkilerin böcekçil olmayan ataları, bulundukları ortamda muhtemelen bazı elementlerin eksikliğini çekmişlerdir. Bunlardan en bilineni azot eksikliğidir. Liselerde öğrenmiş olabileceğiniz ve önceki bölümlerde de değindiğimiz azot döngüsünden de hatırlayabileceğiniz gibi bitkiler azot içeren her bileşiği kullanamazlar. Bitkilerin kullanabildikleri formlar nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) formlarıdır ve bu formlar bazı bakteriler tarafından atmosferden alınarak toprağa sabitlenirler. Eğer bir şekilde toprakta bu bileşikler bulunmaz ya da bitkinin topraktan bu bileşikleri almak için gerekli enzimleri bulunmaz ise, bitkide bu kimyasalların yokluğundan kaynaklı eksiklik semptomları görülür. Özellikle de azot elementi, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için en çok ihtiyaç duydukları elementlerin başında gelir. Dolayısıyla azota erişememek göz yumulabilecek bir durum değildir. Buna bağlı olarak evrimsel süreç içinde bitkiler çeşitli mekanizmalar ile azotu elde etmenin yollarını bulmuştur. Bu yollardan en ilginç olanı, böceklerin kitin yapılı dış iskeletlerindeki azotu kullanmaktır. Tabii böceklerin zırhlarına erişebilmek için, böceklere ulaşmak gerekmektedir. Dolayısıyla bitkilerin bu böceklerin "yemeleri" gerekmektedir! Gerçekten de evrimsel süreçte böcek yiyebilecek şekilde özelleşmiş olan bitkiler, bu böcek ve kitin avını aktif olarak ya da pasif olarak yapabilirler!

Pasif avlanan bitkilere suibriklerini (*Nephenthes*) örnek verebiliriz. Suibrikleri, yaprak metamorfozu (başkalaşımı) geçirerek yaprağın orta damarından adeta yeni bir organ oluşturmuşlardır. Bu özelleşen organ, böcekleri yakalamak üzere evrimleşen tuzaktır. Tuzak, yaprağın ucundan çıkan bir sürahiye benzer. Bu sürahiye benzeyen tuzağın içinde bitkinin kendi ürettiği su benzeri ya da kimi zaman şurup benzeri bir sıvı bulunur. Bu sıvı, avının boğulmasını, kaçamamasını, uçamamasını ve sindirilmesini sağlayan viskoelastik biyopolimerle-

ri içerir. Aynı zamanda sürahi benzeri tuzak organının içi mumsu bir yapıdan oluştuğu için, kaçış neredeyse imkânsızdır. Avların sindirilmesiyle elde edilen besinler, tuzağın tabanında bulunan bezler tarafından emilir.

Aktif avlanan bitkilere, güneş güllerini (*Drosera*) ve Venüs kapanlarını (*Dionea*) örnek verebilirim. Güneş güllerini böcekkapan niteliğe sokan yapıların başında, yine yaprak metamorfozu (başkalaşımı) gelir. Bitki yaprağının üzerinde, sanki her biri birer iğne ile yaprağa tutturulmuş çiy taneleri gibi görünen yüzlerce özelleşmiş yapı vardır. Bu çiy damlalarına benzeyen yapıların bir kısmı böcekleri üzerine çeken tatlı bezlerdir. Bir diğer yapı ise bitkinin kaçmasını engelleyen zamklı (müsilajlı) bezlerdir. Böcek, bu çiy damlalarına konduğu zaman yapışır kalır. Yaprak böceğin üzerine katlanıp onu boğar. Bu sırada esteraz, peroksidaz, fosfataz ve proteaz enzimlerini de salgılayarak böceği sindirir ve gerekli besinleri almış olur. Bu olaylar böceğin boyutuna bağlı olarak 15 dakika kadar kısa bir zamanda gerçekleşebilir!

Bir başka böcekkapan bitki ise daha popüler olan ve avını saniyeler içinde yakalayan Venüs sinekkapanlarıdır (*Dionea*). Venüs bitkisinin yaşadığı bölgelerdeki toprak, çok uzun jeolojik dönemler boyunca azot, vitamin ve mineraller konusunda yetersiz olacak şekilde gelişmiştir. Bu da, bu bölgelerde yaşayan bitkilerin azot, vitamin ve mineral alımı için çok farklı evrim süreçlerinden geçmelerine sebep olmuştur.[16] Bu sadece Venüs bitkisini değil, bu tür topraklarda yaşayan canlıların hepsini, özellikle de birçok bitkiyi etkilemiştir. Ancak bu bölgelerde yetişen ve evrimleşen bitkilerin hepsi, Venüs bitkisinde olduğu gibi hayvan avlamazlar. Örneğin bazı türler alınan az miktarda azotu çok verimli şekilde kullanabilme konusunda özelleşmişlerdir. Bazıları değişik biyokimyasal tepkimeler sayesinde eksiğini karşılamaya çalışır. Kimisi de, Venüs bitkisi gibi böcekleri avlar!

Bu noktada devam etmeden, evrimin gerçekliğine yönelik güzel bir düşünsel kanıt sunmama izin verin: Azotun bahsettiğimiz gibi kıt bulunduğu bölgeler, dünya jeolojisi genelinde oldukça dardır; öyle her yerde bulunmazlar. Dolayısıyla canlılar evrimsel süreç ile kademeli bir şekilde değil de, ayrı ayrı yaratılmış olsalardı, çok da geniş bir çeşitliliğe gerek duyulmazdı. Sadece tek tip azot edinim mekanizması, bölgedeki tüm canlılara yeterdi. Ancak bu kadar dar alanda bile, evrimin hem kısmen rastlantısal doğasından ötürü, hem de sürecin farklı türlerde tamamen farklı işleyebilmesinden ötürü, birden fazla bitki türü, böcek sindirmenin çeşitli yollarını keşfetmişlerdir. Aynı bölgelerde yaşayan bitkilerin bu hayvanları avlama konusundaki stratejileri arasında köklü farklılıklar vardır. Bu da, bu canlıların özel ve ani bir yaratımın değil, bulundukları ortama adapte olma sürecinden geçerek var olduklarını göstermektedir.

Venüs bitkisinin temel çalışma prensibi şudur: Yaprakların üzerinde, hemen her yaprakta olduğu gibi tüysü yapılar bulunur. Bu yapılar, bitkinin hüc-

16 Görüleceği üzere burada jeoloji, ekoloji, botanik ve evrimsel biyoloji dalları bir araya gelerek ortak bir konuyu açıklamamızı sağlamaktadırlar. Bu, kitabın ana fikrine verilebilecek en nefes kesici örneklerden birisidir!

relerini uyarmak üzere özelleşmiştir. Bir böcek, bu tüylere dokunarak uyarırsa, tüylerin hareketi elastiklik, turgor basıncı ve büyümede ani değişimlere sebep olur ve bunun sonucunda bilimsel adıyla hızlı bitki hareketi (İng: "Rapid Plant Movement") olayının gerçekleşmesine sebep olurlar. Bu olay, doğadaki 500 civarında bitki türünde görülmektedir. Farklı farklı amaçlara hizmet edebilir; örneğin komik bir isme sahip olup "Eşek hıyarı" olarak da bilinen *Ecballium agreste* isimli bir türdeki tek görevi tohumların hızlı salınmasını sağlamaktır. Bu konu, bilim insanlarının uzun süredir ilgisini çekmektedir. Öyle ki, Charles Robert Darwin'in ölmeden önce yazdığı son makale, *Bitkilerde Hareketin Gücü* (*The Power of Movement in Plants*) isimli çalışmasıdır.

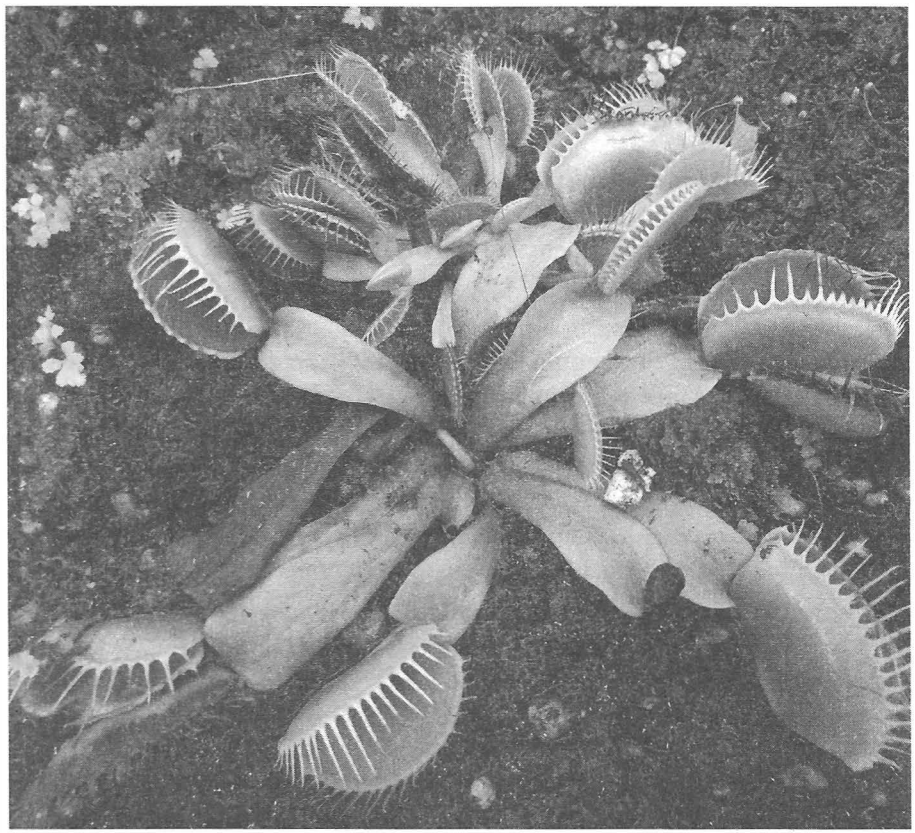
Venüs bitkisi, bir yağmur damlasının ya da rüzgâr sebebiyle uçuşan alakasız bir cismin etkisini ayırt edebilecek şekilde de özelleşmiştir. Kılların farklı noktalarının, düzenli olarak uyarılması gerekir. Kılların uyarımı belli bir eşiği aştığı anda mekanizma tetiklenir ve yaprak dokusu hızla gerilerek karşılıklı olarak kapanır. Bu süre 100 milisaniye civarında olabilmektedir; ancak kapanma hızı nem, ışık, böceğin büyüklüğü, genel büyüme durumu gibi pek çok faktörle belirlenmektedir. Kapan, genellikle 12 saat boyunca kapalı kalır. Bu süre zarfında yapraklardan bazı sindirim asitleri salgılanır ve böcek sindirilir. Tek amaç ise böceğin yapısındaki azotun ve vitamin ile minerallerin alınabilmesidir.

Mekanizmaya biraz daha ayrıntılı bakacak olursak: Tüysü yapılar uyarılmadan önce, kapan açıkken özelleşmiş yaprak lobları içbükey bir şekilde durur. Ancak uyarıyla birlikte hızla dışbükey bir şekil alarak, kapan içinde boşluk yaratırlar. İşte tüylerin uyarılmasıyla meydana gelen bu ani durum değişimi, kapanın hızla kapanmasına sebep olan temel etkendir. Tüysü yapılar uyarıldığında, tıpkı hayvan sinirlerinde ve hayvanlardaki sinir-kas bağlantılarında olduğu gibi çoğunlukla Kalsiyum temelli bir aksiyon potansiyeli[17] ateşlenir ve hızla yaprak içindeki hücrelerde yayılır. Bu potansiyel, tıpkı bizlerin sinir hücrelerindeki iletimin sağlanmasında olduğu gibi görev yapar ve hızlı kimyasal değişimlerle sıçrayarak hücreden hücreye geçer ve her bir hücreyi uyarır. Bu potansiyel saniyenin 1000'de biri kadar bir sürede yayılırken, kapanın iç yüzeyindeki hücreler, hücre duvarından hızla Hidrojen iyonlarının salınmasını sağlarlar. Bu, ortamdaki pH'ın azalmasına sebep olur. Bu sebeple ozmos olayı meydana gelir ve yapraklar şişerek kapan kendi üzerine kapanır.

Kapan kapandıktan sonra bazı kuinonlar ve diyaforazlar salgılanarak hidrojen peroksit ve süperoksit gibi kimyasallar üretilir. Bunlar, böceğin hücre zarını parçalar. Bu sırada pek çok protein böceğin üzerine salgılanarak hücrele-

17 Genellikle hayvan sinir hücrelerinde, sinyalin sinirler boyunca iletimini sağlayan kimyasal dalgalanmaya verilen isimdir. Ancak sinirlere sahip olmayan hayvan-dışı canlılarda da bu iletimin benzerlerine rastlanmaktadır. Bu durum, sinir sistemi olmayan canlılarda hayvan-benzeri duyuların oluşup oluşmadığına dair soru işaretlerini doğurmaktadır. Ancak bu uzun bir tartışma konusudur ve yeri burası değildir.

rin yıkımına başlanır ve böcek kısa sürede ölür. Daha sonra azo ozmos yoluyla hücrelere alınır. Bu süreç, toplamda 10 gün kadar sürer. Ancak bu sırada kapan açılıp yeni bir ava çoktan hazırdır (12 saat kadar sonra). Üstelik kapan asla tamamen kapanmaz. Böylece, gereksiz yere kapanı tetikleyen, küçük ve besince az böcekler kaçabilecek ve bitkinin gereksiz yere sindirmekle uğraşmasına engel olacaktır. Bu da, Venüs bitkisi için çok önemli bir adaptasyondur.



Görsel 4-3: Venüs bitkisinin dikenli kapanı, avı olan bir böcek içine girdiği zaman aktive olur ve aniden kapanır. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Peki bu bitkinin evrimi hakkında ne biliyoruz? Açıkçası, uzun bir süre boyunca bir sır olarak kalan bu konu, geçtiğimiz senelerde gelişen teknoloji ve artan araştırmalarla hızla çözülmeye başlanmıştır. İlk olarak, tetikleyicinin ortamdaki azotun eksikliği olduğunu biliyoruz. Dolayısıyla bitkiler adaptasyon geçirmek zorunda kaldılar. Bu, birden sinekkapanın oluşması şeklinde olmadı elbette. Her ne kadar evrim karşıtları Venüs Kapanı'nın evrimle açıklanamayacağını, "İndirgenemez Karmaşıklık" dedikleri, basit parçaların bir araya gelmesi sonucu karmaşık özelliklerin oluşamayacağını, çünkü bir bütünün par-

çalarından herhangi birini devreden çıkaracak olursak sistemin çalışmayı sürdüremeyeceği argümanını ileri sürdülerse de, söylemeye gerek yok, tabii ki yine, yanılmışlardır. Zira Venüs bitkisinin avlanma mekanizması evrimin kademeli etkisi ile kolaylıkla açıklanabilmektedir.

Yapılan araştırmalar, yaprakların bu şekilde özelleşmeden önce, sadece kimyasal süreçler açısından evrim geçirildiğini ortaya koymaktadır. Üstelik bu tip etçil bitkilerin, birbirinden bağımsız olarak 6 defa evrimleştikleri düşünülmektedir. Yani evrim, az önce de sözünü ettiğim gibi, bir şekilde yolunu bulup bitkilerin azot ihtiyacını karşılayacak şekilde değişmelerini sağlamıştır. Örneğin daha önceden bahsettiğim *Nepenthes distillatoria* türünde de bu mekanizma, Venüs bitkisinden bağımsız olarak evrimleşmiştir; ancak büyük oranda aynı şekilde çalışır.

Venüs bitkisinin en yakın akrabası, *Aldrovanda vesiculosa* (su tekeri) isimli bir türdür. Tıpkı sinekkapan gibi bu tür de aktif olarak böcekleri avlar ve benzer bir kapan mekanizması kullanır. Su tekerinin farkı, iki yaprağın üst üste kapanması yerine, birçok yaprağın bir anda av üzerine kapanmasıdır.

University of Wisconsin'den Don Woller, Thomas Gibson ve ekip arkadaşları, Venüs bitkisi ve su tekerinin evrimsel geçmişini ortaya çıkarmış olan ve *New Phytologist* dergisinde yayınlamış olan ekiptir. Doğada yaptıkları ayrıntılı araştırmalar sonucunda, yapışkan yapraklı bitkiler ile kapanlı bitkiler arasında bir ilişki olabileceğini düşünmüşlerdir. Yapışkan yapraklı bitkilerin çoğu *Drosera* cinsine aittir ve hızlı bitki hareketine rastlanmaz. Sadece yapraklar yapışkan bir kimyasalla kaplıdır ve böceklerin yapışarak hareketsiz hale gelmelerini sağlamaktadır.

Ekibin yaptığı DNA araştırması, tahminlerini doğrular şekilde sonuç vermiştir: Venüs Bitkisi ile su tekeri yakın kuzendir ve bu ikilinin en yakın akrabası *Drosera regia* isimli yapışkan yapraklı bir türdür. Daha sonra yaptıkları araştırmalarla, sinekkapanların şu basamaklardan geçerek evrimleşmiş olduklarını ortaya koymuşlardır:

1. Yapışkan yapraklara sahip bir ata tür bulunmaktadır.
2. Bu ata türün yaprakları, göreceli olarak hızlı hareket edebilmeye ve böylece daha kolay böcek yakalayabilmeye başlamıştır.
3. Bitkide, böceğin bulunduğu konuma göre hareket edebilecek kimyasal taksi özelliğini evrimleşmiştir. Buna benzer taksi işlemleri, pek çok bitkide bulunur (bkz: fototaksi, kemotaksi, vs.).
4. Bitki, hareket eden her şeyi yakalamayacak şekilde özelleşmiştir. Çünkü alakasız cisimleri avlayan bitkiler, gerekli kimyasalları alamayıp, gereksiz yere bolca salgı harcayarak *ölecektir. Bu, harekete duyarlılığın gelişmesiyle sağlanmıştır.*
5. Bitkinin üzerinde bulunan tüysü yapılar, böceğin konumunu ve hareketini tespit edecek şekilde özelleşmiştir. Her zaman bu konuda daha başarılı olanlar hayatta kalacaktır.

6. Hareketi daha da kısıtlamak için taksi hareketi bitkinin bir sarmal yapacak şekilde özelleşmesini sağlamıştır. Bu sayede, böcek tespit edildiği anda bitki etrafına sarılmaya başlayacak ve böceği etkisiz hale getirecektir.
7. Yapraklar, gittikçe açılıp-kapanacak şekilde özelleşmiştir. Böylece bitki, sarılma davranışını göstermeyecek, doğrudan kapanacaktır. Bu daha az enerji ve daha çok konsantre güç demektir.
8. Yapraklar genişleyip etsi bir yapıya evrimleşerek daha geniş bir alanın kapsanmasına sebep olmuştur. Böylece hareket tespit edildiği anda bitki kapanabilecek ve böceğin kaçması olanaksız hale gelecektir.
9. Yaprakların uçlarında özel çıkıntılar oluşmaya başlamıştır. Böylece böceklerin kapan içinden çıkması zorlaştırılacaktır.

Bu şekilde bir harita vermek mümkündür. Elbette aralara daha pek çok küçük basamak eklenebilir; ancak bu kadarı bile, nasıl bir kademeli evrimden geçilebileceğini göstermektedir. Görüldüğü gibi, her bir basamak, bir öncekine göre üstünlük sağlamaktadır ve her bir adım, her ne kadar yüz binlerce yılda ediniliyor olsa da, göreceli olarak küçük adımlardır. Tüm bunların arkasındaki itici güç, azot ihtiyacı ve hareketsiz ama yapışkan yapraklara göre hareketli yaprakların çok daha avantajlı olmasıdır. Her bir basamakta yeni evrimleşen türler, önceki basamakta evrimleşmiş türlere nazaran azota erişim bakımından daha verimlidirler. Hareketli bir yaprak, avını neredeyse hiç kaçırmayacaktır; ancak hareketsiz, sadece güçlü yapışkanlar salgılayan bir yaprağın garantisi yoktur. Tabii günümüzde bulunan bu türler de, kendilerine yetecek türde adaptasyon ve dolayısıyla evrim geçirmişlerdir.

TOHUMLARIN UYKUYA DALMA DAVRANIŞININ EVRİMSEL NEDENLERİ VE GÜNÜMÜZDE KULLANIMI

Bitkilerden topladığımız her tohumu koparttığımız gibi ektiğimizde çimlenmediğini görürüz. Bu çimlenmeme durumu ile karşılaştığımızda aklımıza tohum için uygun şartları sağlayamadığımız ya da tohumun ölü olduğu düşüncesi belirir. Ancak bu mekanizma, sandığımızın aksine, bitkilerde kendi nesillerini güvenceye almak üzere evrimleşen bir mekanizmadır.

Tohumların bu uyku davranışına *tohum uyuşukluğu (dormanisi)* denir. Bu uyuşukluk nedenlerinden birisi, bitki tohumlarının uygun mevsimde yeniden uyanması üzerine se*çilmiştir. Mesela birçok ağaç (a*lıç, meşe, kestane, sedir, göknar gibi) ve çoğu soğanlı bitki (nergis veya l*âle* gibi) uyanmak için soğuk şokuna gereksinim duyarlar (bunu, uykudan yeni uyandıktan sonra açılmak *için sabahları yüzünüzü yıkamanız gerekmesine benzetebilirsiniz). Bu bitkilerin soğuğu algılaması ile bir dizi kimyasal reaksiyon gerçekleşir ve sonunda bitki "uyanmaya" başlar.*

Ve bu sayede bitki tarafından üretilen tohumların da kış mevsiminden önce çimlenmesi önlenir. Eğer bu mekanizma evrimleşmeseydi, tohumlar kış öncesi aylarda (mesela eylül ayı gibi hemen arkasından kışın geleceği aylarda) çimlenip, çetin kış mevsimi ile henüz 3 aylık iken tanışırlardı ve büyük ihtimalle ölürlerdi.

Günümüz tarımında soğuk "katlama yöntemi" olarak da bilinen bu yaygın metodu doğru olarak uygulayabiliyorsak bunu evrimsel biyologların ve fizyologların katkılarına borçluyuz. Bu metodun esası tohumlara kış koşullarını taklit edip, onları uyandırmaktır.

Tohum uyuşukluğu, yalnızca soğuk şoku (stratifikasyon) ile atlatılabilen bir durum değildir. Bitki tohumları toprağa düşer düşmez çimlenmesin, böylece toprağın altında uzun yıllar korunsun diye özelleşen birçok mekanizma vardır. Bunlardan en dikkat çeken bazı örnekleri vermek istiyorum:

Bazı tohumların uyanması, tohumların yenmesine ve ardından da dışkılanmasına bağlıdır. Yoksa uyanamazlar! Ardıç ağacı (*Juniperus*) ve Ardıç kuşu buna en bilindik örneklerindendir. Ağaç tohumlarını döker, ardıç kuşu gelir ve tohumları yer. Tohumlar, kuşların midelerinde önce asidik olarak, daha sonra ise taşlık bölümünde mekanik olarak aşınırlar. Ardından bu sindirilen tohumlar dışkılanır. Artık tohum kimyasallar tarafından aktifleşmiş ve tohumun kabuğu ise mekanik sindirim yüzünden incelmiştir. Böylece artık kolayca çimlenebilir! Tahmin edebileceğiniz gibi bu tip bir karşılıklı evrimin amacı, bitkilerin kuşlar sayesinde daha uzak mesafelere yayılmasıdır. Buna karşılık kuşlar da bitkilerle beslenerek kendilerine besin bulmuş olurlar.

Yine tarımda, bu tür tohumların uyanması için doğada olanı taklit etmeye yönelik *çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Tohum örtüsünün zımparalanması, çizilmesi (skarifikasyon) ve sonra da farklı asitler ile muamele edilmesi ile kuşun sindirim sistemi taklit edilir. Çoğu insan neden bu işlemleri yaptığını bilmeden uygular. Ancak bunun altında, ardıç kuşu ve ardıç ağacının birlikte evrimi yatar.*

BİTKİLERİN OTÇUL CANLILARDAN KORUNMA MEKANİZMALARI

Bitkilerin en büyük düşmanlarından birisi, tahmin edebileceğiniz gibi otçul canlılardır. Her ne kadar dışarıdan öyle gözükmese de, bitkilerde bu avcılarıyla mücadele etmek için birçok farklı mekanizmalar evrimleşmiştir. Bu mekanizmalar bazen dikenler ve zehirli yaprak tüyleri kadar basit adaptasyonlardır. Kimi zamanlarda ise yapraklarını yiyen bir böceğin istilasına karşı, bu böceği yiyen ikincil bir böceği çekecek kimyasalların salınması kadar karmaşık davranışlara rastlanabilmektedir. Yani anlayacağınız, bitkiler hiç de "uysal" canlılar değillerdir. Hak ettiklerini almak için ellerinden geleni artlarına koymazlar. Bazı bitkiler bu otçulların istilalarına karşı daha dinamik cevaplar bile verebilmektedir. Örneğin *Bursera* bitkisinin bir türü, yaprak damarlarında yapışkan ve toksik özellikte bir sıvı içerir. Yaprağın bir

böcek (*Blepharida* gibi) tarafından ısırılması ile birlikte, basınçlı bu sıvı böceğe doğru fışkırır. Bu sıvı, böceklerin bazen felç olmasına, bazense doğrudan ölümüne neden olur!

Çoğumuzun evlerinde bulunan, büyük ve yeşil yapraklarla salonlarımızı süsleyen *Dieffenbachia* bitkisinde otçul canlılara karşı evrimleşmiş çok özel bir mekanizma mevcuttur. Bu bitkinin yaprak hücrelerinde "idioblast" adı verilen yapılarında kalsiyum oksalat kristalleri (CaC_2O_4) ve bazı parçalayıcı enzimleri bulundururlar. Bu yapıların otçul canlılarca ısırılması ile bu kristaller ağza saplanıp buradaki dokuları acı verici bir şekilde yakar. Adeta cam elyafı yemişçesine otçul hayvanın ağzı ve dili şişer; hatta canlı bir süreliğine felç olur! Bu yüzden bu bitkiye "dilsizotu" da denmektedir. Bitkinin içerdiği bu karışım, sürüngenlerde bulunan zehir tiplerinin bir benzeridir (analog yapılar[18]).

Bazı bitkiler ise gerçekten acımasızdır! Birçok hayvandan bile acımasız! Örneğin, dokunduğunuzda acı içinde kusmanıza neden olan ısırgangillerden (Urticaceae) *Dendrocnide moroides* türünü hiç duymuş muydunuz?

Avustralya'da bulunan bu canlı, bölgenin yerli halkı tarafından "cimpi cimpi" olarak anılır. Bitkiye en ufak bir dokunma bile, çok şiddetli bir acıyı ve kusma isteğini tetikleyebilmektedir. Daha ilk dokunuşta bitkiden vücuda geçen nörotoksik kimyasallar, dokunulan bölgede ateş içinde kalarak yanmayla kıyaslanabilir düzeyde acı vermektedir. Sadece birkaç dakika içinde koltuk altları, boğaz ve kasıklarda bulunan lenf nodları kabarmaya ve şişmeye başlamaktadır. Bitkiye sadece dokunmak değil, yakınında bulunmak bile tehdit unsurudur! Çünkü bitki sürekli olarak üzerindeki kılsı uzantılarını dökmektedir. Eğer ki bitkiye yeterince yakın mesafedeyseniz, bu kıllar vücudunuza ulaştığında tıpkı ona dokunmuşçasına bir etkiye neden olabilmektedir. Bitkinin savunma mekanizması o kadar güçlüdür ki, yıllardır ölü olan bir bitkiye dokunmanın bile aynı etkilere neden olabileceği belirtilmektedir!

BİTKİLERİN GELİŞTİRDİĞİ BİTKİ ZEHİRLERİ VE GÜNÜMÜZDE KULLANIMLARI

Genel olarak bitkilerin bulunduğu ortamda sabit bir şekilde yaşadığını biliriz. Dolayısıyla diğer pek çok canlının yaptığı gibi besin bulmak için farklı topraklara hareket edemezler. Bu özelliklerinden dolayı bitkiler diğer bitkiler ile besin, ışık, su gibi pek çok faktör için rekabet halindedir. Bu bitki-bitki re-

18 Evrimsel süreçte yapıları birbirine kıyaslarken genel olarak iki kategoride inceleriz: homolog yapılar ve analog yapılar. Homolog yapılar, ortak bir atada evrimleşen ve iki (veya daha fazla) torun türe bu ortak atadan aktarılan özelliklerdir. Örneğin neredeyse tüm karasal dört üyelilerin 5 parmaklı yapıdaki uzuvları homolog yapılardır; çünkü beş parmaklılık, denizlerden karalara çıkan ortak atada evrimleşmiş ve tüm torun türlere aktarılmıştır. Ancak bir kuş ile bir yarasanın kanadı analog yapılardır; çünkü kuş ile yarasanın ortak atası uçabilen bir memeli değildir. Bu yapılar benzer işler yaptıkları için benzer şekillerde evrimleşmişlerdir; ancak ortak atalardan gelmezler.

kabetine "allelopati" adı verilir. Bu rekabete özel olarak evrimleşmiş bir takım mekanizmalar vardır.

Bunlardan en bilineni cevizdir (*Juglans*). Cevizin toksik olduğuna dair farkındalık Romalılar dönemine kadar takip edilebilir. O dönemdeki yazar ve filozof olan Plinius, ceviz ağaçlarının bütün bitkilerde zehir etkisi oluşturduğunu belirtmiştir. Daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalarda, bu olayda etkili olan özel kimyasal ve etki mekanizması belirlenmiştir. Ceviz ağacının tüm gövdesine yayılmış halde doğal olarak bulunan ve bu olaya neden olan maddesine "juglon" adı verilir. Bu maddenin, juglona duyarlı bitkilerde bir solunum inhibitörü olduğu deneysel olarak gösterilmiştir.

Juglon, ağacın kök, tomurcuk ve meyve kabuklarında özellikle fazla miktarda bulunur. Cevizin köklerinden yayılan juglon, çok az miktarda olsa dahi, *kök büyüme alanı* içindeki juglona duyarlı bitkilerde toksisite belirtileri gözlenebilir. Bu öylesine yaygın bir etkidir ki, birçok bitki cevize karşı duyarlı ya da toleranslı olup olmadığına göre sınıflandırılabilmektedir. Ceviz ağaçları yakınında yetiştirilen ve olumsuz etkilenen bitkilerde yapraklarda sararma ve solma gibi belirtiler ve hatta nihai olarak ölüm gözlenebilir. Ancak, juglonun kökteki birikimi ve yoğunluğu, çürüyen yaprak ve meyve kabuğuna göre daha azdır ve bu sebeple ağacın gölgelik alanlarında fazla miktarda mevcuttur.

Juglon, insanlar üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. Ceviz ağacının altına yatıp da sağlam bir uyku çekebileceğinizi düşünüyorsanız, yanılıyorsunuz. Uyandığınızda juglonun etkisiyle baş ağrısı sorununa maruz kalmanız çok olasıdır! Muhtemelen *"Ceviz ağacının gölgesinde uyunmaz" sözü de bu mekanizmanın ve kimyasalın evrimi sebebiyle söylenmiştir.*

Ama bu kimyasallara bazı bitkiler dirençlidir. Hatta bazı bitkiler cevizin bu etkisini kendi faydalarına olacak şekilde dönüştürmüşlerdir. Örneğin cevizin salgıladığı bu kimyasal bileşik kavun bitkisinin çimlenme ve fide gelişimini teşvik etmektedir. Bu örnekte olduğu gibi bazı allelopatik bitkiler ya da bu bitkilerden elde edilen doğal kimyasallar (juglon gibi), kültür bitkilerinin arasında gelişen yabancı otları kontrol etmek amacıyla kullanılabilmektedir. Sentetik kimyasal ilaçların yoğun ve bilinçsizce kullanılmasıyla birlikte gerek çevre, gerekse insan sağlığındaki olumsuz gelişmeler ve her geçen gün daha fazla sayıda yabancı ot türünün herbisitlere (yabancı ot ilacı) direnç geliştirmesi, bu ilaçların yerini ikame edebilecek daha doğal, daha çevre dostu kimyasalların arayışına hız vermiştir. Bu bağlamda, bitkilerin birbirleriyle savaşı sırasında evrimleşen bu doğal bileşiklerin (allelokimyasallar) yabancı otların mücadelesinde kullanımıyla ilgili stratejiler geliştirilmiştir. Çünkü doğal bileşikler, yarılanma ömürlerinin daha kısa olması nedeniyle çevre açısından sentetik/yapay zararlı öldürücülere (herbisitlere) göre daha güvenlidir.

EVRİMSEL MİRASI KULLANMAK: BİTKİLER SAYESİNDE DOĞAYI TEMİZLEYEBİLİRİZ!

Bölümün önceki sayfalarında bitkiler ile ağır metaller arasındaki ilişkiyi anlatmış, ağır metal toleransının etkisinden söz etmiştim. Şimdi ise evrimsel biyologlar, ekologlar ve bitki fizyologlarınca aydınlatılan bu bilgilerin çevre bilimciler tarafından nasıl kullanıldığını ele alacağım.

Küçük bir hatırlatma ile başlayalım: Metallofitler adı verilen bitki grupları yüksek miktarda metal içeren (örneğin kurşun, bakır, altın, kadmiyum, alüminyum, çinko) ortamlarda yaşayabilen bitkilerdir. Hatta bunlar, bu metalleri kendi vücutlarında depo ederek kullanabilirler! Bu bitkiler, çevre bilimciler tarafından iki önemli şekilde kullanılmaktadır: Fitoremediasyon ve bitki madenciliği.

Fitoremediasyon kelime olarak *phyto* bitki, *remediate* iyileştirmek, eski haline döndürmek kelimelerinin birleşmesiyle oluşur. Bu yöntem, metallerce kirletilmiş bölgelerin (örneğin sanayi bölgeleri, terk edilmiş madenler, yakıt depoları gibi alanların) uygun metallofitlerin ekilmesi ile ağır metallerden temizlenmesini amaçlayan çevre dostu bir teknolojidir. Bu yaklaşımda bitkiler, metalleri ve diğer kirleticileri çevreden alışı, biriktirişi ve ortama salışı gibi çeşitli şekillere göre incelenirler. Bu mekanizmalardan birkaçına değinecek olursam:

Fito-ekstraksiyon; Bitki, kirleticileri bulunduğu ortamdan alır ve kendi üzerinde çok yüksek konsantrasyonlara kadar biriktirir. Bunlara arsenik (As) biriktiren eğrelti (*Pteris vittata*); çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) biriktiren *Thlaspi sp.* örnek olarak verilebilir.

Fito-stabilizasyon; Bitki, bu defa mantar ve bazı mikroorganizmalarla yaptığı işbirliği sayesinde kirleticileri, ağır metalleri toprağa bağlar. Rüzgâr ve yağmur gibi etmenler ile ağır metallerin taşınmasını engeller. Bu tip bitkiler, adeta doğal bir bariyer görevi görürler. Örnek olarak Buğdaygillerden *Vetiver* cinsi bitkiler verilebilir.

Fito-degredasyon; Bitki, topraktan kirletici maddeleri alır (tolüen, ksilen gibi) ve barındırdığı enzimler ile parçalar. Evlerimizde çokça bulunan *Dieffenbachia* cinsi bitkiler buna güzel bir örnektir.

Fito-volatilizasyon; Bitki, kirleticileri topraktan kök yardımı ile alır. Daha sonra bu kirleticiler yapraklara geçerken yapıları değiştirilip, daha az zararlı ve uçucu yapılara dönüştürülür. Ardından yapraklardan bu bileşikler buharlaştırılır. Örneğin, civayı buharlaştıran tütün bitkisi (*Nicotiana tobaccum*), kavak ağacı (*Populus sp.*) ve arseniği buharlaştıran yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*)...

Dolayısıyla çevre bilimcilerce bu bitkiler istenilen amaçlara göre ekilir.

Bir diğer yöntem bitki madenciliğidir. Burada kullanılan bitkiler de yine Metallofitler'dir. Bu yöntemin amacı, değerli elementlerin (altın, gümüş gibi) bitkiler tarafından biriktirilmesi ve daha sonra bitkilerden bu elementlerin

adeta "toplanması"dır. Yani deli gibi toprağı delik deşik etmektense, bitkileri kullanarak değerli metalleri elde etmemiz mümkündür! Çılgın, değil mi? Ne yazık ki bu işlem sırasında elementlerin kaliteleri düşer. Ancak menekşegillerden olan bir *Rinorea niccolifera* bitkisi 18,000 ppm (milyonda bulunan atom sayısı) nikeli (Ni) kendi üzerinde biriktirebilir. Bu da piyasadaki herhangi bir kaşığın içerdiği nikel miktarından kısmen daha fazladır! Dolayısıyla eğer ki bitkileri akıllıca kullanırsak, değer kaybını bile karşılayabilecek kadar değerli metali elde etmemiz mümkündür!

BİTKİLERDE ÇEŞİTLİLİĞİNİN İÇ YÜZÜ: GENOM PLASTİSİTESİ

Bitkiler geliştirdikleri mekanizmalar, morfolojiler, adaptasyonlar, kimyasal haberleşme mekanizmaları, aynı tür içinde bile değişik meyve boyutları gibi çoğu açıdan birbirlerinden farklıdır. Bu etmenlerden bir tanesi, hepimizin de çok iyi bildiği gibi çevresel faktörlerdir. Bunların başında ise klimatolojik (iklimsel) ve edafik (besleyici veya toprak ile ilgili) faktörler yer almaktadır. Ancak çevresel etmenlerin bitkilerin üzerinde nasıl etkisi olduğu konusunu diğer kısımlarda zaten ele almıştım. Şimdi, bitkileri biraz da genetik açıdan incelemekte fayda görüyorum.

Çoğu bitkinin genomu, akıl almaz derecede esneklik gösterir (buna "plastisite" adı verilmektedir). Bu da kromozom sayısının eksilmesi ya da artması, genomun büyümesi, DNA'daki hareketli kısımların aktifleşmesi (retrotranspozon veya transpozon aktivitesi), DNA'ya bir ya da birkaç baz dizisi girmesi (insersiyon) ya da çıkması (delesyon) gibi durumların sürekli yaşanabildiği anlamına geliyor. Kısaca bitkiler, hayvanlara nazaran mutasyonlara çok daha açıktırlar denebilir. Bunların bazıları öylesine büyük değişimlerdir ki; ancak insanda bir kromozomun fazladan tekrarlı ya da eksik olduğu gibi durumlarla kıyaslanabilir. Ne var ki insanlarda böyle farklılıklar anında çeşitli hastalık ya da sendromları tetiklerken, bitkiler oralı bile olmadan hayatlarına devam edebilirler.

Kimi bitkiler genomunu 2 katına, hatta bazen 8 katına kadar çıkartabilmektedir (buna "poliploidi" denmektedir). Örneğin ekmeklik buğday bunların meşhur bir örneğidir. Bu bitkinin genomu evrimsel süreçte dişilerin soy hattı üzerinde 2 defa katlanmıştır. Eskiden ekmeklik buğdayın dişilerinde 7 çift (ya da toplamda 14) kromozom bulunurken, günümüzde 14 çift (ya da toplamda 28) kromozom bulunmaktadır. Erkek soy hattında ise genom katlanması yaşanmamıştır; dolayısıyla halen 7 çift (ya da toplamda 14) kromozoma sahiptir. Fark edebileceğiniz gibi bunların yavrusu olan ekmeklik buğday ise toplamda 3 defa katlanmış bir genom içerir; yani 21 çift (ya da toplamda 42) kromozoma sahiptir. İlerleyen sayfalarda görebileceğiniz Görsel 3, bu durumu izah etmektedir.

Örneğin çilek bitkisi gibi bitkilerde genomun kendini ikiye katlaması durumu, meyve büyümesine neden olduğu için tarımda özellikle istenen bir

özelliktir. Bu kromozom sayısının az önce bahsettiğim gibi katlı sayılar halinde artmasının birkaç temel sebebi vardır: mitoz ya da mayozun gerçekleştiği sırada kromozomların "ayrışamama" olayı, düzgün bir şekilde yarı sayıya inemeyen gamet/üreme hücreleri ve türler arası melezlenmeler.

Evet yanlış okumadınız, tür arası melezlenmeler! Bitkiler Alemi, biyolojik tür tanımının öngördüğü *"Kendi aralarında verimli döl verebilen..."* önermesine sıklıkla uymayan canlı gruplarının başında yer almaktadır. Öyle ki, sırf bitkiler yüzünden genel bir tür tanımı yapmak asırlar boyu mümkün olamamıştır. Neyse ki evrimsel biyolojinin ortaya çıkmasıyla bu engel nihayetinde büyük oranda aşılabilmiştir.

Bitkilerde birçok tür, kendi türünden farklı bireylerle rahatlıkla tozlaşabilir ve verimli döller verebilir. Yani at ile eşeğin çiftleşmesi, hayvanlar âleminde katır gibi çoğunlukla *kısır bireyleri* oluştururken, benzer bir türler-arası çiftleşme bitkiler âleminde sıklıkla, verimli olan yavrular üretebilir. Bu tür bir esneklik, bitkilere evrimsel olarak son derece faydalı bir avantaj sağlamaktadır. Bu sayede bitkiler, hayvanlara nazaran çok daha fazla çeşitlenebilmektedirler. Ancak bitkilerin bu kadar büyük genom değişikliklerini nasıl kaldırabildikleri hâlâ merak konusudur. Bu canlıların kromozomları kopmaktadır, dev parçalar kromozomlarına eklenmektedir, tüm genomları kimi zaman ikiye, üçe, hatta dörde katlanmaktadır ve buna rağmen varlıklarını normal bir şekilde sürdürebilmektedirler. Hem bu da değil; bir bitki kolaylıkla diğer türlerle tozlaşıp verimli yavrular verebilmektedir. Öyle ki bu birliktelikten doğan yavrular kimi zaman ebeveyni olan iki türden bile daha verimli döller üretebilmektedirler! Tüm bunların gizeminin çözülmesi, evrimsel biyolojiye yönelik anlayışımızı güçlendirecek araştırmaların konularıdır.

Aynı zamanda genomun hareketli, dinamik bir yapı olduğu gerçeği, evrimin bel kemiklerinden birisidir. Hatta bu genomik hareketlilik, aslında evrim mekanizmalarından birisidir. Ne var ki bu gerçeğe sadece son 75 yıldır vâkıfız. Sitogenetikçi ve günümüzde "genetiğin annesi" olarak bilinen Barbara McClintock 1940 yılında *"Genom durağan değil, hareketlidir. Genler hareket ediyor!"* dediğinde, zamanın akademik zümresi bu durumu dikkate almamıştır; hatta McClintock işinden olma noktasına gelene kadar alaya alınmıştır. Ancak McClintock haklıydı! O, ışık mikroskobunda farklı renkteki mısır danelerindeki kromozom kırıklarına bakarak "transpozonları" keşfetmiştir. Transpozonlar, genom içinde yer değiştirebilme yeteneğine sahip DNA dizileridir. Bu hareketli tekrarlı diziler, yer değiştirme (transpozisyon) hareketi ile bir kromozomal bölgeden diğerine hareket ederler. Günümüzde biliyoruz ki transpozonlar, evrimin çeşitlilik mekanizmalarından birisidir ve son derece önemlidirler!

Bu hareket çok kabaca iki şekilde meydana gelmektedir: Ya "transpozon" bölgesi kendini bulunduğu DNA zincirinden keserek (transpozaz enzimi) başka bir bölgeye yapıştırır, ya da kendinin bir kopyasını (bazen bin-

lerce kopyasını) oluşturur ve olduğu yerden ayrılmadan kalır. Bu kopyalar rastgele dağılarak DNA'da başka bölgelere yapışır.[19]

Bu hareket sonucunda ise bu transpozon adlı hareketli DNA parçaları, bir gen bölgesine girip mevcut genin çalışmasını engelleyebilirler (buna "gen inaktivasyonu" adı verilir). Bir gen çevresine girip genin daha fazla çalışmasını ("up-regulation"), ya da daha az çalışmasını ("down-regulation") sağlayabilirler. Hatta eğer bu hareketli DNA parçası bir gen içeriyorsa, kendini milyon defa kopyalamasıyla birlikte o gen de milyon defa kopyalanacaktır. Böylece o genin ürettiği protein de milyonlarca kat fazla üretilecektir. Bu kimi zaman avantaj sağlayabildiği gibi, kimi zaman sorunlar da yaratabilir. Ancak unutmayınız ki transpozonlar bir çeşitlilik mekanizmasıdır; dolayısıyla sonucu belirleyemezler, sadece çeşitlilik yaratırlar. Nihai sonuç belirleyici mekanizmalar, seçilim mekanizmalarıdır. Bu transpozonal faaliyetten kaynaklı çeşitlilik içinden avantajlı olanlar seçilecek, diğerleri elenecektir.

Bu transpozon hareketleri canlıya son derece faydalı bir dinamizm katmaktadır ve genomlarının ne kadar fazla miktarda karılıp harmanlanabileceğini göstermektedir. Bu mekanizmalar çeşitlilik için gerçekten de çok büyük bir havuz oluşturmaktadır. Dahası biz genetik bilimciler, bu transpozonlardan ve hareketlerinden yola çıkarak evrimsel geçmişi bizzat analiz edebiliriz. Çünkü transpozonların genomda yapmış oldukları tekrarlar-yerleşimler, canlıya özgü bir "genetik parmak izi" oluşturmaktadır. Bu parmak izi ile evrimsel tarih, evrimsel ilişkiler (filogeni) ve çeşitlilik çalışmaları yapılarak canlının evrimsel geçmişi ve türleşmesi hakkında oldukça kullanılabilir bilgiler elde edilebilir.

Transpozonların öyle nadiren bulunan, seyrek yapılar olduklarını sanıyorsanız yanılıyorsunuz. Bitki genomlarının ortalama %50-90 arası, hayvan genomlarının ise %3-45 arası transpozonlardan oluşmaktadır! Prokaryotların çoğunluğunun genomlarında %1-3 oranında bulunan transpozonlar, maya genomunun %3'ünü, memeli genomunun %25-45'ini, mısır bitkisinin genomunun %75-80'ini ve Buğdaygiller (Poaceae) ve Zambakgillerin (Liliaceae) genomlarının %90-98'ini oluşturur. İnsanların tüm genomunun %45 civarı transpozonlardan ibarettir!

19 Her ne kadar transpozonların rastgele dağıldıkları genel geçer bir kanı olsa da, yapılan çalışmalardan bazıları bu transpozon faaliyetinin tamamen rastgele olmadığını, öngörülebilir birçok özelliği olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu araştırmalardan birisi de benim yüksek lisans bitirme tezimdir! Tezimde Kokar Ağaç olarak da bilinen *Ailanthus altissima* bitkisinin Kadmiyum (Cd) stresi altında transpozon faaliyetlerini inceledik. Ortaya koyduğumuz üzere bu ağacın bünyesindeki Kadmiyum (Cd) miktarı arttırkça, transpozon faaliyeti de artmaktadır. Bu artan hareketlilik ile birlikte bazı koruyucu moleküllerin sentezinin arttığını da göstermeyi başardık. Üstelik bizim araştırmamız bunu gösteren ilk ve tek araştırma da değil. Dolayısıyla transpozon faaliyeti sandığımız kadar rastgele olmayabilir ve çevre ile yakından ilişkili bir doğaya sahip olması çok muhtemeldir.

BİTKİ ISLAHI: BUĞDAYIN BEREKETLİ HİLAL BOZKIRLARINDAN SOFRAMIZA KADAR UZANAN ÖYKÜSÜ

İnsanların bitkiler ile ilgili uğraşları, neredeyse insanlık tarihi kadar eskidir. Yabani tahılların toplanıp yenmesi en az M.Ö. 20 bin yıllarına kadar uzanır. Ancak bitkileri "evcilleştirmenin" öyküsü günümüzden yaklaşık 10 bin yıl öncesinde başlar.

Bilinen en yaygın görüşe göre, geçmişimizin büyük kısmında avcılık ve toplayıcılık ile geçinip, vahşi hayvanları avlayıp, yabani meyve-sebzeleri topladık. Aç kalmamak için her gün yeni bir mücadele içindeydik, çünkü hiçbir besin yetiştirilmiyor ve çok azı saklanabiliyordu. Tarım devrimi ile birlikte mahsüller saklanabildiği için ve bir meyveyi bahçeden toplamak yabanda aramaya göre daha az vakit aldığı için, tarım bize avcı toplayıcıların asla sahip olmadığı boş zamanları vermeyi başardı. Böylelikle Tarım Devrimi günümüze kadar gelmiş ve sadece az sayıda avcı ve toplayıcı kabile geriye kalmıştır.

Tarıma geçiş, dünya üzerinde birbirinden farklı yerlerde gerçekleşmiştir. Ünlü Sovyet botanikçi Vavilov'a göre bu bölgeler; Kuzeydoğu Amerika, Orta Amerika, Güney Amerika, Verimli Hilal Bölgeleri, Yangtze ve Sarı Irmak Bölgeleri (Çin) ve Yeni Gine'dir. Bu bölgelerden bilinen en eskisi Türkiye'nin de içine girdiği Verimli/Bereketli Hilal'dir. Bu, güneyde Arabistan Çölü ile kuzeyde Doğu Anadolu dağlık bölgesi arasında yer alan bölgeye verilen isimdir. Eski Babil toprakları ile hemen yakınındaki Elam'dan (bugün İran'ın güneybatısı) Dicle ve Fırat ırmakları ile Asur topraklarına kadar uzanır. Zagros Dağlarından, batıda Suriye üzerinden Akdeniz'e, güney yönünde de Filistin'in güneyine kadar olan toprakları içine alır.

Verimli Hilal bölgesi, günümüzde tükettiğimiz kalorilerin neredeyse tamamını aldığımız tahılların tahminen ilk evcilleştirildikleri bölgedir. Ya da evrimsel biyologların deyişiyle bitkiler açısından ilk "yapay seçilim" uygulanan bölge, bu bereketli topraklardır. İnsanlık tarihinin büyük bir övgü kaynağı olan *"Kurtları evcilleştirdik, günümüz köpeklerini evrimleştirdik"* bilgisi kulağa muhtemelen daha havalı gelmiş olacak ki, buğdayın hikâyesi bunun gölgesinde kalmıştır. Aramızda kalsın ama biz botanikçiler olarak buğdayın, yabani lahananın ve mısırın hikâyelerini hep daha ihtişamlı bulmuşuzdur.

Bundan yaklaşık 10 bin yıl önce, insanlar bitkilerin bir kısmıyla daha farklı ilişkiler içine girmişlerdir: Bilinçli olarak daha "iyi"lerini tohumluk bırakmaya başlamışlardır. Yani yapay seçilim diye sınıflandırdığımız bir seçilim baskısı, bu bitkilerin evrimsel sürecinde egemen olmaya başlamıştır. Bu bildiğimiz ilk ıslah (veya evcilleştirme) çalışmasıdır! İnsanların artan nüfuslarını besleyebilmesine olanak sağlayan, daha sonra da medeniyetin gelişebilmesini mümkün kılan bu teknolojik atılım günümüzde Tarım Devrimi olarak anılmaktadır.

Yapay seçilim yoluyla elde edilen çeltik bitkisi (pirincin üretildiği bitki olan *Oryza sativa*) tarımda önemli bir rol oynar. Çeltik bitkisinin yabani atası, elde ettiği enerjinin çoğunu vejetatif büyümeye ayıran çok yıllık bir bitkiydi. 8.200-13.500 yıl önce çeltik bitkisi için "iyi" kavramı, danelerinin dış kılıfının cılızlaşması veya yok olmasından geçiyordu. Dolayısıyla her hasatta tarımcılar bu özelliklere sahip olan çeltikleri "tohumluk" olarak aldılar. Böylelikle her yeni nesilde çeltiklerde dane dış kılıfları cılızlaştı ve nihayetinde tamamen yok oldu. Bunun gibi değişimlerin yanında çeltiğin yaşam döngüsü de değişmiş, bugünkü tek yıllık bitkiye dönüşmüştür.

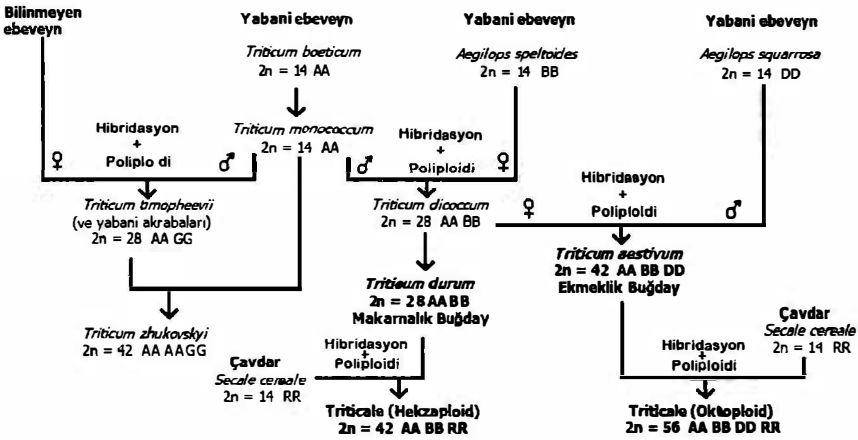
Şimdi gelelim buğdayın öyküsüne... *Aegilops*, şimdilerde yanından geçip de yüzümüzü dönmeye tenezzül etmediğimiz bir bitkidir. Halbuki bundan binlerce yıl önce insanların seçerek yetiştirmesi sonucu günümüz buğdayını oluşturmuş olan buğdayın atalarından biridir! Yapay seçilim süreçlerinde insanlar, başak eksenindeki dane sayısı fazla olan bireyleri seçmişlerdir. Ayrıca, daneleri daha büyük olan, kepeğinden (tohumun en dışındaki besin değeri düşük ve değersiz tabaka) ve kavuzundan (Buğdaygillerin başağında, başakçıkları veya çiçeği saran kabuk) daha kolay ayrılan, daha lezzetli olan, danelerini dökmeyen ve böylece daha kolay toplanan buğdaylar da seçilmiştir. Bu durum, insanların istediği yapıda buğdayların evrimini kaçınılmaz olarak mümkün kılmıştır.

Ancak günümüz buğdayının evriminde, birçok diğer ıslah sürecinde de olduğu gibi, yapay seçilim dışında hibridizasyon (melezleme) ve poliploidi de önemli payı olan etkenlerdir. Poliploidi, daha önce de sözünü ettiğim gibi, kromozom sayısının katlanmasıdır. Buğdayın ıslahı sürecinde 2 kez 14 kromozomlu iki ebeveynden 28 kromozomlu birey oluşmuş ve üstün özellikleri nedeniyle seçilmiştir. Bir kez de böyle oluşmuş olan ve makarnalık buğdayın (*Triticum durum*) atası olan 28 kromozomlu dişi *T. dicoccum* ile 14 kromozomlu erkek *Aegilops squarrosa* arasında olmuştur. Bu çaprazlanma sonucunda ekmeklik buğdayın (*T. aestivum*) evrimi mümkün olmuştur. Bunun ise farklı bir tür olan çavdar (*Secale cereale*) ile aynı sürece girdiği de gözlenmiştir. Görsel 3'te bu durum özetlenmektedir.

Anlaşıldığı üzere bugünkü buğdaylar ıslah yoluyla elde edilene kadar pek çok farklı tür buğday oluşmuş ve kullanılmıştır. Bunların her biri, burnumuzun dibindeki ara geçiş türleridir! Lezzeti tercih edilen, verimli olan ve tarımı kolay olduğu için ucuza mal olan ekmeklik ve makarnalık buğday bugün ekinlerin ezici çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ancak farklı lezzete sahip eski ekinler son birkaç on yılda popüler olmuştur. Böylece soyu tükenmenin eşiğine gelmiş bazı evcil buğdayların da nesli tükenmekten kurtulmuştur. Gernik buğdayı (*T. dicoccum* alttürlerinden, kavlıca-siyez-kabulca gibi isimlerle de anılır), kavuzlu buğday (*T. Aestivum spelta* altürü) gibi örnekler Türkiye'de de yaygınlaşmaktadır.

Bu arada "iyi" kriteri kültürden kültüre değişiklik gösterebildiği için, aynı yabanıl atadan farklı bitkilerin hızla evrimleşmesi de mümkün olmuştur. Bunun en bilinen örneklerinden biri yabani lahanadan (*Brassica oleracea*) 6 farklı tarım bitkisinin evrimleşmesidir. Farklı topluluklar bu bitkilerin yabanıl atasının farklı kısımlarını ve özelliklerini daha kıymetli bulmuştur ve bu açıdan

daha "gelişmiş" olanların tohumlarını ayırıp ekerek bu kısımların büyümesini teşvik eden her mutasyonun sabitlenmesini, yani tüm popülasyona hâkim olmasını sağlamışlardır. Kökün seçilmesiyle alabaş, yaprakların seçilmesiyle mangır, çiçek tomurcukları ve köklerin seçilmesiyle brokoli, yanak yaprak tomurcuklarının seçilmesiyle brüksel lahanası, uç yaprak tomurcuklarının seçilmesiyle lahana ve çiçek tomurcuklarının seçilmesiyle karnabahar evrimleşmiştir.



Görsel 4-4: Günümüz tahıllarından bazılarının evrimsel şeması.

Bunun dışında örneğin Güney Amerika'da, pek çok farklı patates çeşidi evrimleşmiştir. Dünya çapında çok az tür patates yayıldıysa da And Dağları'nın bulunduğu Peru, Bolivya ve Ekvador gibi bölgelerde, 3.500-4.200 metre irtifadaki yüksekliklere çok iyi uyum sağlamış çok çeşitli geleneksel türler de üretilmeye devam etmiştir. Farklı toplulukların farklı "iyi" kavramları olması sayesinde yapay seçilimin gücü burada büyük bir çeşitlilik yaratmıştır. Uzun yıllar boyunca tadına, dokusuna şekline ve rengine göre seçilen patateslerin 4 bini aşkın geleneksel türü bulunmakadır!

Yapay seçilim sayesinde evrimleştirdiğimiz türleri saymakla bitmez. Karpuz, mısır, şeftali bunlardan sadece bazılarıdır ve bu bitkilerin geçirdikleri evrim akıl almazdır! Örneğin "karpuz" dediğimiz bitkinin ataları M.Ö. 3000 yılı civarında sadece 50 milimetre boyunda bir meyveye sahip olan, sadece Namibya ve Botsvana gibi Afrika ülkelerinde bulunan, içeriği %80 su, %1.9 şeker ve %18.1 diğer (nişasta ve yağ gibi) kimyasallardan oluşan bir bitkidir. Sadece 6 çeşidi tespit edilebilmiş bu atasal karpuzların meyveleri öylesine ufak ve serttir ki, ancak bir çekiç ya da keskin bir cisim yardımıyla açılabilmektedir. Dahası içinde bolca yağ bulunan 18 çekirdekten oluşan, yendiğinde iltihaba neden olan bir yapıdadır. Günümüzdeki karpuzu bu tuhaf atasal bitkiyle kıyaslarsanız, evrimin gücü ve ihtişamı net bir şekilde gözleriniz önüne serilecektir. Günümüz-

deki karpuzlar çekirdeksiz olarak üretilebilmektedir; iltihaba neden olmak bir yana dursun, iltihaplı dokuları iyileştirici özelliğe sahiptir; küp şeklinde üretilebildiği gibi üçgenimsi şekillerde de üretilebilmektedir, hacimce atasından binlerce kat büyüktür, kolaylıkla içi açılabilir, günümüzde Amerika'dan Asya'ya kadar 15 farklı ülkede 1.200 ayrı çeşidi, yılda 95 milyon tonu aşacak miktarlarda üretilmektedir. Bu, evrimin tartışmasız gücünü ortaya koymaktadır.

Şeftali? Bu leziz meyvenin ataları sadece 25 milimetre boya sahip ufacık bitkilerdir ve meyvenin sadece %64'ü yenebilir etli kısımdan oluşmaktadır; %36'sı ise çekirdektir. Üstelik kabuğunun üzeri mumlu gibidir. Bilinen sadece 3 çeşidi bulunmaktadır ve bunlar ya aromasızdır, ya mayhoştur ya da tuzlu bir tada sahiptir. Sadece Çin'de bulunan bu atasal şeftalilerin %71'i su, %8.1'i şeker, geri kalanı ise diğer kimyasallardan oluşmaktadır. Günümüzdeki şeftali ise 100 milimetre bir boyla atalarından uzunluk bakımından 4 kat, hacim bakımından 64 kat daha iridir, %90'ı yenilebilir yapıdadır, çekirdeği atasından 3.6 kat daha küçüktür. 200 farklı çeşitte üretilmektedir ve bu çeşitler tatlı, ferahlatıcı ve suludur. Kabuğu da yenilebilir ve yumuşak yapıdadır. Günümüzde 13 farklı ülkede, yılda toplamda 13 milyon ton miktarda üretilmektedir. Dahası şeftali atasına göre potasyumda 63 kat, kalsiyumca 45 kat, çinko bakımından 42 kat daha zengindir. Tüm bunlar, Yapay Seçilim gücüyle değiştirilen atasal türlere en net kanıtlardır.

Son olarak mısır... Atasal mısır günümüzden 9000 yıl kadar önce yaşamıştır ve sadece 19 milimetre boya sahip ufacık bir bitkidir. Bu atasal mısırı "soymak" için sert bir cisimle onlarca defa üzerine vurmanız gerekmektedir ve tadı, pişmemiş ve çok kurumuş patatese benzemektedir. Onca çabayla elde ettiğiniz bu tatsız mısırın içinde sadece 5-10 adet tane bulunmaktadır. 8 çeşidi bulunan atasal mısır sadece Orta Amerika'da yetişmektedir. %75'i su, %1.9'u şeker, %23.1'i ise nişasta başta olmak üzere diğer besinlerden oluşmaktadır. Peki ya modern mısır? Sadece dakikalar içinde pişerek yeme kıvamına gelen bu modern mısırlar tatlı, ferahlatıcı ve sulu yapıdadır, 190 milimetre boya erişebilir ve bu bakımdan atalarından hacimce 1000 kata kadar daha büyüktür, soyması son derece kolaydır, 5 farklı renkte üretilmektedir. Günümüzde 69 ülkede, 200 farklı çeşitte ve yılda 790 milyon tonu aşkın miktarda üretilmektedir.

Uzun lafın kısası, yapay seçilim olmasaydı günümüzdeki tarım ürünlerinin hiçbirine sahip olamazdık diyebiliriz. Bir diğer deyişle bugün sofralarımızdaki her tarım ürününü evrime borçluyken, halen evrimin işlevini tartışmak sadece insana özgü bir ikiyüzlülük ile izah edilebilmektedir.

BÜYÜK KITLIK: İRLANDA PATATES KITLIĞI!

Ancak tüm bu çeşitliliğin yerini tek tipleşmenin aldığı dönemler de insanlık tarihinde görülmüştür. Bir canlı üzerinde aşırı güçlü ama türü yok etmeyecek kadar olan seçilim baskısı, popülasyon içi çeşitliliği azaltma yönünde

etki eder. Çünkü çeşitlilik belli özelliklerine göre seçilir ve elenir. Elenenler ile birlikte çeşitlilik (varyasyon) da kaybolur. Popülasyon içi çeşitliliğin kaybolması, bir türün başına gelebilecek en kötü şeydir. Çünkü popülasyonda çeşitlilik çok düşükse, popülasyon fazlaca kendileşmişse (akrabalar arası çiftleşme, İng: inbreeding), ya da amiyane tabirle tek tipleşmişse, birbirine çok benzer olan bu canlılardan yalnızca birine karşı bile başarılı olan bir hastalık, tümüne karşı başarılı olabilir. Bu da bir popülasyonu çok kısa bir zamanda yok edebilir. Gerçekten de insanlık, tarım ürünlerinde tek tipleşmenin bedelini son derece ağır bir şekilde ödemiştir.

Tarihte ekinlerdeki tek tipleşmenin rol oynadığı kıtlıklar içinde en bilinenlerinden birisi, İrlanda Patates Kıtlığı'dır (Büyük Kıtlık). Pek çok tarihçi tarafından bu olay İrlanda tarihinde bir "milat" kabul edilmektedir. 1845 yılında başlayan salgın, hem tarladaki hem ambardaki patatesleri vurmuştur ve ekilen patateslerin %40'ı, sonraki yıl ise tamamı yok olmuştur. 7 yıl süren kıtlık bir milyondan fazla insanın ölümüne ve bunun 1.5-2 katının göç etmesine neden olmuştur. Göç edenlerin önemli bölümü de Amerika'da mezhepçi ayrımcılıklar yüzünden sefaletle karşılaşmışlardır. Thomas Malthus'un Evrim Teorisi'ne de katkısı ortada olan nüfusbilim tezleri, Britanya Parlamentosu'nda kıtlığın *doğallığını* savunmak için kullanılmış ve gerekli yardımın yapılmamasına sebep olmuştur. Akıl almaz!

İrlanda nüfusunu %20-25 azaltan kıtlığın pek çok sebebi vardır. Ancak İrlanda yoksullarının patates temelli diyeti ve ülkede neredeyse sadece tek bir patates türünün yetiştirilmesi başlı başına kıtlığı teşvik eden bir tarım politikasıydı.

Bugün de dünya çapında tarım politikalarının, gıda güvenliği konusunda en çok eleştiri aldığı noktalardan birisi, çeşitliliğin düşük olmasıdır. Günümüzde daha kârlı olduğu için tümü kardeş olan (neredeyse klon olabilen) bireylerle, ve hatta en çok kâr getiren tek bir tür ile tarım yapmanın tehlikesinin kayda değer biçimde kritik olduğu iddası, ciddiye alınması gereken bir konudur. Çünkü bu konunun evrimsel biyologlarca aydınlatması üzerine şu basit gerçeği öğrenmiş olmamız gerekir: *"Tek tipleşen popülasyon kırılgandır."*

Kısaca evrimi anlamak için hiç de uzaklara gitmeyin. Bitkiler sizlere sonu gelmeyen miktar, çeşit ve güzellikte deliller sunacaktır. Ağzınıza bir parça patates cipsi attığınızda ölen İrlanda köylülerini anın, brokoli gördüğünüzde atasal yabani lahanayı hatırlayın ve ekmek aldığınızda ise Verimli Hilal ovalarının serinliğini hissedip gülümseyin. Gerçek evrim delilleri parklarınızda, mutfaklarınızda ve hatta çok yakınınızda, midenizdedir...

Biliyorum, bitkileri artık çok daha fazla seviyorsunuz! Ancak evrimsel biyolojinin evrenine yaptığımız yolculuk, ister istemez kendimizi tanımaya yönelik bir yolculuktur. Biz insanlar, bir hayvan türü olduğumuz için, ister istemez onları kayırmaktayız ve onları ön plana çekmekteyiz. Aslında bitkiler âleminin

de evrimsel biyoloji içerisindeki yerini asla unutmadığımız ve konuya her zaman bilimsel ve tarafsız yaklaştığımız müddetçe bunda hiçbir sıkıntı yoktur. Ama şimdi gelin hayvanlar âleminin nefes kesen dünyasına bir bakış atalım. Hayvanlar Alemi asla bir Bitkiler Alemi kadar heyecan verici olamaz tabii; ancak bize özellikle kendimizle ve evrimle ilgili öğretecekleri çok fazla şey var. Hem, size akıl veriyorum ama, bir botanikçi belki ben de bu konuda birazcık taraflıyımdır, kim bilir?

Hazırsanız, başlayalım!

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Ambrose, B., & Purugganan, M. (2013) *The Evolution of Plant Form.* John Wiley & Sons.
- Bowen, Nathan J., & I. King Jordan. (2002). Transposable elements and the evolution of eukaryotic complexity. *Current Issues in Molecular Biology*, 4. sf: 65-76
- Büyük, İ., *et al.* (2012). Bitkilerin Stres Koşullarında Verdiği Moleküler Cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2). sf: 97-110
- Cameron, K.M., *et al.* (2002). Molecular evidence for the common origin of snap-traps among carnivorous plants. *American Journal of Botany*, 89(9). sf: 1503-1509
- Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201. doi:10.11646/phytotaxa.261.3.1
- Cohen, K.M., *et al.* (2015). International Chronostratigraphic Chart (PDF), *International Commission on Stratigraphy.*
- Cousens, S. H. (1960). Regional Death Rates in Ireland during the Great Famine, from 1846 to 1851. *Population Studies*, 14(1), 55. doi:10.2307/2172043
- Crepet, W. L. (2000). Progress in understanding angiosperm history, success, and relationships: Darwin's abominably "perplexing phenomenon" *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(24), 12939-12941. doi:10.1073/pnas.97.24.12939
- Duke, S.O. (1986). Naturally occurring chemical compounds as herbicides. *Weed Science,* 2, sf: 15-44
- Elbaum, R., *et al.* (2007). The Role of Wheat Awns in the Seed Dispersal Unit. *Science,* 316(5826), 884-886. doi:10.1126/science.1140097
- Fernando, E. S., *et al.* (2013). The potential use of indigenous nickel hyperaccumulators for small-scale mining in The Philippines. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 1(1), 21-26
- Gider, Y. (2013). *Ceviz ve Juglon'un Kimyacası.* Alındığı site: http://kimyaca.com/ceviz-ve-juglon/2/
- Han, T.M. & Runnegar, B. (1992). Megascopic eukaryotic algae from the 2.1-billion-year-old negaunee iron-formation, Michigan. *Science,* 257(5067), 232–235.
- Hanson, B., *et al.* (2004). Selenium protects plants from phloem-feeding aphids due to both deterrence and toxicity. *New Phytologist*, 162(3), 655-662.
- Hart, J.P. (1999). Maize agriculture evolution in the Eastern Woodlands of North America: a Darwinian perspective. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 6(2), 137-180.

- Inglis-Arkell, E. (2015). If You Touch This Plant It Will Make You Vomit In Pure Agony. Alındığı site: http://io9.gizmodo.com/if-you-touch-this-plant-it-will-make-you-vomit-in-pure-1693770289
- Jiang, R. F., *et al.* (2005). Cadmium hyperaccumulation protects Thlaspi caerulescens from leaf feeding damage by thrips (Frankliniella occidentalis). *New Phytologist*, 167(3), 805-814. doi:10.1111/j.1469-8137.2005.01452.x
- Kaya, Z. (1987) *Polen Alerjisi*.
- Kocaçalışkan, İ. (2006). Juglon ve katekol allelokimyasallarının allelopatik ve herbisit etkileri. *Allelopati Çalıştayı*, 13-15 Haziran, 2006, Yalova. 103-118.
- Leitch, A. R., & Leitch, I. J. (2008). Genomic Plasticity and the Diversity of Polyploid Plants. *Science*, 320(5875), 481-483. doi:10.1126/science.1153585
- Mayr, Ernst (2001). *What Evolution Is*. New York, New York: Basic Books. sf. 48.
- Murza, G. L., *et al.* (2005). Minor pollinator–prey conflict in the carnivorous plant, Drosera anglica. *Plant Ecology*, 184(1), 43-52. doi:10.1007/s11258-005-9050-y
- Native Potato Varieties - International Potato Center. (2012). Alındığı site: http://cipotato.org/potato/native-varieties/
- Okamoto, H., & Hirochika, H. (2001). Silencing of transposable elements in plants. *Trends in Plant Science*, 6(11), 527-534. doi:10.1016/s1360-1385(01)02105-7
- Pınar, N. M. (2003). *Palinoloji Laboratuar Kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, Ankara
- Pollard, A. J., & Baker, A. J. (1997). Deterrence of herbivory by zinc hyperaccumulation in Thlaspi caerulescens (Brassicaceae). *New Phytologist*, 135(4), 655-658. doi:10.1046/j.1469-8137.1997.00689.x
- Potts, D. T. (2012) *A Companion to the Archaeology of the Ancient Near East*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Rascio, N., & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*, 180(2), 169-181. doi:10.1016/j.plantsci.2010.08.016
- Rico-Gray, V. & Oliveira, P.S. (2007). *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. University of Chicago Press.
- Shaw, A. J., Szövényi, P., & Shaw, B. (2011). Bryophyte diversity and evolution: windows into the early evolution of land plants. *American Journal of Botany*, 98(3), 352-369.
- Sperry, J. S. (2003). Evolution of Water Transport and Xylem Structure. *International Journal of Plant Sciences* 164(3), 115-127.
- Stewart, W.N. & Rothwell, G.W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 0-521-38294-7
- Wicker, T., *et al.* (2007). A unified classification system for eukaryotic transposable elements. *Nature Reviews Genetics*, 8(12), 973-982. doi:10.1038/nrg2165

BÖLÜM VI

ETOLOJİ

Hayvan Davranışları Penceresinden Evrimi Anlamak

Çağrı Mert Bakırcı[1]

Evrimsel biyolojinin hayatımıza kattıklarının listesini yazmakla bitmez. Bu kitap, onların tamamının kısa bir özeti gibidir. Kitabın bu ilk birkaç bölümü boyunca evrimin diğer bilimlere neler kattığına dair temel olgu ve gerçekleri görmeye başladığınızı umuyorum. Teorik arka planı oturttuğumuza göre, şimdi işin biraz daha pratik taraflarına bakmaya başlayabiliriz.

Kitabın bu kısmında, "hayvan doğasına" bir bakış atacağımız için, düşünebilen bir hayvan türü olarak bir anlığına durup düşünmenizi istiyorum. Evrimsel biyoloji ile ilgili bugüne kadar okuduklarınız, öğrendikleriniz, araştırdıklarınız size bir "birey" olarak neler kattı? Hayata bakış açınızı nasıl değiştirdi? Daha önemlisi, bu bölümün de ana konusu çerçevesinde, diğer hayvanlara ve canlı türlerine bakış açınızda ne tür değişimler yarattı? Eğer bana soracak olursanız, evrimsel biyolojinin bir "yaşam görüşü" veya "hayat felsefesi" açısından bize en büyük katkısı, insan türünün aklını ve egosunu gökyüzünden yeryüzüne indirmiş olmasıdır. İzah edeyim:

Türümüz, var olduğundan beri (ama özellikle son birkaç bin yıldır) kendisini en üstün, en özel, en kıymetli, en farklı tür olarak görmüştür. Elbette insanın kendine özgü bazı özellikleri bulunmaktadır (tıpkı diğer istisnasız her bir türün kendine özgü özellikleri olduğu gibi!). Ancak bu "kendine özgülüğü" olağanüstü olarak görmek, diğer türlerin ötesinde ve üzerinde olduğunu düşünmek pek çok seviyede hatalı bir düşüncedir. Ne var ki insanın bu abartılı benmerkezci (ve hatta "tür merkezci") düşünce sisteminin somut ve bilimsel bir

1 Bu bölümün ayna nöronlar ile ilgili kısmına yaptığı katkılardan ötürü Evrim Ağacı ekibinden ve ODTÜ Biyoloji Bölümü'nden Meriç Öztürk'e çok teşekkür ederim.

şekilde ortaya konması, ancak evrimsel biyolojinin doğumundan ve gelişiminden sonra mümkün olabilmiştir. Buna paralel olarak astronomi, kozmoloji ve benzeri fizik dallarından da gelen verilerle birlikte insanlığın koskoca bir evren içinde hiçbir değeri, kıymeti veya önemi olmayan, diğer canlılara kıyasla ayrı bir yere koyamayacağımız, sıradan bir canlı türü olduğu gerçeği netleşmiştir. Koskoca birer balon haline gelmiş olan egolarımız, doğayı ve evrenin büyüklüğünü, ihtişamını ve doğallığını biraz daha iyi anlamamızla birlikte patlayıvermiştir.

Bazı okurların "aşağılama" olarak algılayabileceği, halbuki modern bilimin net bir şekilde bize söylediklerinin bir tekrarı olan bu açıklamalardan sonra şu iki noktayı da belirtmeden geçemeyeceğim: İlk olarak, elbette her insan kendi değerini kendisi yaratır. Bir önceki paragrafta söylediklerim, spesifik olarak şu veya bu kişinin değeri, sizin değeriniz ya da benim değerim ile ilgili değildir. İnsan hayatı değersizdir, türümüzün varlığa hiçbir katkısı veya etkisi yoktur falan gibi büyük iddialarda da bulunacak değilim. Bir önceki paragrafta söylediklerim, biyolojik bir tür olarak *Homo sapiens*'in, "evren gözündeki" değeriyle ilgilidir. Bizler, evrenin kendimiz etrafında yaratıldığına ve inşa edildiğine inanmış, bunu ispatlamak uğruna gezegensel hareketler gibi son derece bariz ve değişmez gibi gözüken bilimsel gerçeklere yönelik açıklamalarımızı bile milenyumlar boyunca (biraz da veri yetersizliği dolayısıyla) saptırmış, her şeyin bizim etrafımızda döndüğünü, her şeyin bizler için var olduğunu ileri sürmüş bir türüz. Kendisini bu kadar yüksekte, diğer tüm türlerden üstün, diğer tüm türlerden ayrıgören bir canlı grubunun "burun üstü yere çakılışı" hüzünlü değil, son derece ilginç, öğretici ve sevinçle karşılanması gereken bir uyanıştır. Bu uyanışımızı bilime, özellikle de evrimsel biyoloji ve astronomi gibi evreni ve evrenin yasalarını anlamamızı sağlayan temel bilimlere borçluyuz. Bu gerçekle yüzleşmeli ve bunu başarabildiğimiz için kendimizle gurur duymalıyız.

İkinci olaraksa, daha önceden de belirttiğim gibi, insan türünün elbette ki kendine özgü bazı özellikleri vardır. Aslında bu bölüm, o birkaç adet olan ancak insanı "insan" yapan farklılıklarımızı değil de, diğer hayvanlarla olan ve milyonlarla bile ifade edilemeyecek kadar ortak noktamızın hayvan bilim (zooloji) ve hayvan davranışları bilim (etoloji) çerçevesindeki örnekleriyle ilgili olacaktır. Ancak elbette ki hayvanların davranışlarına ve bu davranışların evrimine gireceğimiz bu bölümde, insanları "insan" yapan özelliklerden hiç bahsetmemek hata olacaktır; dolayısıyla bunları aradan çıkaralım.

Gerçekten de, bizi diğer hayvanlardan ayıran çok fazla şey saymamız mümkün değildir. Örneğin, insanı diğer hayvanlarla kıyaslayan birçok araştırmadan süzülen veriler, insanı hayvanlardan ayıran sadece 4 temel özellik olduğunu göstermektedir: üretken hesaplama becerilerimiz (neredeyse sınırsız sayıda sözcük ve konsept üretme becerimiz), *değişken düşünce çeşitliliğimiz* (farklı düşünceleri bir arada harmanlayarak yeni olgular yaratma becerimiz), *zihinsel sembol kullanımımız* (duyusal deneyimlerimizi zihinsel semboller kullanarak diğerlerine aktarma becerimiz) ve son olarak, *soyut düşünme yetimiz* (duyularımızın ötesinde olan kavramlar hakkında düşünme becerimiz). Bu farklı özelliklerimiz

bizi "insan" yapıyor olsa da, bu konunun sizi yanıltmasına izin vermeyin. Şu iki sebeple: İlki, bu özelliklerin her birinin evrimsel öncüllerine diğer türlerde rastlamaktayız. Yani bu özellikler gökten inmiş veya birdenbire ortaya çıkmış özellikler değildir. Buna bölüm boyunca çeşitli örnekler vereceğim. İkincisi ise bunların hepsinin öyle gökler ve gaipler gibi unsurlardan değil, türümüzde bariz bir biçimde diğer hayvanlara nazaran daha karmaşık yapılı olan "beyin" isimli organımızdan kaynaklanıyor olmasıdır. Yani tek bir organın evrimsel süreçte diğer hayvanlardan farklı bir patikaya girmiş olması, insanı "insan" yapmış ve bize tüm bu tuhaf ve anlaması güç özellikleri katmıştır. Beynin evrimi, dolayısıyla insanın "insan" oluşu nefes kesici bir hikâyedir. Bu nedenle bunu kitabımızın son bölümünde ayrıca işleyeceğiz. Çünkü insan beyninin evrimi öylesine çok yönlü bir konudur ki, hem bu bölümde öğrendiklerimizi, hem de kitabın geneli boyunca gördüğümüz ve göreceğimiz bütün bölümleri bir arada toplayan ve bir bütün olarak değerlendirmemizi sağlayan pratik bir örnek olacaktır. Yine de bu bölüm içinde de yeri geldiğinde beynin evrimine yer vereceğim.

Evrimsel biyolojinin (ve diğer bilim dallarının) yükselişini takiben yaşanan bu entelektüel, toplumsal ve bilimsel aydınlanmanın ve uyanışın tek avantajı kendini olduğundan büyük gören bir türün ayaklarının yere basması olmamıştır. Daha önemli bir faydası, o türün etrafına bakarak kendisinin geldiği doğayı daha iyi tanımaya başlaması olmuştur. Evrimsel biyoloji sayesinde diğer türlerin üstünde değil, onların arasında olduğumuzu anladık. Bu sayede, yine kendimize odağın büyük bir kısmını veriyor olsak da, diğer canlılara eskiden hiç olmadığı kadar büyük bir dikkatle bakmaya başladık. Böylece, belki de aksi takdirde hiçbir zaman keşfedemeyeceğimiz kadar ilgi çekici, sıra dışı ve kendimizi daha da iyi tanımamızı sağlayan bilgileri ve gerçekleri öğrendik. Kitabımızın bu kısmında, hayvanlara bakarak evrimsel geçmişimiz ve kendimiz hakkında neler öğrendiğimizi göstermeye çalışacağım. Daha da önemlisi diğer hayvanlarla ilgili bilim dallarının evrimsel biyoloji ile karşılıklı ilişkisini göstermeye çalışacağım. Hayvanlara bakarak kendimizle ilgili öğrenebileceklerimizin ne kadar uçsuz bucaksız ve önemli olduğunu anlamak için, büyük etolog, zoolog ve ornitolog, 1973 Nobel Fizyoloji Ödülü sahibi Konrad Lorenz'in şu sözünü hatırlamakta ve bölüm boyunca aklımızdan çıkarmamakta fayda var[2]:

"Hayvan ile gerçek insan arasındaki kayıp halka, muhtemelen biziz."

2 Konrad Lorenz, oldukça ilginç bir karakterdir. Hayatı, başarıları ve başarısızlıkları incelemeye değerdir. Örneğin Lorenz, 1941 yılında Alman Nazi Partisi'ne yazılarak Naziler'in ordusuna sıhhiye olarak alınmıştır. Savaş döneminde Naziler'in "üstün ve temizlenmiş ırk" algısını sahtebilimden gücünü alan argümanlarla desteklemiştir. Sonrasında Doğu Cephesi'nde savaşan Lorenz, Sovyetler Birliği'ne esir düşmüş ve 4 sene boyunca savaş tutsağı olarak hayatını hapiste sürdürmüştür. Hayatının ilerleyen yıllarındaysa Nazi Partisi'ne üye olduğu için kendinden utandığını ve yaptığından pişman olduğunu belirtmiştir. Hatta uzunca bir süre partiyle ilişkisini reddetmiştir; ancak tüm bağlantıları halka arz edilmiştir. Bunun üzerine Salzbug Üniversitesi geriye dönük olarak 1983 yılında kendisine verilen onursal doktorayı iptal etmiştir. Hayatının son dönemlerinde Avusturya Yeşiller Partisi'ni ve doğal yaşamı tehdit eden unsurlarla mücadele etmeyi görev edinen halk hareketlerine katkı sağlamış ve kısa süreli de olsa aktivizme yönelmiştir.

RUH: İNSANLARIN, KENDİLERİNİ HAYVANLARDAN ÜSTÜN GÖRME ÇABASININ BİR ÜRÜNÜ

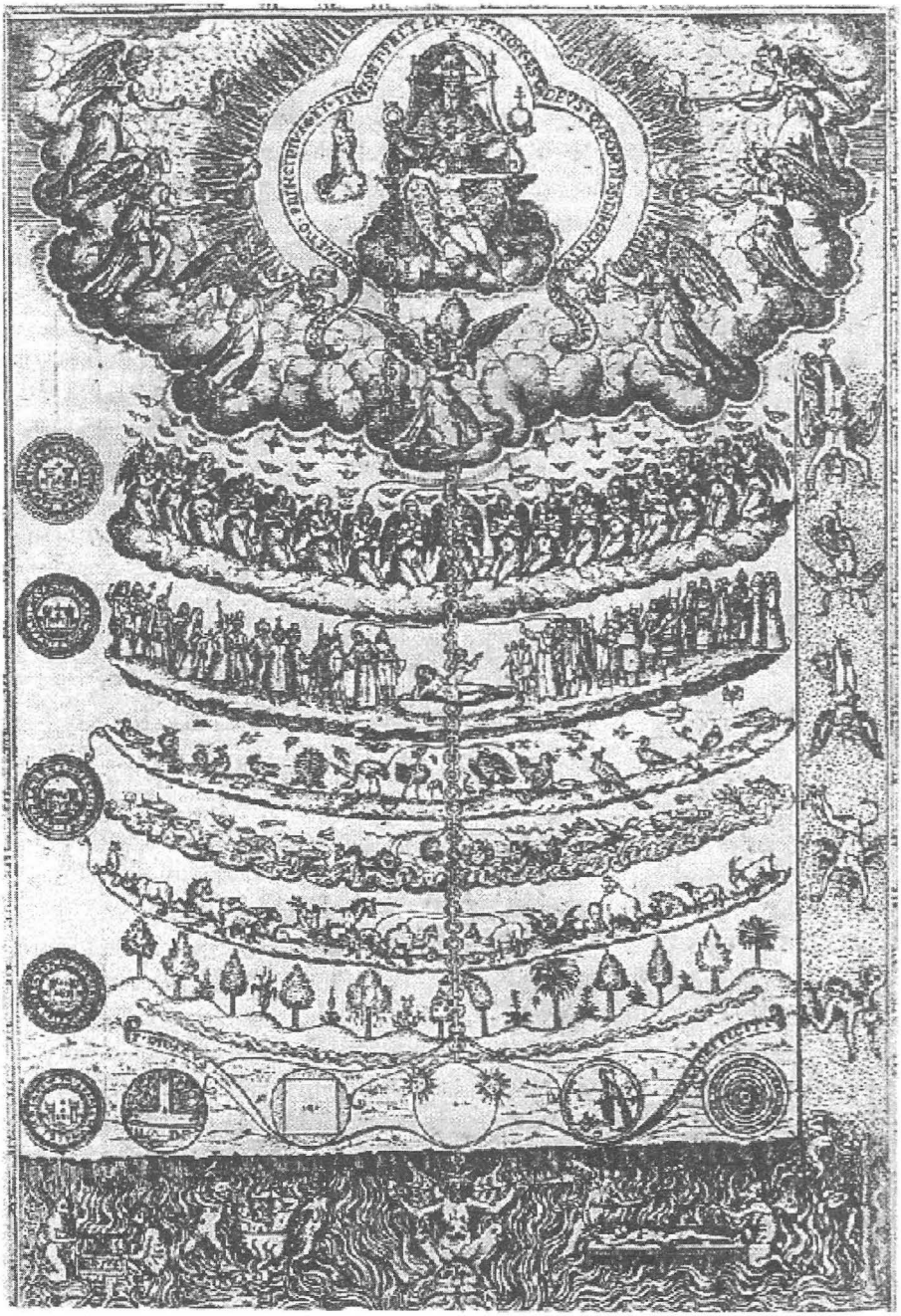
Eminim tüm okurlarımız bugüne kadar etraflarındaki yüzlerce farklı canlı türünden en azından birkaç tanesini ister istemez gözlemlemiştir. Bir köpeğin ağaç diplerine idrar bırakmasını, bir kedinin mırıldanıp gerinmesini, bir kuşun yem peşinde bir o yana bir bu yana gitmesini, bir karıncanın hareketlerini ve nicelerini... Belki de kendinize şu soruyu da sormuşsunuzdur: Bu hayvanlar, bu hareketleri düşünerek mi yapıyorlar, yoksa otomatik (veya içgüdüsel) olarak mı? Kitabımızın bazı okurları belki de hayvanların tüm hareketlerinin otomatik (sadece içgüdülerden doğan, düşünme sürecinin hiç bulunmadığı) hareketler olduğundan o kadar emindiler ki, böyle bir soru sorma ihtiyacı bile duymadılar! Eğer siz de bu okurlardan biriyseniz, rahatlıkla söyleyebilirim ki, çok büyük bir hata yapmışsınız.

Hayvanların içgüdüsel mi, yoksa belirli düşünsel aktivitelere bağlı olarak mı hareket ettikleri, bilim insanlarının yüzyıllardır ilgisini çekmiştir. 19. yüzyıldan önce yaşamış halkın ve hatta bilim insanları ile filozofların büyük bir kısmı, insan dışındaki hayvanların hepsinin katı bir şekilde, tamamen içgüdüyle hareket ettiklerini ileri sürmüşler ve düşünmüşlerdir. Hiç kimse, hayvanların da insanlar gibi genlerin diktasının ötesinde bir düşünce yapısına sahip olduğunu düşünmemiş, düşünse de bunu güvenilir bir şekilde ortaya koyamamıştır. Modern bilimin ve özellikle evrimsel biyolojinin doğuşundan önce yaşayanlar, insanlar ile hayvanlar arasındaki farkı "ruh" adı verdikleri metafizik olguya bağlamışlardır.[3] İnsanlarda "yaratılışları" gereği var olan bir doğaüstü ruh yapısına olduğuna işaret etmişlerdir ve hayvanları düşük seviyeli yapan şeyin, onlarda ruhun bulunmayışı olduğunu düşünmüşlerdir. Bu, meraklı bir zihni tatmin edici olmaktan çok uzak bir açıklama olsa da, insanların önemli bir bölümünü ziyadesiyle tatmin etmeye yetecek kadar inandırıcı; bilim ve eleştirel düşünce gibi konularda tamamen eğitimsiz bir aklın bile kolaylıkla kavrayabileceği kadar yalın bir "açıklama"dır. Dolayısıyla insanları hayvanlardan ayıran şeyin ruh olduğu konusunda insanları inandırmak hiç de zor olmamıştır.

Öyle ki, evrimsel biyolojinin doğumundan önce, Antik Yunan'a kadar uzanan bir zaman dilimi boyunca "Büyük Varlık Zinciri" (*scala naturae*) adı verilen ve büyük oranda Plato, Aristo, Plotinus ve Proklus tarafından geliştirilmiş bir "varlık basamakları" olgusuna inanılmıştır. Bu inanca göre varlıklar en üstünden en düşük seviyeliye doğru; Tanrı, melekler, insanlar, hayvanlar, bitkiler ve

3 Aslında insanlar canlılığa canlılık katan şeyin "ruh" olduğunu iddia etmeden önce "yaşam kuvveti" (İng: vital force, Fransızca: Élan vital) denen doğaüstü bir kuvvet olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sahte açıklamanın kökenlerini Stoik filozof Posidonius'a (M.Ö. 135-51) kadar takip etmek mümkündür. Bu kavram, sonradan dinî referanslarla birleşerek "ruh" halini almıştır. Hatta Abiyogenez Teorisi'nin geliştirilmesinden önce, 1907 yılında Fransız filozof Henri Bergson tarafından kaleme alınan "Yaratıcı Evrim" (İng: *Creative Evolution*) başlıklı kitapta bu kuvvet, canlılığı yaratan ve sürdüren, dahası canlılara bilinci kazandıran ana kuvvet olarak ele alınmaktadır.

mineraller olarak gruplanmaktadır. Hatta bazı düşünürler bunu bir adım daha öteye götürerek bu kategorileri de alt gruplara ayırmıştır. Örneğin melekler "üstün melekler", "baş melekler" ve "melekler" gibi kategorilere bölünürken, insanlar üstünden alçağa "Krallar", "Halk", "Köleler" gibi veya yine üstünden alçağa "Erkekler" ve "Kadınlar" olacak şekilde kategorilenmiştir. Hayvanlar, benzer şekilde, "Memeliler", "Kuşlar" ve "Denizdekiler" gibi alt gruplara ayrılmıştır. Memeliler içinde "üstün" olarak görülen hayvanlar genellikle aslan ve fildir; buna karşılık en alt seviyede evcil kediler yer alır. Köpekler ve atlar, kedilerden üstün görülmektedir. Kuşlar arasındaki en üstün hayvan kartal iken, en düşük seviyede serçeler bulunmaktadır. Hava elementiyle temsil edilen uçan hayvanlar ise, su elementiyle temsil edilen denizlerde yaşayan hayvanlardan üstün görülmüştür. Su hayvanları arasındaki en üstün canlı olarak balinalar görülmüştür; köpekbalıkları onların altında yer almaktadır. Bitkiler arasında en üstün canlılar ağaçlardır, ağaçlar arasındaki en üstün canlı ise meşe ağacıdır. Giderek alçalan seviyelerde ise otlar, çalılar, vs. yer alır. Antik Yunan (ve onların fikirlerini devşiren Ortaçağ düşünürleri), tamamen yanlış bir şekilde mantarları da bitki zannetmiş ve en düşük seviyeli bitkiler arasına mantarları yerleştirmişlerdir. Minerallerin en üstünü ise elmastır. Altın ve mermer onun altında yer alır. En altta ise toprak ve kum yer alır.Her ne kadar dönemin insanları ellerinden gelenin en iyisini yapmış olsalar da, böylesine temelsiz ve bariz bir şekilde hatalı fikirlerin toplum arasında kendisine yer bulmasının tehlikeleri, asırlar boyunca bu "zincir" düşüncesinin temelsizliğini sorgulayan kimsenin ortaya çıkmamış olmasından görülebilir. Öyle ki, günümüzde bile bu sıralamayı mantıklı ve makûl bulacak insanlara rastlamak mümkündür. 18. yüzyıla kadar bu "varlık zinciri" düşüncesine karşı çıkan ve fikrin geçerliliğini sorgulayan pek bir düşünür veya bilim insanı bile ortaya çıkmamıştır. Ancak neyse ki bilimin hızla güç kazanması sayesinde sadece bu zincir düşüncesi değil, aynı zamanda bu zincirle özdeşleştirilebilecek, insanı "ayrı" ve "üstün" kılmaya yarayan bir kavram olan "ruh" iddiasının da geçerliliği sorgulanmaya başlanmıştır. Çünkü tıpkı canlılar arasında bir "üstünlük hiyerarşisi" olduğuna dair hiçbir iz olmadığı gibi, insanları diğer canlılardan (ve özellikle hayvanlardan) ayıran "ruh" diye bir kavramın varlığına, etkisine veya herhangi bir izine rastlanmamaktadır. Bilim insanları ve filozoflar, bilimin derinliklerine inmeye başladıkça ve etrafımızda süregelen olayları sistematik, tekrar edilebilir, gözlenebilir ve güvenilir bir şekilde ortaya koymayı başardıkça, insanların açıklayamadıkları kavramlar için uydurdukları kelime ve kalıplar da tarihin tozlu sayfalarına gömülmeye başlamıştır. Psikoloji, biyoloji, fizyoloji gibi alanlarda yapılan önemli çalışmalar, canlıların davranışlarının "ruh" gibi metafiziksel bir kavramdan değil, tamamen somut ve maddeci bir şekilde araştırılabilen sinirlerden ve bu sinirlerin bir araya gelerek oluşturduğu nöral ağların faaliyetlerinden kaynaklandığını göstermiştir. Evrimsel biyolojinin doğuşuyla birlikteyse bu tür bilim dışı kavramlar büyük oranda bilimden temizlenmiş ve insanlar da bir bütünün sıradan bir parçası olarak incelenmeye başlanmıştır.



Görsel 6-1: Didacus Valdes tarafından 1579 yılında kaleme alına *Retorica Christiana* isimli kitapta çizilen bir Büyük Varlık Zinciri örneği... Görsel, halka arz edilmiştir ve telif hakkı bulunmamaktadır.

Tabii ki insanları "ruh" diye bir kavram uydurmaya iten sebepler tarafsız bir gözle bakıldığında kolaylıkla anlaşılabilecek unsurlardır. İnsanlar, etraflarında süregelen olayları, olguları ve bu ikisinden doğan neden-sonuç ilişkilerini açıklayamadıkları takdirde, bunlarla ilgili gerçek olmayan (hayali) kavramlar uydurmaya meyillidirler. Bu da, oldukça anlaşılır (ve bir o kadar da ilkel) bir insan davranışıdır. İnsan beyninin itici motoru "merak", bu merakı tatmin edici besin ise "bilgi"dir (ki bu bilgiyi güvenilir yöntemler, deneyler ve testler ile üretme işine günümüzde "bilim" adını vermekteyiz). İnsan beyni, diğer tüm hayvanlar gibi ihtiyaçlarını tatmin etmeye meyillidir ve merakı tatmin etmenin de tek yolu bilmediklerimize (dolayısıyla bizde merak eden unsurlara) yönelik açıklamalar geliştirmektir. Fakat bu, her zaman umulduğu kadar kolay olmayabilir. Bilgiyi üretmek zordur; ancak üretilen bilgiden anlamlı neden-sonuç ilişkileri geliştirmek bir o kadar daha zordur. Bu yapılamadığında, insan kendini yetersiz ve eksik hisseder. Merakınızı gideremediğiniz zaman yaşadığınız hissin "iç kemirici", "rahatsız edici", "huzursuzluk ve endişe verici" bir his olduğunu bilirsiniz; örneğin, biri hakkında haber alamadığınızda aklınızdan geçenleri bir düşünün. Ya da vahşi doğada yaşayan atalarımızın deprem ya da fırtınalar sırasında düşündüklerini ve akıllarından geçenleri... İşte bu toplumsal merak olgusu, tatmin edilmesi gereken, öylesine güçlü bir duygudur ki bunu yapmak adına insan toplumları hayali kavramlar yaratıp, anlam veremediklerini bu kavramlarla izah edip, içlerinde bulunan "merak giderme ihtiyacından doğan boşluğu" bu asılsız açıklamalarla doldurmaya çalışmışlardır. Yani bilimsel çalışmalardan gelmeyen, güvenilmez açıklamaların var olmasının yegâne sebebi merakı törpüleme ve bastırma ihtiyacıdır.[4] Bu nedenle bilim haricinden gelen ve var oluşa yönelik açıklamalar son derece tehlikelidir. Örneğin elimizde "ruh" gibi bir kavrama dair hiçbir kanıtın bulunmayışı ve bu kavramın bilimsel açıdan tamamen geçersiz oluşu, insanların kitleler halinde doğayla ilgili hatalı yargılara varmasıyla sonuçlanmıştır.

Elimizde ruh kavramına dair herhangi bir bulgunun bulunmayışı ve insan davranışları ile bunların hayvan davranışlarından farklarını açıklamak için bu tür bir kavrama hiçbir zaman ihtiyacımız olmamış olması, ruh kavramının geçersiz olduğunu göstermeye yeter mi? Aslına bakarsanız hayır. Ancak bilimde varsayılan tutum, hakkında güçlü ispatların olmadığı iddiaları reddetme yönündedir. Çünkü ispatsız olarak kabul edebileceklerimizin sınırı yoktur. Dünya etrafında dönen ve iklim değişimine neden olan görünmez pembe bir boynuzlu at bulunduğuna dair hiçbir kanıtımız bulunmamaktadır. Ancak bu-

4 Elbette günümüzde bu tip sahtekarlıklar maddi ve popülist emellerle de sürdürülmektedir. Yalan, halk içerisinde gerçeklere nazaran daha kolay yayılan bir unsur olduğu için, yalanlar ile para ve ün kazanmak, gerçekleri anlatarak kazanmaya nazaran çok daha kolaydır. Dahası yalanlar, kişilerin duymak istedikleri şeyler göz önüne alınarak inşa edilebilir ve şekillendirilebilir. Gerçekler ise yalın, çıplak ve bizim müdahale edemeyeceğimiz unsurlardır. Bu nedenle toplum içerisinde yalanlar, gerçeklere nazaran kendine çok daha kolay ve yaygın bir yer bulur. Bu konuya ve detaylarına Arkeoloji ile ilgili bölümümüzde döneceğiz.

lunmadığına dair bir kanıtımız da bulunmamaktadır. Bu durumda varsayılan tutum ne olmalıdır? Böyle bir atın varlığını kabul etmek mi daha makuldür, etmemek mi? Bu soruları yanıtlamak için bilimsel metodolojinin tipik 3 kuralı bulunmaktadır. Gelin ruh kavramını analiz etmek amacıyla bu 3 kurala bakalım ve bu sayede bilimin temel çalışma prensiplerine dair çok değerli olduğunu düşündüğüm bazı bilgilerin üzerinden geçelim:

BİLİMİN 3 TEMEL KURALI

Sözünü ettiğim kurallardan ilki, çoğu zaman eksik olarak kullanılan *"Kanıtın yokluğu, yokluğun kanıtı değildir"* argümanıdır. Bir şeye dair kanıtlarımızın olmayışı, onları tamamen reddetmemiz için yeterli değildir; evet. Ancak kanıt noksanlığı bir şeyi reddetmek için "yeterli" olmasa da, "geçerli" bir sebeptir. Dahası, sözün aslı, genellikle kullanılandan fazlasıdır. Argüman, aslen şöyle olmalıdır veya anlaşılmalıdır: *"Kanıtın yokluğu, yokluğun kanıtı değildir; ancak varlığın kanıtı hiç değildir!"* Yani eğer ki bir şeylerin varlığına dair kanıt bulamıyorsanız, evet, onların var olmadığını iddia etmek için kanıt yetersizliğinden fazlasına ihtiyacınız olabilir (kimi durumda). Ancak bu size, onların *var olduğunu* iddia etme yetkisini kesinlikle ama kesinlikle vermez. İnsanların düştüğü hata budur. Kanıt yokluğunu, varlığın kanıtı olarak lanse etmeye meyillidirler. Bir iddiaya (argümana, "şey"e) dair yeterince bilgimiz olmayışının, o iddiayı (argümanı, "şey"i) gerçekte olduğundan daha geçerli kıldığı yanılgısına düşerler. Buna felsefede *Argumentum ad ignorantiam*, ya da cehalet safsatası, cehalete başvurma veya cehalet argümanı adı verilir.[5] Bu, sadece "ruh" kavramı için değil, bilimle ilgili genel halkın anlamakta güçlük çektiği konularla ilgili geliştirdikleri uydurma kavramların birçoğunun arkasında yatan, sıkıntılı konulardan birisidir.

Bilimin metodolojisinde kanıt yokluğu ve varlığı ile ilgili olarak ikinci bir kuralsa, iddianın sıradışılığı ile ilgilidir. Bilimde kimi zaman, Carl Sagan tarafından popülerleştirildiği için "Carl Sagan Standardı" olarak bahsedilen, aslen ilk olarak Laplace ve David Hume tarafından tartışılmış olan, modern zamanlarda ise ilk olarak Marcello Truzzi[6] tarafından ileri sürülen *"Olağanüstü iddialar, olağanüstü kanıtlar gerektirir"* prensibi, bilimin güvenilirliği ile ilgili en kri-

5 Cehalet safsatası, formel olarak iki şekilde tanımlanır. Birincisi "*p* önermesi ispatlanmamıştır. Dolayısıyla *p*'nin tersi doğrudur" şeklindedir. İkincisi ise *"p* önermesinin tersi ispatlanmamıştır. Dolayısıyla *p* önermesi doğrudur" şeklindedir. Bunu günlük yaşantıdan bir örnekle zenginleştirmek mümkündür: *"Öğretmen öğrencilere 'Sorunuz var mı?' diye sordu ve hiçbir öğrenci soru sormadı. Demek ki sınıfın tamamı yarınki sınava hazırdır."* Bu önerme hatalıdır; çünkü öğrencilerin soru sormamaları (yani sınava dair bilmedikleri veya emin olmadıkları konular hakkındaki cehaletimiz), onların sınava hazır oldukları anlamına gelmez.

6 "Carl Sagan Standardı"nın kökenleri konusunda oldukça ilgi çekici bir yazı kaleme alarak bu standardın tarihi konusundaki düzeltmeleri dilimize katan ve bu kitaba da aktarılmasına vesile olan Tevfik Uyar'a teşekkür ederim. www.tevfikuyar.com üzerinden konu hakkında daha detaylı bir analiz okunabilir.

tik noktalardan birisidir. Eğer ki hakkında çok sayıda ispat bulunan bir teoriyi yanlışlayan bir argüman geliştirecekseniz; ya da sıfırdan, birçok şeyi bir bütün olarak tek bir seferde açıklamayı başaran, çok güçlü bir iddia ileri sürecekseniz; ya da çok sefer denenmesine rağmen bir türlü net bir şekilde veya yeterince açıklanamamış bir olguyu kimsenin yapamadığı şekilde bir anda ve bütüncül bir şekilde açıklayabildiğinizi iddia edecekseniz, bu muhtemelen "olağanüstü bir iddia" olacaktır. Bir önceki prensip dahilinde, elinizde kanıt olmaması, iddianızın içsel olarak hatalı olduğu anlamına her zaman gelmez, evet. Ancak yine izah ettiğim gibi, kanıt yetersizliğiniz, iddianızın aslen güçlü olduğu anlamına da gelmez! Dolayısıyla, eğer ki böylesine "olağanüstü bir iddia"da bulunacaksanız, sadece ufak tefek ve dolaylı birkaç kanıt yeterli değildir; olağanüstü miktar ve kalitede kanıta ihtiyacınız var demektir.

Elbette burada "olağanüstülük" birazcık göreceli bir kavramdır. Ne var ki, eğer ki yeterince güçlü ve kaliteli kanıtlarınız varsa, gerçeğe mutlaka ulaşacaksınızdır ve bunu bir noktadan sonra kolaylıkla ispatlamayı başaracaksınızdır. Çünkü unutmayın: Gerçek, bizim gerçekle ilgili açıklamalarımızdan tamamen bağımsızdır. Kütleçekimi, kütleçekimini hangi teoriyle (Newton'un Yerçekimi Teorisi, Einstein'ın Görelilik Teorisi, Kuantum Alan Teorisi, vs.) açıkladığımızdan tamamen bağımsız olarak bir gerçektir. Vardır ve var olacaktır. Bu nedenle, bize var olması haricinde hiçbir bilgi vermiyor olsa da, kütleçekimi başlı başına bir kanundur, bir doğa yasasıdır. Ancak bu yasaları kullanarak onların nasıl var olduklarını, nasıl çalıştıklarını açıklayan teoriler, kendilerine meydan okundukça güçlenir, değişir veya çürürler. Olağanüstü güçteki bir teoriyi yıkmak için, olağanüstü kanıtlara ihtiyacınız vardır. Bunu bulabildiğiniz sürece, var olan teorinin statüsü tamamen önemsizdir. Eğer gerçeğe ulaşmayı başardıysanız, var olan teori er ya da geç kanıtlarınız karşısında yıkılacak veya değişecektir. Ancak unutmayın: Çürüttüğünüz veya yıktığınız teorinin yerini doldurmak amacıyla ileri sürdüğünüz yeni teori (veya açıklama), sadece o teoriyi yıkarken ileri sürdüğünüz (veya keşfettiğiniz) olgu, kavram ve delilleri değil; aynı zamanda bir önceki teorinin halihazırda başarıyla izah edebildiği her bir olgu, kavram ve delili de aynı başarıyla açıklayabilecek şekilde kapsamlı ve güçlü olmalıdır. Zaten bilimi icra edilmesi zor bir uğraş kılan da tam olarak budur. Doğadaki çeşitli kavramları alıp, birbirine bağlayıp, uçuk kaçık teoriler geliştirmek çok kolaydır! Zor olan, bu açıklamaların elimizde bulunan diğer teorilerden daha güçlü olduğunu gösterebilmek ve bu konuda işin uzmanlarını bulgu, deney ve gözlemlerle ikna edebilmektir. Asırlar boyunca pek çokları biyolojik evrimi fark etmiş; ancak ilk olarak Darwin tüm dünyadaki bilim insanlarını buna ikna etmeyi başarabilmiştir. Bu, Darwin'in uzun sakalı, boyu posu, sarı saçı ve kaşından değil, itinayla topladığı akıl almaz miktarda veriyi, son derece usturuplu ve akılcı bir şekilde açıklayarak, adeta şairane bir dille akademik dünyaya sunmuş olmasındandır.

Bilimsel metodolojinin özünde yatan üçüncü bir kuralsa, *"ispat yükü, iddia sahibinin omuzlarındadır"* ilkesidir. Buna hukukta ve felsefede *onus probandi,*

ya da ispat yükü adı verilir. Eğer bir şeyin var olduğunu iddia ediyorsanız, bu iddianızı ikna edici bir şekilde, bilimsel metodolojiyi kullanarak, mantıklı bir çıkarımlar ve bulgular silsilesi aracılığıyla ispatlamak size düşer. Eğer iddianız herhangi bir kanıta dayanmıyorsa, iddianızı reddedenlerin de kendi görüşlerini savunmak için fazladan bir kanıta ihtiyacı yoktur. Yani yoldan birini çevirip de *"Ejderhaların var olmadığını ispatlayabilir misin? Hayır! O zaman ejderhalar vardır!"* diyemezsiniz. Ejderhaların var olduğunu iddia eden sizseniz, bunu ispatlamak da size düşer. İspatsız bir şekilde ileri sürdüğünüz iddianızı çürütmek için karşıtlarınızın kanıtlar aramasına gerek yoktur. Kimi zaman bu ilke, Christopher Hitchens'ın da ömrü boyunca sıklıkla sözünü ettiği gibi *"İspatsız bir şekilde ileri sürülen bir iddiayı çürütmek için kanıta ihtiyaç yoktur"* şeklinde ifade edilir.

İşte "ruh" kavramı ile ilgili olarak da söz konusu durum budur. Ruh savunucularının elinde, böyle bir kavramın var olduğuna dair bilimsel ve geçerli hiçbir kanıt zerresi bulunmamaktadır. Bu kanıtların elimizde olmaması, kavramın geçerliliğini arttırmamaktadır; tam tersine azaltmaktadır (bkz: *Argumentum ad ignorantiam*). Dahası, ruh kavramına dair sağda solda duyabileceğiniz ve istisnasız olarak hepsinde "kişisel deneyimler" (ya da komedyen Cem Yılmaz'ın ifadesiyle "kaynımda var") gibi son derece zayıf, dikkate alınmayacak, bilimsel geçerliliği olmayan veri kırıntılarının ruhun varlığına kanıt olarak ileri sürülmesi mümkün değildir (*"Bir köyde bir çocuk var, eski yaşantısında kim olduğunu biliyor"*, *"Ölümden döndürmüşler, bir ışık görmüş"*). Eğer ki ruh diye bir kavram varsa ve geçerliyse, bu kavrama er ya da geç ulaşmayı başaracak olan bilimdir. Zira fiziğe, var oluşa, evrene dair anlayışımızı kökünden değiştirecek, olağanüstü bir iddianın hak ettiği olağanüstü kanıtları ancak ve ancak bilimsel metodoloji sunabilecektir (bkz: Carl Sagan Prensibi). Son olarak, ruhun var olmadığını ispatlamak, bu kavramı reddedenlerin sorumluluğu değildir. Benzer şekilde, bilim insanlarına düşen de ruhun *var olmadığını* ispatlamak amacıyla kanıtlar toplamak değildir (zaten bilim bu tip çabalar ile zaman harcamaz). Ruhun *var olduğunu* ispatlamak, bu kavramın gerçekliğini iddia edenlerin sorumluluğudur (bkz: İspat yükü).

Ayrıca şunu da belirtmekte fayda var: Bilim insanları, "ruh" gibi bir kavramın varlığından korkan, bunu gizlemeye çalışan bir grup da değildir. Eğer ki "ruh", "Tanrı", "pembe boynuzlu at", "diş perisi", "Noel baba" vb. iddiaların herhangi bir aslı varsa, bilim er ya da geç bunun kanıtlarına ulaşacaktır. Ancak şu anda bunlara dair herhangi bir somut ve dikkate değer kanıt bulunmadığı için, bunların geçerli argümanlar olduğunu kabul etmek için de hiçbir nedenimiz bulunmamaktadır. Bilime düşen, elimizde var olan kanıtları incelemek, yeni kanıtlarla bunları zenginleştirmek ve doğaya yönelik algı ve anlayışımızı geliştirmektir. Eğer ki spekülasyonlarla zaman kaybedecek olursak, çok kıymetli olan tek hayatımızı boşa harcamış olacağız demektir. Bilim, buna göz yumabilmemiz için fazlasıyla kıymetli bir uğraştır.

HAYVANLARI ANLAYAMAMAK: RUH KAVRAMININ BİLİM ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİSİ

"Ruh" gibi bilim dışı kavramların bilim camiasından çıkarılması neden önemlidir? Gerçeğin gölgelenmesinden tutun da ispatlanmamış, yanıltıcı varsayımların ortadan kaldırılmasına kadar pek çok nedenle... Az önce sözünü ettiğim bilimsel üç temel prensip çerçevesindeki analizimiz bunu daha da iyi kavramanızı sağlamıştır diye umuyorum.

Fakat burada beni ilgilendiren, sizi ruh diye bir şeyin olmadığına ikna etmek değildir; sonuçta sizin veya benim bir şeylere inanmamız ya da inanmamamız, gerçeği değiştirmeyecektir. Beni burada ilgilendiren, ruh kavramı üzerinden yola çıkarak davranış bilimlerine geçiş yapmaktır. Zira insanların bir türlü canlıların nasıl "canlılık emareleri gösteren davranışlar sergileyebildiğini" açıklayamamış olması, bunun için ruh gibi kavramlar uydurmak zorunda kalışı, bilimsel açıdan son derece ilgi çekici ve insan zihninin kendini tatmin etmek için açıklamalar uydurma becersini anlamak açısından heyecan verici bir konudur.

Tarihsel olarak incelediğimizde, "ruh" adı verilen ve davranışlarımız, benliğimiz, algılarımız gibi kavramların nedeni olduğu iddia edilen kavramın halk ve bilim içinde varlık bulabilmiş olmasının, davranışların tümünün doğaüstü sebeplere bağlanmasıyla sonuçlandığı görülecektir. Nerede doğaüstücülük varsa, orada araştırma ve merak duyguları körelir, bilimsel gelişme ve toplumsal aydınlanma aksar. Ruh ile bilim arasındaki ilişkide tarihsel olarak olan da budur. İnsanlar, halihazırda bir açıklama (!) bulunduğu için, davranışlarımızın temelleri ve nedenleriyle ilgili araştırma yürütme ihtiyacını uzun asırlar boyunca duymamışlardır. Bu konuda şüpheleri ve merakları olanlarsa, insanı açıklama tekelini uzun asırlar boyunca elinde tutan din kurumu, dini liderler ve onların ellerinde bulunan yönetme ve yargı gibi güçlerden çekinerek insan-hayvan ilişkisini masaya yatırmaktan uzak durmuşlardır. İnsan ve hayvan davranışları üzerine az çok akıl yürütenlerse, karşılaştıkları binbir zorluk karşısında nihayet yıldıklarında, basitçe, "uydurulmuş olsa da güvenli olan" bir limana sığınabilirlerdi: *"Eh, bilimsel yöntemlerle açıklayamıyor olduğumuza göre, bunun nedeni gerçekten de ruhtur."*

Uzun lafın kısası, bilim içine bilim-ötesi safsataların sokulması, sorgulama, araştırma ve merak gibi itici kuvvetlerin hızını ve gücünü kesmektedir. Gerek halihazırda bir "cevap" bulunduğu için, gerekse de yapısı gereği "ruh" gibi varlıkların fizik ötesinde olmasından dolayı asla sırlarına erişemeyeceğimiz düşünüldüğü için... İşte bu nedenle gerçek olmayan ve gerçekliğine dair herhangi bir kanıtımızın olmadığı iddiaların bilim içinden elenerek ayıklanması çok büyük öneme sahiptir.

Bunun haricinde ruh kavramının var olduğunun iddia edilmesi ve bunun sadece insanlara bahşedilmiş bir nitelik olduğunun sanılması, yine bilimsel ve doğal gerçeklere taban tabana zıt olacak bir şekilde, insanların diğer hayvanlardan üstün görülmesine sebep olmuştur. İnsanların tüm davranışlarının ruhlarından ve bu ruhlarının durumlarından kaynaklandığına inanılmış, hayvanların bütün

davranışları ise "içgüdü" adı verilen ve varoluştan bu canlılara otomatik olarak davranmaları için "bahşedilmiş" bir hareketler bütünü olarak görülmüştür. Hâlbuki bugün net bir şekilde biliyoruz ki, insan son derece sıradan olan, ancak her hayvan gibi kendi türüne özgü bazı ayırt edici özellikleri bulunan bir hayvan türüdür. Tüm fizyolojik, morfolojik, anatomik, biyolojik ve davranışsal özellikleri, diğer tüm hayvanlarla büyük ölçüde paralellik hatta aynılık göstermektedir. İnsan da, diğer hayvanlar gibi kendisinden önce gelen ata türlerden evrimleşerek bugünkü haline ulaşabilmiş bir canlı türüdür. Adeliade Üniversitesi Tıp Bilimleri Bölümü'nden evrimsel biyolog Dr. Arthur Saniotis'in sözlerine kulak verelim:

"Bin yıldır, her türden yetkili makamlar -dinlerden, seçkin otoritelere kadar- rahatsızlık verecek şekilde insanların, hayvanlar âleminde en zeki varlıklar olduğu fikrini tekrar ediyorlardı. Ancak, bilimin bize gösterdiğine göre hayvanlar, insanlardan üstün bilişsel yeteneklere sahip olabilirler. İnsanların zekâ üstünlüğü inancı, felsefe ve bilimde değişmez bir yere sahip oldu. Belki de filozoflar arasında en çok sözü geçen düşünür olan Aristo bile insanların muhakeme yetenekleri yüzünden hayvanlardan üstün olduğunu savundu."

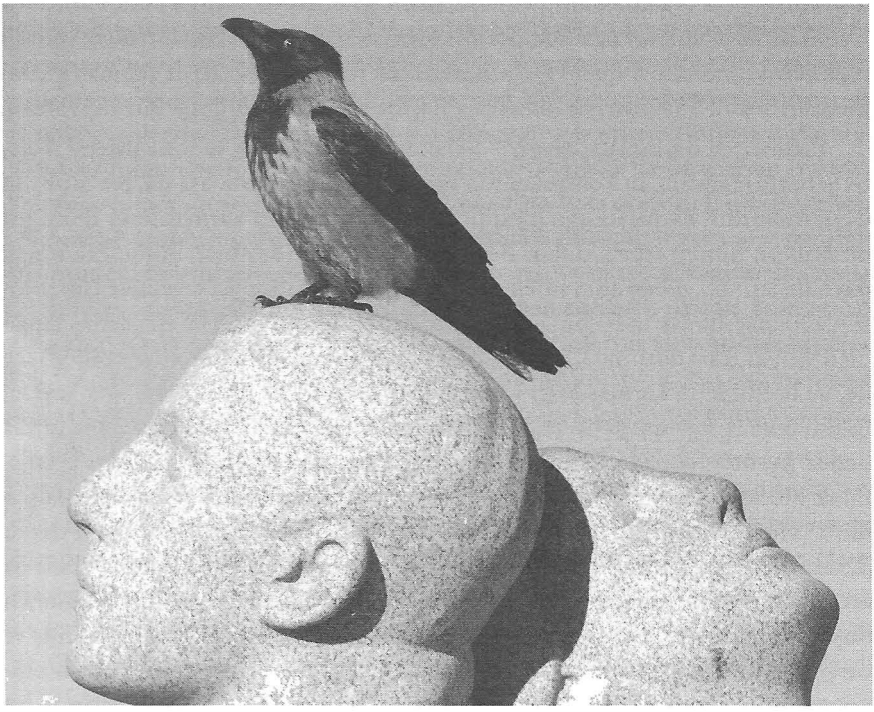
Bu durum, ruh gibi kavramların bilim içinde kendisine yer bulmasındaki tehlikeyi göstermektedir. Antropoloji ve Karşılaştırmalı Anatomi profesörü Dr. Maciej Henneberg ise, insanların "ayırt edici" olduğu iddia edilen zekâsıyla ilgili şunları söylüyor:

"Biz onları anlayamıyor iken onların da bizi anlayamaması, bizim 'zekâ'mızın seviyesinin yüksek olduğunu anlamına gelmiyor, sadece zekâlarımızın birbirlerinden farklı tipte olduğunu gösteriyor. Örneğin, bir yabancı kendi dilimizin yanlış/eksik haliyle bizimle iletişim kurmaya çalıştığında onun çok da zeki olmadığını düşünürüz. Ancak gerçek çok daha farklıdır. Çoğu dörtayaklı, yaşadıkları çevreye karmaşık koku izleri bırakıyorlar ve koalalar gibi bazıları ise koku izleri bırakabilmek için göğüslerinde bulunan özelleşmiş bezlere sahipler. Kısıtlı koku duyuları ile insanlar, bu koku izleri içinde bulunan, görsel dünya kadar bilgi açısından zengin olabilecek bu karmaşık mesajları anlayamıyorlar bile. Evcil hayvanlar bizimle iletişim kurup istediklerini anlatabilmek ile kalmıyor, bize istediklerini de yaptırabiliyorlar. Hayvanlar Alemi, değer verdiğimizden çok daha karmaşık!"

Diğer taraftan bakacak olursak, hayvanlar da insanların sahip olduğu pek çok özelliğe sahiptir; bunların birçoğunda insandan çok daha başarılıdır, bir kısmında ise insan, diğer hayvanlardan daha ileridedir. Ancak benzer bir durum, farklı özellikler incelendiğinde, farklı hayvanlar arasında görülebilir. Yine bugün biliyoruz ki, insanın diğer hayvanlardan ancak zekâ ve zekâya bağlı bazı özellikler söz konusu olduğunda ileridir; geri kalan özelliklerin çok büyük bir kısmında insan, diğer hayvanlar karşısında aciz kalmaktadır. Evet, insanlar; gezegenimiz üzerindeki en ileri düzeyde düşünebilen hayvan türüdür. Ancak anlaşılması gereken şudur ki insan, düşünebilen tek hayvan türü değildir. Beyni olan her hayvan düşünebilir, planlayabilir, kararlar alabilir. Sadece insan bunu bir (veya birkaç) adım ileri düzeyde yapar.

Bunu şöyle düşünebilirsiniz: Her canlının kendine has üstünlükleri, evrimsel süreçte diğerlerinden öteye gidebilmiş özellikleri vardır. Tıpkı kartalın insandan çok daha üstün görüş ve uçuş yeteneği olması, çitanın karaların en hızlı koşucusu, balinaların gezegenin en büyük hayvanları olması gibi, insan da gezegenin en ileri düzeyde düşünebilen hayvanıdır. Her birinin evrimi kendine hastır, evrimsel hikâyeleri kendilerine özgüdür. Zaten bu sebeple, ortak olan sayısız özellikleri bir yana, böylesine "ayırt edici" ve kendilerine özgü olan sadece birkaç özellik evrimleşebilmiştir.

Nasıl ki çitanın karaların en hızlı koşan hayvanı olması, diğer hayvanların koşamadığı anlamına gelmiyorsa; insanların gezegendeki en ileri düzeyde düşünebilen hayvan türü olması, diğer hayvanların düşünemediği anlamına gelmez. Kaldı ki, yapılan tüm bilimsel araştırmalar, diğer hayvanların da; özellikle memeliler ve kuşların da çok ciddi düşünme, algılama, karar verme yetenekleri olduğunu göstermektedir.



Görsel 6-2: Kargalar, kuşlar arasındaki en sıradışı zekâya sahip hayvanlardan birisidir. Kargalar, daha önceden hiç karşılaşmadıkları ya da sadece kısmen karşılaştıkları karmakarışık yapbozları çözebilecek kadar gelişmiş bir zekâya sahiptirler. Yaratıcı zekâya ve öz farkındalığa dair bolca iz bulundururlar. Öyle ki, bazı araştırmacılar dünya harici uzaylıların ne tip zekâya sahip olabileceğini anlamak için kargalar üzerinde araştırmalar yapmaktadırlar. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

İşte tüm bu nedenlerle bilimin "ruh" gibi geçersiz ve işlevsiz kavramlardan arındırılması ve somut, maddeci, doğalcı (natüralist) bir temele indirgenmesi, bilimin önünü açan ve bugünlere kadar ulaşabilmesini sağlayan en önemli adımlardan birisi olmuştur.

Eğer bu önemli bariyeri aşmayı başardıysak, artık hayvan davranışları bilimine giriş yapabilir ve evrimle ilişkisini incelemeye başlayabiliriz. İlk olarak davranış nedir, bunu tanımlayalım:

İNSANLAR VE DİĞER HAYVANLAR: DAVRANIŞLAR VE BEYİN AÇISINDAN GENEL BİR KIYASLAMA

Davranış, en genel tanımıyla organizmaların (canlıların), sistemlerin ve yapay varlıkların diğer sistem ve canlılarla etkileşim halinde olarak yaptıkları hareketlerin ve gösterdikleri hallerin tümüdür. Bir diğer açıdan bakıldığında davranışlar, bir organizmanın veya sistemin içsel, dışsal, bilince veya bilinçaltına dayalı, açık açık veya gizlice, istemli veya istemsiz uyaran ve dürtülere verdiği tepkilerin tümüdür. Tabii ki bu tanımları çok farklı şekillerde de yapmak mümkündür; ancak bu halleriyle oldukça anlaşılır ve genel olduğunu düşünüyorum.

Canlılarda davranışlar birincil olarak hormonal sistem ve sinir sistemi (özellikle beyin) tarafından kontrol edilir. Her zaman doğru olmasa da, bir canlının davranışlarının karmaşıklığı, o canlının sinir sisteminin karmaşıklığı ile doğru orantılıdır. Bunun sebebi şudur: Beyinle ilgili her şey (düşünce, bilinç, zekâ, algı, davranışlar, vb.), *nöron* adı verilen sinir hücrelerinin çalışması sayesinde işler. Nöronlar ölürse, bunların hiçbiri var olamaz, daha doğrusu canlı bu işlevlerini tamamen yitirir. Aksi durumda, nöronların sayısı arttıkça ve bu nöronlar özelleştikçe de, bu özelliklerin karmaşıklığı ve gelişmişliği artar. İşte illâ bir fark aranacaksa, insanı zekâ ve davranışlar açısından farklı kılan en temel, belki de yegâne unsur budur. Evrimsel süreçte, özellikle de et-temelli hepçil (omnivor) bir diyete geçmemizle birlikte insanın beyin hacminin büyümesi sonucunda, birim hacme düşen nöron sayısı da artmıştır. Dahası, bu evrimsel süreç içinde bilinçli ve algıya dayalı davranışlarımızı kontrol eden beyin bölgelerinin, beynin geri kalanına oranı da artmıştır. Bunun sonucunda, insanları diğer hayvanlardan ayırdığı düşünülen düşünce, zekâ, bilinç, davranışlar gibi özellikleri de karmaşıklaşmış, gelişmiş ve özelleşmiştir. İşte insanlara bin yıllar boyu sanrılar gördüren, kendini üstün zannetmesine neden olan düşünceler de bu evrimin bir ürünüdür. Ama evrimin bu ürünü sayesinde Leonardo da Vinci "Son Akşam Yemeği" tablosunu çizebilmiş, Auguste Rodin "Düşünen Adam" heykelini yapabilmiş, Kopernik yıldız sistemlerinin nasıl çalıştığını anlayabilmiş, Galileo Dünya'nın döndüğünü anlatabilmiş, Beethoven "Ayışığı Sonatı" (Piano Sonata No. 14, C# minör) isimli şaheseri yazabilmiştir. Yani insanların kendilerini üstün görmelerine neden olan düşüncelerle, yeniden aklını yeryüzüne indirerek ayaklarını yere bastıran düşünceleri mümkün kılan şey aynı evrimin ürünüdür.

Bu durumda şu soru kaçınılmaz olarak akla gelmektedir: *"İyi ama insanı diğer hayvanlardan farklı kılan bir şeylerin olduğu belli. Tamam, biyolojik kökenlerimiz aynı olsun. Ama bir aslan ile bir fil birbirinden çok farklı olmasına rağmen hareketleri, bizim hareket ve davranışlarımıza kıyasla halen oldukça basit kalıyor. Bu farkı yaratan nedir?"*

İnsanın beynini diğer beyinlerden ayıran özelliklere baktığımızda, ne yazık ki çok fazla fark görememekteyiz. Hatta insan beyni, birçok nörolog tarafından "oldukça sıradan" bir beyin olarak tanımlanmaktadır. Tabii ki nörologların bu iddiası asılsız değildir; son derece kapsamlı birçok analize ve gözleme dayalıdır. Gelin şimdi, hormonal sistemin de denetleyicisi olan sinir sisteminin insanlar ile diğer hayvanlar arasındaki farkları ve benzerlikleri nasıl yarattığına bir bakalım.

İlk olarak, insan beyninde yaklaşık 86 milyar nöron olduğunu belirterek başlayalım. Birçok eski kaynak (hatta ders kitapları bile), bu sayıyı 100 milyar olarak vermektedir; ancak bu hatalıdır. Herculano-Houzel ve ekibi tarafından 2009 senesinde yapılan çok kapsamlı bir araştırma, beynimizdeki nöron sayısını oldukça düşük bir hata payıyla tespit etmeyi başarmıştır. Gerçek insan beyinlerinden alınan örnekler ve istatistiki analizlerle yapılan bu çalışmada, "izotropik parçalama" denen yeni bir yönteme başvurulmuştur ve insan beyinlerinden alınan küçük parçalardan yola çıkarak organın tümüne dağılmış nöronların sayısı hesaplanmıştır. 100 milyar ile 86 milyar arasında çok fark olmadığını düşünebilirsiniz; ancak bu hata olurdu. Çünkü aradaki 14 milyar nöron, bir babun beynindeki bütün nöronlara eşittir. Gorillerin beynindeki nöronların ise yaklaşık olarak yarısına eşittir. Dolayısıyla sayılarla, hele ki milyar gibi büyük sayılarla oynarken dikkatli olmak gerekir. Sözünü ettiğimiz sayılar, kimi canlılara tüm niteliklerini kazandıran organın içindeki hücre sayısını veriyor olabilir. Şu anki halimizden "bir babun beyni" kadar farklı (ve düşük seviyeli) olsaydık, muhtemelen sahip olduğumuz hiçbir şeye sahip olamazdık.[7]

İkincisi, beyin büyüklüğü ile ilgilidir. Çoğu insan daha büyük bir beynin, daha zeki bir hayvana eşit olduğu izlenimine sahiptir. Bu da büyük bir hatadır. Evet, birbirine çok yakın akraba türleri kıyaslıyorsanız (örneğin *Homo* cinsi içinde olan Neandertaller ile modern insanları kıyaslıyorsanız), muhtemelen sadece beyin büyüklüğüne bakmak size doğrudan bir fikir verecektir; çünkü vücut büyüklükleri çoğu zaman kabaca aynı olacaktır. Ancak eğer ki

7 Bu durumun tersi, şu anda olduğumuzdan "bir babun beyni kadar" daha zeki olmaktır. Astrofizikçi Neil deGrasse Tyson bununla ilgili hoş bir düşünce deneyi sunar: Bizi ve zekâmızı, yaşayan en yakın kuzenlerimiz olan şempanzelerden ayıran şey, %1 .23'lük genetik farklılıktır. Eğer ki bizden bile daha zeki olabilecek yönde, genetik olarak bizden %1.23 farklı olan bir tür sizce nasıl bir zekâya sahip olurdu? Biz, şu anda şempanzelerle doğru düzgün irtibat kuramıyoruz. O tür, bizimle irtibat kurabilir miydi? Yoksa biz onlara, şempanzelerin bize gözüktüğü gibi mi gözükürdük? Tüm bunlar üzerine kafa yormak, sizi oldukça ilginç farkındalıklara götürecek, doğadaki yerinizi çok daha iyi anlamanızı sağlayacaktır. Evrimsel biyolojinin hayatımıza kattığı müthiş anlamlardan ve farkındalıklardan birisi de budur.

farklı takımlardan, sınıflardan, vb. daha büyük taksonomik gruplardan türleri kıyaslayacak olursanız, işler değişecektir. Çünkü bir fil veya bir balinanın beyni yanında insan beyni dikkate değer miktarda küçük kalmaktadır. Bir fil beyni, bir insanın beyninden 4 kata kadar daha büyüktür. Bir sperm (ispermeçet) balinasının beyni ise insan beyninin 5.5 katına kadar çıkabilir. Dahası, beyin büyüklüğü ile davranış yelpazesi arasındaki ilişki de muğlaktır. Örneğin, 70 gramlık beyin kütlesiyle dünya üzerindeki en iri kemirgen olan kapibaranın bilişsel yetenekleri, 50 gramlık beyne sahip olan bir kapuçin maymununun bilişsel yetenekleri karşısında tam anlamıyla bir hiçtir. Benzer şekilde, her ne kadar fil ve balina davranışları nefes kesici olabilse de, insan zekâsı ile bunları kıyaslamak komik kalacaktır.

Üçüncüsü, beyin büyüklüğü ile vücut büyüklüğü arasındaki ilişkidir. Aslında bu konuya kitabımızın son bölümünde tekrar döneceğiz; fakat burada da temellerinden bahsetmekte fayda var. Çünkü o bölümdeki yazımız, bundan çok daha kapsamlı bir analiz olacak. İnsanın vücut büyüklüğüne kıyasla en büyük beyne sahip olduğu safsatası M.Ö. 335 yılında *"Tüm hayvanlar arasında insan, vücuduna kıyasla en büyük beyne sahiptir"* şeklinde yazan Aristo'ya kadar gitmektedir. Az önceki insan-fil örneğine bakacak olursak, bir anlığına Aristo ve diğerlerinin haklı olduğunu düşünebiliriz. Çünkü insanın vücudu, beyninin sadece 40 katı büyüklüğe (kütleye) sahipken filinki 560 kata kadar çıkmaktadır. Dikkat edecek olursanız bu sayının daha küçük olması, beynin vücut büyüklüğüne göre oransal olarak daha iri olması demektir. Bu orana "beyin-vücut hacmi oranı" denir. Dolayısıyla insan beyni, fil ile kıyaslandığında gerçekten de vücuduna nazaran oldukça iri bir beyindir. Fakat araştırmanızı daha geniş bir hayvan grubuna yayacak olursanız, sorunlarla karşılaşmaya başlarsınız. Örneğin, bir farenin de vücudu, beyninin 40 katı kadardır; ancak bir farenin insan kadar zeki olduğunu kimse iddia edemez. Peki ya bazı küçük kuş türlerinin vücutlarının, beyinlerinin sadece 12 katı olmasını nasıl açıklayacağız? Eğer uzaya roket gönderen veya Yıldızlı Gece[8] gibi bir esere imza atabilen bir kuş tanıdığınız yoksa, bu kıyaslamanın da insanları diğer hayvanlardan ayırmak için yetersiz olduğunu görmek zor olmayacaktır.

Bilim insanları, uzun çabalar sonucunda insanların zekâsını açıklamayı başarabilecek "Ensefalizasyon Katsayısı" (EQ) adı verilen bir metot geliştirmişlerdir. Bu EQ, gençlik dergilerinde "duygusal zekâ" olarak bahsedilen, büyük oranda geçersiz bir katsayı olan "EQ"dan farklıdır. Ensefalizasyon Katsayısı, bir hayvanın beyin büyüklüğünün vücut büyüklüğüne oranını, kendisiyle benzer büyüklükte olan diğer hayvanlarla kıyaslayacak şekilde ölçen bir katsayıdır. Eğer böyle bir analiz yapacak olursanız, ilk defa doğru bir şekilde insanın diğer tüm hayvanlardan daha yüksek bir katsayıya sahip olduğunu göreceksinizdir. Bu ölçekte insan 6.56 EQ'ya sahipken, hemen ikinci, üçüncü ve dördüncü sıra-

8 Yıldızlı Gece, Hollandalı post-izlenimci Vincent van Gogh tarafından çizilmiş meşhur bir tablodur.

da gelen çeşitli yunus türleri ortalamada 5.25 EQ puanına sahip olacaktır. Sonrasında sırasıyla makak (3.15), babun (2.81), şempanze (2.63), kapuçin maymunu (2.63), goril (1.75), çakal (1.69), Afrika gri papağanı (1), aslan (0.73), kaplan (0.68), su aygırı (0.5) ve mavi balina (0.38) gelmektedir.

İnsanın zekâsını diğerlerinden ayıran bir parametre bulduk gibi gözüküyor. Peki bu daha iri beyinler, daha fazla nöron anlamına mı geliyor? Yine Herculano-Houzel ve ekibi tarafından yapılan araştırmalar, tüm memelilerin nöron yoğunluğunun aşağı yukarı aynı olduğu iddiasını net bir şekilde çürütmeyi başarmıştır. Araştırmaya göre insan da dahil olmak üzere primat beyinleri irileştikçe, nöron sayıları da benzer bir hızda artmaktadır. En büyük primat da, en küçük primat da bu kurala uymaktadır. Fakat söz konusu inceleme kemirgenlerde yapıldığında işler değişmektedir. Bu hayvanların beyinleri büyüdükçe, nöron sayıları eşit hızda artamamaktadır. Bu da, kemirgen beyinlerinde gram başına daha az sayıda nöron ile sonuçlanmaktadır. Buna karşılık böcek yiyen hayvanların beyinleri, primatlarla kemirgenlerin bir karışımı gibidir. Beyinlerinin bazı bölgeleri (özellikle yüksek zihin fonksiyonları ile ilişkilendirilen serebrum ve serebellum kısımları), tıpkı kemirgenlerde olduğu gibi büyümeyle paralel olmayan bir hızda nöron artışına uğrarken, diğer kısımlarında eşit bir büyüme gözlenmektedir. Konuyu özetlemek adına, Herculano-Houzel'in şu sözlerine kulak verebiliriz:

"Bir kemirgenin beyni 35 kat büyüdüğünde, nöron sayısı sadece 10 kat artmaktadır. Buna karşılık, bir primatın beyni 11 kat büyüdüğünde, nöron sayısı 10 kata kadar artmaktadır. Bir diğer deyişle, tıpkı insan gibi 86 milyar nörona sahip olan hayali bir kemirgenin beyni akıl almaz bir şekilde 35 kilogram olurdu. Bu, günümüze kadar keşfettiğimiz herhangi bir türün beyin büyüklüğünden kat kat fazladır."

Yazarların karmaşık bir şekilde izah etmeye çalıştıkları şey, özünde şudur: Bir canlının vücudu büyüdükçe, tıpkı kollarının, bacaklarının ve genel olarak vücudunun büyümesinin son derece normal olması gibi, beyninin büyümesi de çok normaldir. Fakat bu büyüme oransal olarak tüm vücut parçalarında kabaca eşit olmalıdır. Örneğin bir canlının genel vücut hacmi evrimsel değişimler sonucunda birkaç milyon yılda 2 katına çıktıysa, beyninin de hacimsel olarak kabaca 2 katına çıkmasını bekleriz. Ancak bu büyümenin ana sebebi nöron sayısının artması değildir; hücre büyüklüklerinden tutun da dokusal yapıların büyümesine ve doku içi sıvıların artmasına kadar birçok unsur bu büyümeden sorumludur. Buna rağmen, eğer ki beyin 35 kat büyüyorsa ve nöron sayısı da 35 kat artıyorsa, bu müthiş bir artıştır! Az önce birkaç milyar nöronun bile ne kadar büyük fark yaratabildiğinden söz etmiştim; dolayısıyla bunun önemini anlayabilirsiniz. Ne var ki kemirgenlerde vücut (ve dolayısıyla beyin) 35 kat büyüdüğünde, nöron sayısı sadece 10 kat artmaktadır. Bu oransızlık, onların zekâsının, vücudun ihtiyaçlarını takip edememesiyle, dolayısıyla da bizlerden daha düşük zekâya sahip olmalarına neden olmaktadır. Öte yandan primatlar-

da vücut, beyin ve nöron sayısı neredeyse eşit oranlarda artmaktadır (kabaca 10 kat). Bu durum, zekânın ana sağlayıcılarından birisi olan nöron sayısının, vücudun ihtiyaçlarına fazlasıyla yetmesini mümkün kılmaktadır. Buna bağlı olarak primatlar, memeliler arasındaki en zeki takım olarak öne çıkmaktadır.

Bu durumda, insan beynini özel kılan nedir? Açıkçası hiçbir şey. Sinirbilimciler on yıllardır insan beynini didik didik etmektedirler; ancak en azından yapısal ve içeriksel olarak insan beynini ayrı kılan pek bir özelliğe rastlanamamıştır. Örneğin 86 milyar nöron, matematiksel analizlere göre tam da insanda vücudunun boyutlarına göre *olması gereken* nöron sayısıdır. Yani *beklenenden* yüksek bir nöron sayımız bulunmamaktadır. Eğer ki bir şempanze, bir insan kadar iri olsaydı, onun da kabaca 86 milyar nöronu olurdu.

Ancak... Az önce verdiğim bilgilerin satır araları eleştirel ve dikkatli bir şekilde okunmalıdır. İnsan beyninin şu anda ne olduğu tek başına pek bir anlam ifade etmemektedir. Asıl önemli olan ve bizim "ne" olduğumuza anlam kazandıran, beynimizin bugünkü haline nasıl ve ne süreçlerden geçerek geldiğidir. Yani insanın neden bu kadar zeki olduğunu anlamak istiyorsak, muhtemelen hatalı bir şekilde sadece beyne ve anatomisine odaklanıyoruz. Bize milyar dolarlık sorunun cevabını veren ipucu, her zamanki gibi evrimsel biyolojide yatıyor. Eğer ki nereden geldiğimizi tam olarak anlayabilirsek, neden bu şekilde olduğumuzu da net bir şekilde öğrenebiliriz. Herculano-Houzel'in sözleriyle bu kısmı kapatayım:

"İnsan beyni, tıpkı bir primat beyni gibi büyüme göstermektedir. Bu büyümenin tek başına ekonomik özelliği bize şu gerçeği göstermektedir: İnsan beyninde, aynı boyutlardaki hayali bir kemirgen (ve hatta muhtemelen diğer hayvanların) beynine göre çok daha fazla nöron bulunmaktadır. Dahası, primatlar arasında en büyük beyne sahip olmanın gururunu yaşıyoruz. Dolayısıyla en azından primatlar arasında, bilişsel algı ve davranışların tamamından sorumlu olan nöronların en fazla sayıda bulunduğu beynin keyfini sürüyoruz."

İşte bu bizi, "biz" yapıyor. Aklınıza takılmış olabilir: Az önce tam da "beklendiği" sayıda nöronumuzun olduğundan bahsettim; şimdi ise "en fazla" gibi laflar kullanıyorum. Belirtmek isterim ki bunlar birbiriyle çelişen ifadeler değildir. Şempanzeler gibi kuzenlerimize baktığımızda nöron sayılarımızın onlara nazaran tam da beklendiği miktarda olduğunu görüyoruz. Yani bizim sahip olduğumuz sayı kuzenlerimize kıyasla şaşırtıcı bir sayı değil. Ancak buna rağmen bu "beklenen değer", diğer tüm hayvanların oransal değerinden fazla ve bu bize sahip olduğumuz zekâ, bilinç ve algı kapasitemizi veriyor.

Peki ya diğer hayvanlar? Onlar tamamen otomatik makineler mı? Bir hayvan, bir robottan daha fazla algı ve bilgiye sahip mi? Bir hayvan, kendisine "önceden programlanmamış" kararlar alabilir ve tercihlerde bulunabilir mi? Yoksa bir hayvan, tamamen genler tarafından dikte edilen, hiçbir beyin faaliyetine gerek olmayan, soğuk bir makineden mı ibaret? Bunları anlamak için, hayvanlar âlemine giriş yapmamız gerekiyor.

HAYVANLARI TANIMAK: ONLARI BİZDEN ÜSTÜN KILAN ÖZELLİKLER

İnsanların kendilerini diğer hayvanlardan "üstün" görebilecek kadar kibirli olduklarını uzun bir süredir bilmekteyiz. Ancak bu "üstünlük" iddiası neye dayanmaktadır? Hayvanları tanımanın iyi bir yolu, onların neler yapabildiklerine bakmaktır. Bunun için en sevdiğim hayvan olan çitalardan örnek vermek istiyorum:

Dünyanın en hızlı kısa mesafe koşucusu olan Usain Bolt'un çıkabildiği maksimum hız yaklaşık 44.72 km/h'tir yani 12.42 m/s (saniyede 12.42 metre). Bu sayı, 100 metre koşusunun 60. ila 80. metreleri arası baz alınarak hesaplanmaktadır; böylece hızlanma ve yavaşlama kısımları göz ardı edilebilmektedir. Bolt, bu hızını yaklaşık olarak yalnızca 20 metre ve 1.61 saniye boyunca koruyabilir, sonrasında ise yavaşlamak zorundadır. Dünya rekorunu son kırdığı 100 metre koşusunda yarışı 9.58 saniyede bitirmişti ve ortalama hızı saatte 37.58 kilometre idi. Reaksiyon zamanı olan 0.15 saniye çıkarıldığında, ortalama hızının yaklaşık 38.18 km/h olduğunu görebiliriz.

Yapılan hesaplamalar, Bolt'un 0'dan 35 km/h hıza 2.35 saniyede çıkabildiğini göstermektedir. Buna karşılık, dünyanın kaydedilmiş en hızlı koşucusu olan çita ise, 0-100 km/h arası hıza 3.1 saniyede çıkabilir, 103 km/h (ya da 28.6 m/s, saniyede 28.6 metre) maksimum hızla koşabilir, ve bunu yaklaşık 12 saniye boyunca (yaklaşık 350 metre boyunca) koruyabilir. Eğer bunu daha fazla zorlayacak olursa, vücut sıcaklığı 46 derecenin üzerine çıkar ve bu sıcaklık, beynindeki nöronlar ile birçok diğer hücreye zarar vermeye ve öldürmeye başlar. Çita, kısa mesafe insan koşucularının aksine, takip sırasında, bu hızda koşarken sadece düz bir çizgi izlemez, kuyruğunun verdiği dengeyle çok keskin dönüşler yapabilir. Kovalama sırasında çitanın kalp hızı dakikada 60 atımdan 170'e kadar çıkabilir. Üstelik bu hızdayken sadece koşmaz ve manevralar yapmaz, avına ulaşabilirse hızla ileri doğru sıçrayarak yere indirir ve mücadele eder. Kalbi, diğer hayvanlarınkine göre çok daha geniştir ve güçlü kaslarla sarılıdır. Bacakları ve vücudu bu hızı sağlayabilecek şekilde esnek ve güçlüdür ve daha nice adaptasyon sayesinde çita bu ününü koruyabilmektedir.

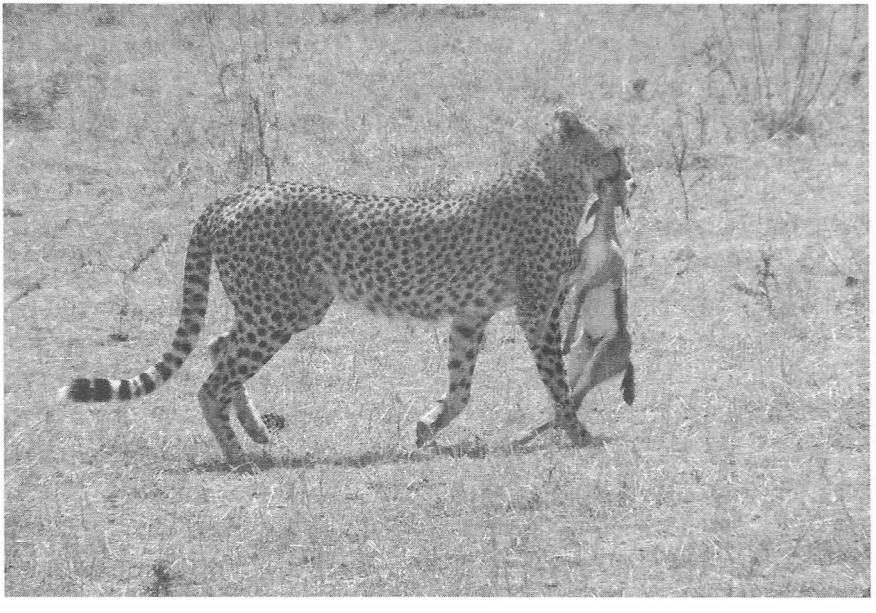
Buna hemen itirazlar geleceğini biliyorum. *"Evet, bir çita insandan daha hızlı koşabilir; ancak biz de bir Bugatti Veyron inşa ederek çitayı geçebiliriz; dolayısıyla biz daha üstünüz!"*

Kısmen de olsa haklısınız. İnsanların şimdiye kadar ürettiği ve resmi olarak otoyollarda kullanılabilen en hızlı arabalardan biri olan Bugatti Veyron, maksimum 431.1 km/h'e (119.8 m/s) çıkabilir ve 0-100 km/h çıkışını 2.46 saniyede tamamlayabilmektedir. Aracın hiçbir donanımsız, taban fiyatı ortalamada 2.400.000 Amerikan Doları'dır. Veyron'u geçme ihtimali olan ancak halen onaylanmamış olan Koenigsegg Agera R ile Veyron'dan bir sonraki onaylı en hızlı araba Hennessey Venom GT de bu değerlere yakın özelliklere sahiptir.

Kıyaslama olması açısından, 100 metre mesafeyi maksimum hızlarındayken (hareketsiz konumdan kalkışları ve hızlanma süreleri göz ardı edilirse) Usain Bolt 8.19 saniyede, çita 3 saniyede, Bugatti Veyron 0.8 saniyede tamamlayabilmektedir. Bu durumda, böylesi makineleri yaratabildiğimiz için "en süper" biz miyiz?

İyi ama; tamamen doğal yollarla bize fiziksel üstünlük sağlayan, evrimsel tarihlerinden ötürü bu özellikleri kazanmış hayvanların, hiçbir araç gerece ihtiyaç duymaksızın bizi birçok konuda alt etmesi yeterince "üstün" değil midir?

Sonuçta yine benzer bir evrimin ürünü olarak elde ettiğimiz beynimizin önemli bir parçası olan "alet yapabilme yetisi"nin uzantıları olan elektronik, mekanik, vb. sistemler inşa edebilmemiz, bizi onlardan üstün kılar mı? Birbiriyle fiziksel olarak yarışan iki atletten, ikisinin de aynı şartlarda değerlendirilmesi gerektiğini düşünmez miyiz? Örneğin iki koşucudan birinin sırtında itici motorlar varsa, o yarış adil midir? Ürettiğimiz hemen her şeyde doğaya dönüp baktığımız, evrimin yarattığı ürünlerden faydalandığımız (Evrimsel Algoritmalar ve Robotik ile ilgili bölümde buna döneceğiz) düşünülecek olursa, nasıl olur da kendimizin doğadaki diğer ürünlerden (örneğin hayvanlardan) üstün olduğumuzu iddia edebiliriz? Dahası, ürettiğimiz araçlar bir çitayı hız bakımından geçebiliyor olsa da, atiklik, kıvraklık, denge, değişkenlik gibi çitanın yüksek hızlarda sergileyebildiği sayısız akrobatik niteliği bu araçlarımız sergileyebilmekte midir?



Görsel 6-3: Çitalar, karaların en hızlı koşucularıdır. Bu eşsiz hız ve atiklikleri sayesinde avlanırlar ve kendilerini ve yavrularını besleyerbilirler. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Tüm bunlara rağmen, bana kalırsa bu konuyla ilgili argüman geliştirirken yapılabilecek kötü bir girişim, kör bir şekilde rastgele hayvanlar seçerek onların üstün taraflarından bahsetmek ve bunu yaparken insanı bayağılaştırmaktır. Bu, bana göre konuya iyi bir yaklaşım biçimi olmayacaktır. Sonuçta ele alacağımız her bir hayvanın (ve hatta her bir canlının) insana karşı öyle veya böyle üstün özellikleri olacaktır; ki demek istediğim de tam olarak budur. Elbette ki insanın bazı üstün özellikleri olacaktır; bunları kendimizi diğer canlılardan üstün görmek ve onlara hükmetmeyi meşru kılmak için kullanamayız!

Yine de ben diğer hayvanların bizimle pek de alakası olmayan özelliklerini anlatarak insanın sıradanlığını göstermeye çalışmayacağım. Çünkü örneğin bir mantis karidesinin bizden daha iyi görmesi ya da gezegen üzerindeki en güçlü yumruğa sahip olması, bizimle pek de alakalı değildir. Zira insan, görme yetisi ya da yumruk gücüyle bilinen, bu konuda özelleşecek biçimde evrimleşmiş bir hayvan türü değildir. Bir bitkiyi bile ele alacak olsanız, fotosentez ile kendi besinini Güneş'ten gelen enerjiyi kullanarak üretebiliyor olması bakımından insandan kat kat "üstün" olduğu iddia edilebilecektir. Ancak yine insan, kendi vücudu içinde besin üretebilmek konusunda diğer canlılarla yarış halinde olan veya bu tip bir nitelikle onlardan üstün olma iddiasında bulunan bir canlıdır.

İnsan, zekâsıyla ön plana çıkan bir hayvan türüdür. Bu özelliği üzerinden "üstünlük" iddiasında bulunan bir hayvan türüdür. Dolayısıyla insanın ve söz konusu özelliklerinin sıradanlığı hedef alınacaksa, zekâ ile ilişkili bu özellikleri barındıran diğer hayvanlara bakılmalıdır. Bu, sadece insanın ayaklarını yere bastırma amaçlı bir girişim değildir. Aynı zamanda, insanı "insan" yapan bilişsel birçok fonksiyonun temellerinin diğer canlılarda bulunduğunu görmemizi sağlayacaktır. Bu da, evrimsel biyoloji ve karşılaştırmalı bilimler sayesinde diğer canlı türlerine bakarak kendimize dair ne kadar fazla şey öğrenebileceğimizin hoş bir göstergesidir.

Gelin hep birlikte, insanlara atfedilen bilişsel özelliklerin diğer hayvanlarda ne şekilde bulunduğu üzerinden giderek konuyu anlamaya çalışalım.

Örneğin, son derece temel bir insani özellik olan ve zekâmızın temelini oluşturan "alet yapma ve ürün üretme" yeteneğimizi ele alalım. Birçok diğer hayvan, çevrelerinde bulunan cisimleri alet olarak kullanmayı başarabilmektedirler. Evet, insanlar gibi karmaşık cihazlar üretememektedirler; ancak beyinleri, bazı cisimlerin "işi kolaylaştıracak yapıda" olduğunu anlamalarını sağlayacak kadar gelişmiştir. Zaten makineler, cihazlar ve ürünler, özünde hayatımızı kolaylaştırmak için geliştirdiğimiz sistemlerdir. İnsan harici hayvanlarda da bu algının bulunuyor olması gerçekten hayret vericidir. Örneğin kuzgunlar, avladıkları yumurtaları kırmak için daha sert olan taşları alet olarak kullanabilmektedirler. Hatta kimi zaman, daha büyük taşları kullanarak yumurtaları tek bir noktada sabitlerler; sonrasında daha küçük bir taşla yumurtayı parçalarlar. Belki taşa vurma fikri tek başına o kadar da ilgi çekici gözükmeyebilir; ancak

yumurtaları sabitlemek amacıyla daha iri taşlar kullanabileceklerini düşünmeleri ve iki taş arasına yumurtayı sabitleyebilmeleri oldukça etkileyicidir. Sadece kuzgunlar da değil! Orangutanların çeşitli dallar kullanarak nehirlerde balık avlayabildikleri, bazı balıkçılların avladıkları daha küçük balıkları yem olarak kullanarak daha iri balıkları avlayabildikleri uzun bir süredir bilinmektedir. Bununla ilgili ilginç bir araştırma raporuna göz atalım:

Toronto'da bulunan York Üniversitesi'nden antropolog Anne Russon'ın 14 Nisan 2011'de Amerikan Fiziksel Antropoloji Derneği'nin toplantısında ilan ettiği rapora göre Borneo'da yaşayan orangutanlar kıyılara vuran balıkları veya sığ sulardaki kedibalıklarını yakalayarak yiyebilmektedirler. Bu sonuca ulaşabilmek için Russon ve ekibi 2 yıl boyunca bu ormanlarla dolu adalarda orangutanları incelediler ve birkaç sefer onların sopalarla kedibalıklarını avladıklarını tespit ettiler. Ancak asıl ilginç olan, kullandıkları yöntemdir: Gözlemleri sırasında gördükleri, orangutanların bir sopa yardımıyla suyu karıştırdıkları ve kedibalıklarını korkuttuklarıydı. Korkuyla kaçmaya çalışan balıklar, orangutanın sopayı ustaca kullanmasından ötürü karaya doğru kaçmaya çalışıyorlardı ve hazırda bekleyen orangutanların onları elleriyle yakalamaları mümkün oluyordu!

Daha da ilginç bir örnek, orangutanlarda alet kullanma konusunda araştırmalar yürüten Schuster ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yayınlanan *"Ormanın Düşünürleri: Orangutan Raporu"* isimli kitapta anlatılmaktadır. Yazarlar, uzun bir çubuk kullanarak balıkları avlayan bir orangutanın fotoğrafını çekmeyi başarmışlardır ve bu kareyle ilgili şunları yazmaktalar:

"... bir erkek orangutan, dallardan dikkatle sarkarak suyu bir sopayla karıştırıyor ve bu şekilde, umutsuzca geçen balıkları avlamaya çalışıyor. Bu sıradışı ve dünya çapında ses getiren fotoğraf, Borneo'da bulunan Kaja adasında çekildi. Bu birey bölgede, Gohong Nehri üzerinde bu şekilde avlanan balıkçıları görmüştü. Her ne kadar bu yetenek, kendisinin bunu ustalıkla yapabilmesi için oldukça karmaşık ve zor olsa da, sonradan, gözlediği balıkçıları taklit ederek bir sopa kullanarak balık avlamaya çalışmıştı. Üstelik yakalamaya çalıştığı balıklar halihazırda balıkçıların ağlarına takılmış olan balıklardı."

Anlayacağınız doğa, alet yapıp kullanma örnekleri ile doludur. Fakat hiçbir hayvanın bizim kadar ileri ve gelişmiş düzeyde (sofistike) aletler üretemediği de doğrudur. Ancak beynin evrimi diğer canlılarda da devam ettikçe ve çevre onları sorunlarına karşı daha zekice çözümler üretmeye zorladıkça, bu hayvanların da söz konusu becerilerinin gelişmesi son derece olasıdır.

Gelelim sayı sayma becerisine... Birçok canlının "sayılar"dan anlamadığı söylenir. Bu, kesinlikle doğru değildir. Yaşayan en yakın kuzenlerimiz olan şempanzeler, sayı sayma konusunda çok başarılıdırlar. Hatta ürkütücü derecede başarılıdırlar. Japonya'daki Primat Araştırma Enstitüsü'ndeki Ayumu isimli şempanze, kısa dönem hafıza ve sayma testlerinde insanları her seferinde tabir

yerindeyse "ezip geçmektedir". Araştırmada şempanzelere bir ekran üzerinde 1'den 9'a kadar sayılar gösterilmektedir. Sayılar, ekranda rastgele dağılmış halde bulunmaktadır. Şempanze, sayıların yerini ezberlemek için istediği kadar ekrana bakabilmektedir. Ancak ne zaman ki sıraya koymaya başlamak amacıyla 1 sayısına dokunur, işte o zaman diğer tüm sayılar gizlenmektedir. Şempanzenin yapması gereken, ekranda artık görünmeyen sayıların doğru sırasını bilmek (1, 2, 3, ..., 9) ve ekranda ilk başta gösterilen ama 1'e basıldığı anda silinen konumlarına parmakla tıklayarak doğru bir şekilde seçmektir. Şempanzeler sayıların sırasını ve konumlarını hatırlamakta öylesine başarılıdır ki, üniversite mezunu ve bir bulmaca bağımlısı olan Dr. Christopher Flynn Martin'den bile daha başarılıdırlar! Dr. Martin, yaptığı 30 denemede 1'den 9'a kadar sadece 1 defa hatasız olarak ulaşabilmiştir. Peki ya şempanze Ayumu? Yaptığı bütün denemelerin %90'ında hatasız bir şekilde sayıları dizmeyi başarabilmektedir! Üstelik Dr. Martin'in sayıları ezberlemesi ve doğru bir şekilde ekran üzerinde seçmesi kabaca 15-20 saniye alırken, Ayumu bunu her seferinde sadece 2-3 saniyede başarabilmektedir.

Şempanzelerdeki bu kısa dönem hafıza becerisinin bir benzerini, kuşlar ve sincaplar gibi canlıların uzun süreli hafızalarında görmekteyiz. Clark'ın Fındık Kırıcı kuşları (*Nucifraga columbiana*), 24 kilometre karelik bir alana 5 binden fazla fındık gömebilirler. Bu fındıkların ezici bir çoğunluğunun yerini, aradan 6 ay geçmesine rağmen başarıyla hatırlayabilirler. Hayvanlar âleminde en uzun süreli bellek ise insanda değil yunuslardadır. Birbirinden 20 yıl boyunca ayrı tutulan ve yaşam alanlarında hiçbir hatırlatıcı unsur bulunmayan yunuslar, tekrar bir araya geldiklerinde birbirini hatırlayabilmektedirler. Hatta işleri daha da nefes kesici hale getirmek adına, yunusların tıpkı insanlar gibi birbirlerine seslenirken kullandıkları bireye özgü "isim çığlıkları" olduğu tespit edilmiştir. Yani yunuslar, birbirlerine isimleriyle hitap ederek seslenmektedirler! Bir diğer örnek olarak deniz aslanları, 10 sene önce öğrendikleri bir kart numarasını (kartlar ile sayıların eşlendiği bir hafıza oyunu), aradan 10 sene geçmesine ve bu süre zarfında oyunu asla tekrar etmemelerine rağmen kusursuz bir şekilde hatırlayabilmektedirler. İnsanlar 10 saniyeliğine kafalarını çevirdiklerinde çocuklarının nereye kaybolduğunu bilemezken filler, 30 civarında farklı sürü üyesinin, ne yöne ve ne hızda gittiklerinden tamamen bağımsız olarak konumlarını ve hareket yönlerini takip edebilirler. Bunu, oldukça ilginç bir zihinsel haritalama yöntemiyle ve idrar kokusu takibi sayesinde başarırlar. Anlayacağınız, pek övündüğümüz hafıza becerimiz de birçok açıdan, birçok hayvan tarafından kolaylıkla geçilebilmektedir.

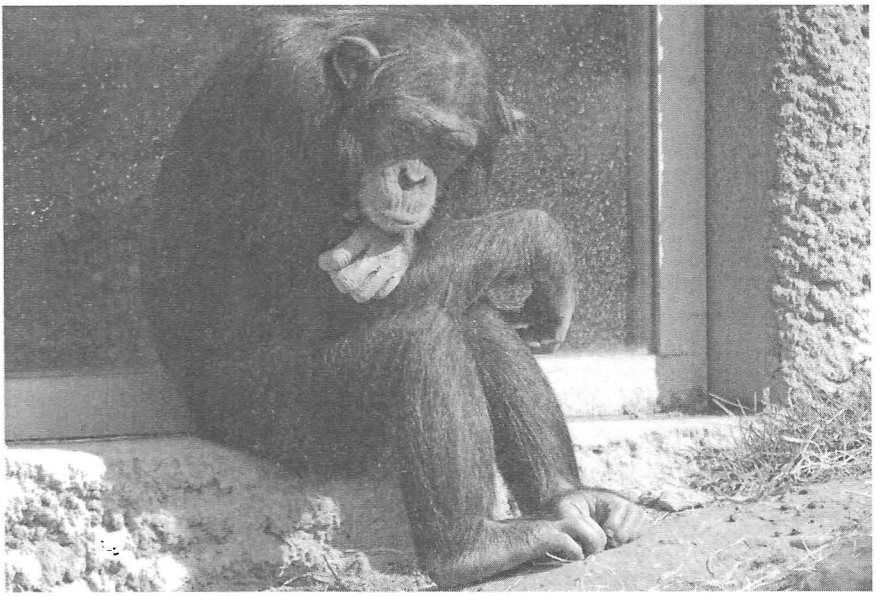
Duygular? Filler sakatlanan sürü bireylerini beslerler ve onların iyileşmesini beklerler. Hatta onlara şefkat ve empati gösterirler. Makaklar, eğer ki bir kolu çekmenin hem kendilerine yemek vereceğini, hem de bir yandaki kafesteki arkadaşlarına elektrik şoku vereceğini bilirlerse, kendilerine yemek verilecek olmasına rağmen diğer kafeste şoka neden olacak ipi çekmeyi reddetmektedir-

ler. Sıçanlar, elektrik şoku verilen diğer türdaşlarını rahatlatmak için onlarla işbirliği yapmaktadırlar. Örneğin, bir kafese kapatılan fareler, hemen yanlarındaki kafese kapatılmış farelere elektrik şoku verildiğinde, adeta kendilerine şok veriliyormuş gibi korkmaktadırlar. Bunu baskılamak için salgıladıkları feromonlar, türdaşlarını da sakinleştirmeye yaramaktadır. Kuşların yaralanan arkadaşlarına yardım etmek için onların yanında kalmasına "Yoldan Geçen Etkisi" denmektedir. Bu etki çerçevesinde kuşlar, yaralı dostlarına şefkat gösterip, tüylerini ona sürterek onları sakinleştirmeye çalışırlar. Köpekler ve kedilerin özellikle insanlara yönelik duyguları yaygın olarak bilinmektedir ve üzerinde araştırmalar yürütülmektedir. Duygular, özellikle memeli hayvanlar sınıfının her bir köşesinde karşımıza çıkmaktadır; ancak onlarla sınırlı değildir. Arılar gibi omurgasızlarda bile duygusal davranışlara rastlamaktayız. Arı kolonilerinde yapılan "kovan sallama" araştırmalarında arıların da, duygulara sahip olduğunu bildiğimiz omurgalı hayvanlarda gördüğümüze benzer duygusal tepkiler verdiği görülmüştür. Stres altındaki arıların besin tercihlerinde bulunurken, tıpkı kötü şartlar altındaki insanların "her şeyin kötüye gideceği"ni düşünmeye meyilli olması gibi, tadacakları besinin kötü olacağı beklentisine girdikleri görülmüştür. Bir diğer deyişle stres altındaki arılar, daha "pesimistik" (kötümser) duygularla davranmaktadır. Yakın maymun kuzenlerimiz bize halihazırda fazlasıyla benzer olduğu için onlara sık sık değinmekten kaçınmaya çalışıyorum; ancak bizlerin duygularımızı ifade etmek için kullandığımız karmaşık yüz ifadelerinin her birinin temel versiyonlarının şempanzeler tarafından icra edilebildiğini söylemem veya 2013 yılında bonobolar üzerinde yapılan bir çalışmada, bonobo yavrularının duygusal gelişimi ile insan bebeklerinin duygusal gelişimi arasında birebir eşlenebilir düzeyde benzerlikler olduğunu söylemem sizi çok da şaşırtmayacaktır.

Duyguların ve duygusal davranışların izlerine hayvanlar âleminin her köşesinde rastlamak mümkündür. Söz konusu duygular olunca üstünlük (ve hatta benzerlik ve farklılık) kıyası zor olsa da, duyguların insanı diğer hayvanlardan ayırmaya tek başına yeterli olmadığı son derece açıktır.

İnsanı "insan" yapma konusunda sıklıkla sözü edilen öz farkındalığa bakalım: Öz farkındalık, kişinin kendini içsel olarak analiz edebilmesi; kendisinin türünün diğer bireylerinden ve bulunduğu çevreden farklı olduğunu kavrayabilmesi becerisi olarak tanımlanabilir. Öz farkındalığın en önemli göstergelerinden birisi, aynadaki yansımanızı tanıyabilmektir. Neredeyse bütün büyük kuyruksuz maymunlar, yunuslar, filler ve saksağan gibi bazı kuş türleri aynada kendi yansımalarını tanıyabilirler. Örneğin şempanzeler, yüzlerine bir boya sürülecek olursa, kendilerinin öyle gözükmediğini bildikleri için (öz farkındalığa sahip oldukları için), aynaya baktıklarında boyayı görüp onu yüzlerinden silmeye çalışırlar. Hatta bazı şempanzeler, sadece aynada değil, fotoğraflarda bile kendilerini tanıyabilmektedirler. Örneğin, aile fotoğrafları gösterilen şempanzeler, kendilerini fotoğraf karesi içinde bulup gösterebilmektedirler. Öz

farkındalığın bazı etkileri, etik teorilerin hayvanlara uyarlanması aracılığıyla da tespit edilebilir. Örneğin, hazcılık dahilinde sıklıkla bahsedilen "acıdan kaçınma ve zevk peşinde koşma" davranışı, sadece insanlara değil, neredeyse tüm hayvanlara, hatta tüm canlılara genellenebilir. Bunun en güzel örneklerinden birisi, grubun başka primatları tarafından bitlerinden ayıklanan primatların gevşemesi ve toplumsal çatışmanın bu sayede azaltılmasıdır. Bunu bir adım öteye götürdüğümüzde, toplumsal gerginliği azaltmak ve bir diğer bireyin alanına girdiklerinde adeta *"Merhaba, ben zararsızım"* demek amacıyla birbiriyle seks yapan bonoboları görürüz. Bunun, insanlar olarak birbirimize *"Selam!"* dememizden hiçbir farkı yoktur. Dahası, birçok hayvan koşarken, zıplarken, akrobatik hareketlerde bulunurken vücutlarının her bir parçasının uzamsal konumunu tam olarak bilirler; ki bu, öz farkındalığın parçalarından birisidir. Çünkü onlar, kendi vücut parçalarının bir başkasına ait olmadığını bilecek kadar öz farkındalığa sahiptirler. Örneğin bir "sandalye", bu farkındalık düzeyinde değildir. Daha iyi bir örnek olarak bir robot ise, yalnızca mühendislerin kendi yazılımına eklediği yöntemler aracılığıyla vücudunun parçalarının konumunu bilebilmektedir. Bunu içsel becerileri aracılığıyla, kendi başına yapamamaktadır. En azından şimdilik... Öz farkındalık, veya bir boyut üst olan öz farkındalığın farkında olma becerisi (kimilerince "öz öz farkındalık" olarak tanımlanmaktadır) insan beyninin en güçlü taraflarından birisidir. Ancak bunun insana özgü bir nitelik olmadığı da açıktır.



Görsel 6-4: Şempanzeler, bilişsel fonksiyonlar bakımından oldukça ileri bir türdür. Tarihsel olarak insana özgü olduğu düşünülen sayısız özelliğin şempanzelerde çeşitli düzeylerde var olduğu tespit edilmiştir.

Daha da ileri gidelim... İnsanın en ilginç özellikleri arasında "kültür" yer almaktadır. İnsanlarda kültürün ve kültürel evrimin detaylarına Arkeoloji bölümünde gireceğiz; ancak şimdi bahsetmek istediğim, diğer hayvanlarda da kültürel ögelere rastlamakta olup olmadığımızdır. Evet, net bir şekilde rastlamaktayız! Tabii bunu anlamak için, "kültür" dediğimiz olguyu tanımlamakta fayda var: Kültür, Cambridge Üniversitesi Sözlüğü tarafından *"bir grup insanın gelenekleri ve inançlarını barındıran yaşam biçimi"* olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdaki "gelenekler", sadece örf ve adetler gibi sözlü toplum kuralları ve grup davranışları değil, aynı zamanda toplumun ürettiği bilgi birikimi ve bu bilginin kullanımı olarak da genişletilebilir. İşte tanımdaki "insan" sözcüğünü çıkarıp, bazı hayvanların tür isimlerini koyduğumuzda cümlenin halen geçerli olduğunu görebiliriz. Zira kültürün gelenekler ve inançlar gibi unsurlarının aktarımı, bireyler arası iletişim ve ebeveynden yavruya, bireyden bireye aktarımla olmaktadır. Bu aktarım belli bir birikime ulaştığında, "kültür" inşa edilmiş olur. İnançlarımızdan geleneklerimize kadar her şey, içine doğduğumuz topluma harmanlanmamızdan, yani toplumun bizi sarıp sarmalamasından kaynaklanır. Dolayısıyla bir hayvanın içine doğduğu tür toplumuna (popülasyonuna) ait gelenek, bilgi, algı ve yaklaşımları edinmesi, kültürel birikimin kalbinde yatan ana unsurun diğer hayvanlarda da bulunabileceğini göstermektedir. Örneğin yunuslar, hangi hastalıklardan nasıl kurtulabileceklerine dair bazı bilgileri ve geriye doğru kuyruk yürüyüşü denen hareketi, diğer yunuslarla etkileşime geçerek öğrenmektedirler. Arılar ve karıncalar gibi hayvanlarda çok güçlü kültürel bağlantılar ve hatta sosyolojik olarak analiz edilebilecek kadar karmaşık bağlantılar bulunmaktadır. Bir arı doğduğu anda genleri dolayısıyla nektar barındıran bitkilerin ne yönde ve ne uzaklıkta olduğunu anlatmaya yarayan "arı dansını" kısmen bilir; ancak bu haliyle, kovandaki diğer bireylerle etkili bir iletişim kuramaz. Bu iletişimin etkili olmasını sağlayan unsur, yavru arının diğer bireylerle etkileşime geçerek onlardan bilgiler edinmesi, bir nevi "kültürü edinmesi" ile mümkün olur. Bir diğer örnek olarak balinalar, yeni keşfettikleri avlanma tekniklerini diğerlerine aktarabilmektedir. Maymunların yaşlı ve yetişkin olanları, genç ve deneyimsiz olanlara eğitim verebilmekte, yol gösterebilmektedir (kimi zaman aralarında akrabalık bağı bulunmamasına rağmen!).

2013 yılında *Science* dergisinde yayınlanan bir makalede, ufak bir Kapuçin maymunu grubunda icat edilen yeni bir davranışın, grubun diğer bireylerine hızla nasıl yayıldığı ortaya konulmaktadır. Araştırmacılar, 109 maymundan oluşan bir popülasyonu rastgele 4 gruba ayırmışlardır. Her gruba 2 tepsi dolusu mısır verilmiş, bir tepsideki mısır taneleri maviye, diğeri ise pembeye boyanmıştır. Tepsideki farklı renklerden birisi acı aloe yapraklarının özütüne bandırılarak kötü bir tada sahip olacak hale getirilmiştir. Dört gruptan ikisinde bu şekilde acı ve kötü tatlı olan mısırlar mavi, diğerlerinde ise pembedir. Sadece 3 ay içinde tüm maymunlar, acı olan rengi öğrenip ondan uzak durmayı öğrenmişlerdir. Buraya kadar çok şaşırtıcı değil. Asıl kültürel ögelerin maymunlar

arasında bulunduğunun ispatı, bundan 4 ay sonra doğan 27 yeni maymun ile devam eden süreçte ortaya çıkmıştır. Kısa sürede katı besin yiyecek boyutlara erişen bu yavrulara pembe ve mavi mısırlar sunulmuştur – ancak iki renkteki mısır da normal tada sahiptir ve acı tada bulanmamıştır. Tam 2 ay boyunca hem yetişkinler, hem de yavrular eski renk tercihlerini korumuşlardır. Her tepsideki ve her renkteki mısırlar artık normal tada sahip olsa bile! Yetişkinlerin bunu yapma nedeni, öğrendikleri davranışı sürdürüyor olmalarıdır. Yavruların hiç deneyimleri olmayan bir konuda böyle bir davranışı sergiliyor olma nedeni, ebeveynlerini birebir takip ediyor olmalarıdır. Tıpkı insanların çeşitli mitolojik hikâyeleri ebeveynlerinden öğrenerek birebir sürdürmeleri ve kendi coğrafyalarının kültürünü benimsemeleri gibi, maymunlar da kendi ebeveynlerinin davranışlarını sorgulamadan, sırf onlara güvendikleri için sürdürmektedirler. Deney sırasında yaşanan ilginç bir diğer olay, 10 maymunun bir gruptan diğer gruba geçirilmesi sonucu gözlenmiştir. Bu geçişin daha ilk gününde maymunlar, yeni gruba ait "acı" olan rengi öğrenmiş ve renk tercihlerini buna göre değiştirmişlerdir. Bu durum, kültürel unsurların maymunlar arasında da bireyden bireye aktarılabildiğini göstermektedir.

Bu konudaki bir diğer meşhur örnek, 1967 senesinde G.R. Stephenson tarafından yapılan ve *Progress in Primatology* dergisinde yayınlanan bir araştırmadır. Bu araştırmada yetişkin erkek ve dişi rhesus maymunları bir nesneden kaçınacak şekilde sert bir şekilde şartlandırılmışlardır. Bu maymunların arasına şartlandırılmamış yeni bir maymun dahil edildiği denemelerden birinde, erkek maymunlardan birisi, korku içinde davranışlar sergileyerek kafese eklenen yeni maymun o şartlandırıldıkları nesneye dokunmasın diye onu nesneden uzaklaştıracak şekilde çekiştirmiştir. Daha sonradan bu "nesneden zorla uzaklaştırılmış" maymunlar tek başlarına kafese konulduklarında, söz konusu nesneye dokunma oranları bu şekilde uzaklaştırılma davranışıyla karşılaşmamış olanlara göre ciddi anlamda düşük olmuştur. Yani maymunlar, türün diğer bireylerinin korktukları bir cisimden neden korktuklarını bilmeseler de korkmayı ve uzak durmayı öğrenmişlerdir.[9]

Kişisel yaşam koçları ve kişisel gelişim "uzmanları" gibi hatalı bilgileri yaymak konusunda uzman olan, hatta bunu TEDx gibi platformların geniş kitlelere ulaşma gücünü kullanarak iyice üst bir boyutta icra eden kişilerin hayal gücü dahilinde, bu deney evrilip çevrilerek bambaşka bir boyuta getirilmiştir. Bu kulağa hoş gelmesi amacıyla bilimsel temelinden saptırılarak geliştirilmiş versiyonunda gösterilmeye çalışılan, toplumun hükümet baskısı altında sindirilmesi ve toplumdaki bireylerin bu sindirmeyi kabullenerek idarecilere biat etmesidir. Bu, internette sıklıkla "maymun ve muz deneyi" olarak karşımıza çıkmaktadır.

9 Belirtmek lazım ki bu araştırma, 1967 senesi için fazlasıyla yeterli; ancak günümüz standartlarında güvenilir ve genel çıkarımlar yapmamızı mümkün kılmayacak sayıda maymunla yapılmıştır. Dolayısıyla araştırma sonuçları, diğer araştırmalardan gelen verilerle bir bütün olarak analiz edilmelidir ve aceleci genel yargılara varılmamalıdır.

Halbuki bu versiyonuna dair herhangi bir akademik araştırma gerçekte bulunmamaktadır. Bu versiyon şu şekildedir (ve her ne kadar akademik değeri olmasa da, oldukça öğreticidir):

"Bir grup bilim insanı 5 maymunu bir kafese koydular ve ortasına bir merdiven yerleştirdiler. Merdivenin tepesinde ise maymunların çok sevdiği muzlar durmaktaydı. Her seferinde bir maymun merdiveni tırmanıp da muzlara ulaşmaya çalıştığında, bilim insanları diğer tüm maymunları güçlü bir hortum kullanarak soğuk suyla ıslattı. Kısa bir süre içinde neden ıslandıklarını öğrenen maymunlar, içlerinden biri her merdivene tırmanmaya yeltendiğinde bu maymunu dövdüler. Aradan kısa bir süre daha geçtiğinde, artık hiçbir maymun merdivene yanaşmaya bile yeltenmez oldu. Bu noktada bilim insanları maymunlardan birini değiştirmeye karar verdiler ve yeni bir maymunu kafese eklediler. Tabii ki, bu yeni maymunun ilk yapmaya çalıştığı şey merdivene ulaşıp tepesindeki muzu almaya çalışmak oldu. Elbette, diğer maymunlar yeni maymunu öfke ve korkuyla dövdüler. Sadece birkaç dayaktan sonra yeni maymun da merdivene yanaşmaktan kaçınmayı öğrendi. Bu noktada araştırmacılar, eskiler arasından ikinci bir maymunu yeni bir maymunla değiştirdiler. Yeni maymun da merdivene yeltendi ama birkaç dayaktan sonra bundan vazgeçti. Aynı şekilde, eski maymunlardan sırasıyla üçüncü, dördüncü ve nihayetinde beşinci maymun da yeni birer maymunla değiştirildi. Son eski maymun da yerini yeni bir maymuna bıraktığında, kafeste soğuk suyla cezalandırılan hiçbir maymun kalmamıştı. Ancak yeni gelen maymun muzu almak üzere merdivene çıkmaya yeltendiğinde, diğer dördü tarafından dövülerek sindirildi. Böylece kafesteki yeni maymunların beşi de, hiçbir şekilde soğuk suya maruz kalmamış olsalar da, sinmeyi ve biat etmeyi öğrenmiş oldular. Bu maymunlardan birisine neden muza ulaşmadığını soracak olsanız, hiçbir fikri olmayacak ve bu kafeste işlerin bu şekilde yürüdüğünü söylemekten öteye gidemeyecektir. Bu durum, insanların şu anda içinde olduğu durumdan farksızdır."

Hoş bir hikâye. Muhtemelen en azından birkaç farklı açıdan bilimsel temeli de bulunuyor. Ancak gerçek bir araştırmayı anlatmadığını bilmekte fayda vardır.

Bu ve bunun gibi örnekler katlanarak arttırılabilir! Örneğin, University of Colorado-Boulder'da ekoloji ve evrimsel biyoloji profesörü olan Dr. Marc Bekoff ve ekip arkadaşları, köpeklerde adalet duygusunun bulunduğunu, örümceklerin farklı durumlarda farklı duygusal davranışlar sergileyebildiklerini ve daha önceden de bahsettiğimiz gibi, arıların optimizm ve pesimizm arasında gidip gelebildiğini ortaya koymuştur. Aynı ekip, farelerin birbiriyle kovalamaca oynadığını veya şaka yollu kavgaya tutuştuklarını ve bunu yaparken 50 kHz frekansında çığlıklar attıklarını keşfetmiştir. Daha sonradan bu fareler üzerinde araştırmalarını sürdüren ekip, fareleri gıdıkladıklarında aynı frekanstaki çığlıkların gıdıklama sırasında da sergilendiğini göstermeyi başarmışlardır!

Uzun lafın kısası, insan zekâsından doğan ve onu diğer hayvanlardan ayırıyor gibi gözüken özelliklerin tümü, parça parça da olsa diğer hayvanlarda ve

canlılarda bulunmaktadır. Nasıl ki diğer hayvanların özelliklerinin zayıf birer kopyası insanlarda bulunuyorsa (koşmak, yüzmek, ağaca tırmanabilmek, vs.), bizim önde olduğumuz özelliklerin her biri canlılığın farklı köşelerinde bulunmaktadır. Önemli olan, sorgulayıcı, meraklı, araştırmacı olarak bu enfes özellikleri doğada bulabilmek ve onları anlayarak, kendimizi anlamak yolunda önemli adımları atabilmektedir.

İÇGÜDÜ NEDİR? KAYNAĞI NEDİR? TÜR HAFIZASI NE DEMEKTİR?

Şimdi, tüm bunlardan bahsettikten sonra, çok daha temel bir davranış grubu olan ve tüm canlılarda çeşitli şekillerde bulunan içgüdülere geçebiliriz. İnsan, tüm zekâsına ve iradesi sayesinde güya "özgürce" sergilediği davranışlara rağmen halen içgüdüler ile yönlendirilmekte olan sıradan bir hayvan türüdür. Daha önce de belirttiğim gibi, beyni olan her hayvan düşünebilir, kararlar alabilir, bu kararları değiştirebilir. Ancak her canlı, evrimsel süreçte genlerine kazınmış kalıp davranışlara (ya da yaygın bilinen adıyla "içgüdülere") de sahiptir. Yani her canlı, bilişsel davranışlar ile içgüdüsel davranışların bir karışımından ibarettir. Genel bir kural olarak şöyle düşünebilirsiniz: Bir canlının beyni irileşip zekâsı arttıkça içgüdülere olan bağımlılığı azalır, bilişsel davranış kapasitesi artar. Ancak belli bir beyin ve sinir sistemine sahip hiçbir canlı tamamen içgüdülerden ibaret olmadığı gibi, hiçbir canlı tamamiyle içgüdülerden arınmış olamaz. İnsanlar olarak her ne kadar zeki olursak olalım, halen içgüdüler tarafından davranışlarımızın şekillendirildiğini, hatta kimi zaman bu içgüdülerin diğer davranışlarımızı baskıladığını öğrenmek, canlılığa ve evrime bakış açınızı etkileyecektir diye düşünüyorum.

İçgüdü, tanımı gereği bir canlının bir davranışı göstermeye eğilimidir (meyillilik). İçgüdü, çoğu insan tarafından hâlâ eski zamanlardan tanımıyla bilinir: "İnsan dışı hayvanlarda bulunan otomatik davranışlar". Bu tanım tamamıyla hatalıdır. Eğer ki içgüdüleri "otomatik davranışlar" olarak düşünürseniz, hayvan davranışlarını anlamanız mümkün olamayacaktır. Evet, içgüdüler içinde otomatik davranışlar bulunur ve bunlar, genel olarak içgüdülerin bir parçasıdır. Örneğin, Texas Üniversitesi'nden Eric Pianka'ya göre yılanlardan korkmak, rahatsız edici gerçekleri reddetmek, öç alma hissi, bulunduğumuz gruba (örneğin arkadaşlara veya ülkeye) sadakat, açgözlülük ve üremeye yönelik dürtülerimiz insana ait "otomatik" davranışlardır ve içgüdüler altında kategorize edilirler.[10] Ancak içgüdüyü otomatik davranışlardan ibaret görmek ve buna göre tanımlamak hata olacaktır. İçgüdü kavramından anlamamız gereken, bu kavramın bir

10 Elbette ki eşitliğin ve kaynaklara erişimin eşit ve âdil olmayan sistemlerde ortaya çıkan nasyonalizm ve ırkçılık gibi görüşlerin tek sebebinin içgüdüler olduğunu iddia etmek doğru olmayacaktır. Burada belirtilmek istenen, söz konusu davranış ve eğilimlerin birçoğunun mantık çerçevesinden geçirilerek kurgulanmamış, çoğunlukla duygusal ve "otomatik" tepkiler üzerine kurulu olduğudur. Daha üst düzey bir analiz, bundan başka birçok sebebin söz konusu inançların toplumda oluşup yayılmasına katkı sağladığını ortaya koyacaktır.

canlının belli bir durum karşısında "davranışlar repertuvarı" içinden belirli bir davranışa meyillilik miktarı olduğudur.

Bir canlının davranış repertuvarı, o canlının hem genleri hem de yaşamı boyunca öğrendikleri dolayısıyla sahip olduğu davranışların tamamıdır. Bu davranışların birçoğunun temelleri, genlerin yapısı ve bunların birbirleri ve çevreyle etkileşimi tarafından atılır. Geri kalan kısmı ise canlının gözlem ve deneyimleriyle ömrü içinde öğrendiği ve geliştirdiği davranışlardır. Sonradan öğrenilen davranışların da bir kısmı genlerden etkilenir. Bu etkilenme illa davranışın icrası sırasında olmak zorunda değildir. Kimi zaman hangi davranışları öğrenmeye ne kadar meyilli olduğumuzu belirleyen de yine genlerimizdir. Genlerin öğrenme üzerindeki etkileri dolayısıyla insanların farklı konularda yetenekleri olduğu düşünülmektedir (kiminin piyanoda, kiminin basketbolda, kiminin matematikte iyi olmasının bir nedeni bu genetik altyapı farklılıklarıdır).

Davranışların temellerinin genlerle atılıyor olduğu gerçeğinin en önemli sonucu, bir hayvanın daha doğduğu anda bazı davranışlara sahip olduğu gerçeğidir. Bir diğer deyişle, insanlar da dahil olmak üzere hiçbir canlı "boş levhalar" olarak doğmaz. Türlere ve hatta ebeveynlere bağlı olarak belirli bir genetik altyapı ile doğarlar. Canlıların genler yoluyla atalarından ve ebeveynlerinden aldıkları davranışlara *tür hafızası* denir. Kimi zaman buna psikolojide *genetik hafıza* da denebilmektedir. Bu hafıza, bildiğimiz anlamıyla bir düşünsel hafıza değil, genetik materyal üzerinde saklanan, biyokimyasal bir hafızadır ve bilinen bütün evrim mekanizmalarının etkisi altında, diğer tüm özellikler gibi evrimleşebilir. Bu tür evrimsel değişimleri *davranışsal evrim* olarak nitelendirmemiz de mümkündür. Özellikle geride bıraktığımız 10 yıl içinde, çekirdek DNA'sının ötesinde hücre kimyasının da kısa mesafeli (sadece ebeveynden çocuğa ya da büyük-ebeveynlerden toruna) ve nadiren de olsa aktarılabildiğini gösteren epigenetik araştırmalar, tür hafızası kavramına dair bulgularımızı güçlendirmektedir.[11]

Bu konuyu anlamak için, muhtemelen aklınıza gelmiş olabilecek şu soruyu düşünün: Bir bebek, daha doğar doğmaz annesinin memesini emmeyi nereden bilir? Ona kimse bunu öğretmemiştir. Anne onu teşvik etmez (ya da etmesine gerek yoktur). Ancak yeni doğmuş bir bebek bile, annesinin memesini arayacak ve emmeye çalışacaktır. Benzer şekilde, bazı martı türlerinin yavruları, annelerinin gagalarındaki kırmızı bir nokta şeklindeki lekeyi arayarak burayı gagalamaya çalışırlar. Bunu başarabildiklerinde, anne daha önceden yakaladığı yemleri içgüdüsel olarak yutağından çıkarır (bir nevi "kusar") ve yavruya verir. Kimse kuş yavrularına bunu öğretmemiş olsa da, kuşlar daha yumurtadan çık-

11 Epigenetik, yani çeşitli fiziksel ve davranışsal özelliklerin genetik olmayan yöntemlerle gelecek nesillere aktarılması olayı, henüz halen geliştirilmekte olan ve bulguları oldukça kısıtlı olan bir sahadır. Dolayısıyla genetikten söz ederken her zaman epigenetik mekanizmaların da devrede olabileceği hatırlanmalı; fakat bu etkilerin şimdilik elimizde olan bulgular ışığında son derece kısıtlı ve kısa-ömürlü olduğu akıldan çıkarılmamalıdır.

tıktan çok kısa bir süre sonra başarıyla bunu yapabilirler. Bu nasıl olmaktadır? Bir diğer klasik örnek, yumurtalarından yeni çıkan *Caretta* cinsi kaplumbağaların doğrudan denize yönelmesidir. Bırakın denizin yönünü bilmeyi ve bulmayı, denize gitmelerinin kendileri için iyi olacağını daha doğar doğmaz nereden bilmektedirler? Öyle ki, *Caretta* yavruları yumurtadan çıktıklarında ebeveynleri orada bile değildir! Neden sahile doğru değil de, denize doğru emeklerler? Son bir örnek ise, keseli memelilerden verilebilir: Kanguru gibi keseli memelilerin yavruları, doğum sonrasında annelerinin keselerine tırmanırlar. Bunu ne anne teşvik eder, ne de biri onlara öğretmektedir. Tüm bu örneklerde hayvanlar bu bilgilere nasıl sahip olmaktadırlar? Onlara tüm bunları kim öğretmektedir? Hangi güç onlara bu bilgileri verebilir ki?

İşte antik çağlarda yaşayan insanların inancına göre hayvanlarda "ruh" denen "joker açıklamanın"[12] bulunmuyor olması, bu tür soruları yanıtlamakta sıkıntılar yaratmaktaydı. Antik Yunan'dan kalma bazı felsefe türlerinin ileri sürdüğü "yaşam gücü" gibi kavramlar ile organize kültürün ve ritüelizasyonun bir ürünü olan dinlerin kapsamındaki "tanrısal güç" gibi dayanaksız iddialar bu davranışları açıklamak için kullanılmaya çalışıldıysa da, elbette geçerli ve gerçek açıklamalar olmadıkları için hiçbir sonuç alınamamıştır.

Bu noktada yeri geldiği için hayvan davranışlarının en ilginç konularından birisi olan *ritüelizasyon* kavramına hızlı bir bakış atmak istiyorum. Daha önce de sözünü ettiğim gibi iri beyinli hayvanlar beyinlerinin derinliklerinden gelen merak duygusunu bastırmak için açıklamalar geliştirmeye çalışırlar; ki insan da bunun en uç örneğidir. Ancak tıpkı insanlarda olduğu gibi, şempanzeler ve kuşlar gibi diğer zeki canlılarda da olaylar ile olgular arasındaki neden-sonuç ilişkileri hatalı bir şekilde kurulabilmektedir. Örneğin bir tutulduğu kafesteki bir tuşu (butonu) gagasıyla eşelediğinde kendisine yemek verildiğini bilen bir kuş, aslında yemek tamamen rastgele zamanlarda (ve tuşa basılmasından tamamen bağımsız şekilde) veriliyor olsa da, tuş ile yemek arasındaki ilişkiyi anlamakta güçlük çektiği için "uydurma açıklamalar" geliştirebilmektedir. Örneğin bazı çalışmalarda, kuş tamamen şans eseri bir şekilde kendi etrafında 1 tur attıktan sonra tuşa basmış ve yine tamamen şans eseri bir şekilde yemek verilmiştir. Bu durum 1 veya 2 defa bile şans eseri tekrarlanmış olsa, kuş kendisinin etrafında dönüşü ile yemin verilmesi arasında bir bağlantı olduğu sonucuna, tamamen hatalı da olsa varmakta ve buna inanç beslemeye başlamaktadır. Dolayısıyla sonraki denemelerinin her birinde tuşa basmadan önce kendi etrafında dönmeye, bunun yemek gelme şansını arttırdığına inanmaya başlamaktadır. Benzer şekilde bir başka gözlemde, kendilerini ürküten fırtınalar sırasında öfkeli dav-

12 Buna "joker açıklama" diyorum, çünkü "ruh" denen kavram, insanın kendi doğasına yönelik bilgisindeki bir "boşluğu", sahte bir yanıtla doldurma amacıyla uydurulan bir kavramdır. Tıpkı kart oyunlarındaki "joker" kartı gibi, bu tip kavramlar da çeşitli isimler alarak insanın cevap bulamadığı soru işaretlerini, yani bilgisindeki boşlukları geçici olarak doldurmaya yarar. Halbuki eldeki sorunu tatmin edici bir şekilde izah etmeyi başaran, "gerçek" bir cevap değildir.

ranışlar sergileyen şempanzelerden birisinin bu öfkesini sergilemesinden kısa bir süre sonra fırtına şans eseri dinmiştir. Bunun 1-2 defa yaşanması, sürü içindeki diğer şempanzelerin, öfkeli şempanzenin fırtınaya saldırmaya çabalarının ve öfkeli hareketlerinin fırtınayı dindiren şey olduğuna inanmaya başlamasıyla sonuçlanmıştır. Fırtınanın yaşanması ve sona ermesi ile şempanze öfkesi arasında hiçbir ilişki olmasa da, bir sonraki fırtınada sürü, öfkeli şempanzeyi iteleyerek tekrardan öfkesini sergilemesini ve fırtınayı dindirmesini talep etmişlerdir. İşte neden ile sonuç arasında hiçbir alaka olmamasına rağmen, tesadüf eseri durumlardan yola çıkarak güçlü inançların geliştirilmesi durumuna etolojide ritüelizasyon adını vermekteyiz. İnsan dinlerinin ve bilim-dışı iddialarının büyük bir çoğunluğunun kökenleri de bu basit hayvan davranışına dayanmaktadır. Ancak bu, konumuzu fazlasıyla uzatacağı için burada bırakalım ve ana konumuza geri dönelim:

Birkaç paragraf önce sorduğum soruların (bebeklerin annelerinin memesini emmeyi bilmesi gibi soruların) son derece anlaşılır, açık ve hiçbir doğaüstü güce gereksinim duymayan cevapları bulunmaktadır. Bu cevaplar, evrimsel biyoloji ve son asırda ondan gücünü almaya başlamış olan psikoloji ve etoloji sayesinde günümüzde kolaylıkla verilebilmektedir. Şimdi bunlara bir göz atacağız. Fakat amacımız, davranışların arkasında yatan sebepleri anlamak olduğu için, öncelikle bilim dahilinde "neden" (ya da "sebep") nedir, onu tanımlamakta fayda görüyorum. Bunun için de öncelikle, evrimsel biyolojinin tüm bilimlere kazandırdığı kavramlardan söz etmemiz gerekiyor: *Yakın sebep* ve *nihai sebep.*

BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİMİZİN ARKASINDA YATAN İKİ SEBEP: YAKIN SEBEP VE NİHAİ SEBEP

Canlıların niteliklerini belirleyen ve onları diğerlerinden ayıran sayısız özellik bulunmaktadır. Kitap boyunca da izah ettiğimiz gibi bu özellikler, türlerin evrimsel süreçte kazanmış oldukları özelliklerdir. Bu özelliklerin "nasıl" kazanıldığı evrimsel biyoloji, ekoloji, antropoloji gibi sayısız bilim dalının ilgi alanıdır (ki bu kitabın amacı da, bu perspektifleri size sunabilmektir). Ancak aynı zamanda bu özelliklerin nasıl ve neden kazanıldıkları, genel bir biyoloji merakı ile algısının da konusudur. Bu sebeple bu özelliklerin söz konusu canlılarda "neden" ve "nasıl" kazanıldıklarına yönelik soracağımız sorular, "genel bilim" ve "evrimsel biyoloji" şeklinde kategorize edebileceğim iki farklı seviyede incelenmelidir. Gelin bunu hep birlikte yapalım ve öncelikle "yaklaşık sebep" kavramına bakalım.

Yakın (yaklaşık) sebep; bir yapının, davranışın veya organın o canlıya ömrü içinde nasıl bir fayda sağladığını ve neden o şekilde çalıştığını izah eden açıklamadır. Ancak o özelliğin, o türde nasıl oluştuğunu açıklayamaz. Örneğin çitaların hızlı koşmalarının yakın sebebini kas gelişimlerinde ve kaslarının

fizyolojisinde bulabiliriz. Bir çitanın doğumundan itibaren kaslarının nasıl geliştiğini, iskeletinin buna göre nasıl şekillendiğini, kalbinin nasıl çalıştığını, dokularının fizyolojisini veya histolojisini[13] çalışarak bulabiliriz. Bu canlıların kas, sinir, bağ yapılarını inceleyerek bu hızlı koşunun arkasında yatan sebebi keşfedebiliriz. Bu düzeyde yapılan çalışmalar, çitaların şu anda ne gibi özelliklere sahip olmalarından ötürü hızlı koşabildiklerini gösterecektir. İşte bu, çitaların hızlı koşabilmesinin arkasında yatan *yakın sebep*tir.

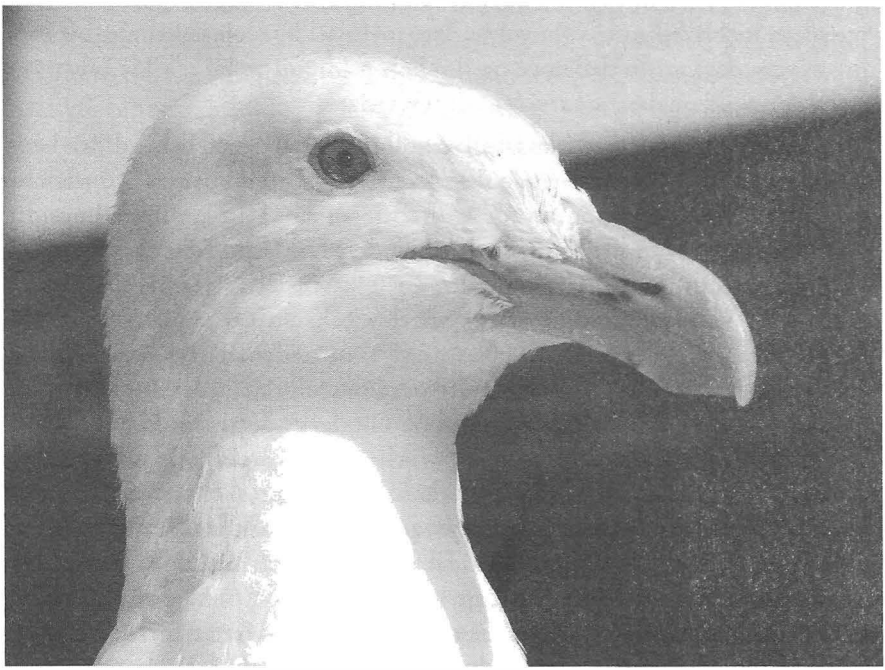
Ancak bu anlattığımız araştırmaların hiçbiri, bu yapıların ele aldığımız türde böyle olmasının ardındaki temel nedeni aydınlatmaya yaramaz. Örneğin herkesin aklına *"Çita hızlı koşuyor ama neden hızlı koşuyor, bu en başında nasıl mümkün oldu, bu tür neden hızlı koşabilir hale geldi?"* sorusu gelecektir. Yani kaslarının bunu sağladığını söylemek, bize bu yeteneğin temelleri ve birey bazında değil, tür bazında ortaya çıkışı hakkında bilgi vermeye yetmez. Çitaların nasıl bu kadar hızlı koşabilecek bir yapıya eriştikleri sorusunun cevabı, çitaların nasıl "çita" oldukları sorusunun cevabında gizlidir. Görebileceğiniz üzere bu sorunun da çok net bir cevabı bulunmaktadır: Evrim! Evrimsel biyolojinin gelişiminden önce biyolojik olguların arkasındaki temel, gerçek nedenleri bilmemizin hiçbir bilimsel yolu yoktu. İşte evrimsel biyoloji sayesinde, bir yapı, organ veya davranışın neden ve nasıl o hale geldiğini ve bu şekilde çalıştığını izah eden açıklamalara *nihai sebep* adını veririz.

Örneğin çitanın hızlı koşabiliyor olmasının nihai sebebi, diğer kedigillerle ortak atasına ait bir popülasyon üzerinde hızlı koşmaya yönelik bir seçilim baskısı olması, bu sayede en hızlıların sürekli olarak seçilmesidir. Her canlının evrimsel tarihinde birbirinden farklı şiddette, sayıda ve etkide olan seçilim baskıları bulunur. Eğer ki türlerin geçmişini genetik, morfolojik ve paleontolojik olarak inceleyecek olursak, bu canlılarda bu özelliklerin evrimleşmesinin arkasında yatan nedenleri tespit edebiliriz. Daha sonra laboratuvar koşullarında veya kontrollü doğa ortamında bu tespitlerimizi test ederek doğrulayabiliriz. Çitaların geçmişinde de, hızlı ve atik olmanın faydalarını avlarının çevikliğinden görebiliriz. Onlarla aynı ortamlarda yaşayan diğer kedilerde de benzer adaptasyonlar vardır, ancak hepsi birebir aynı değildir. Hepsi benzer seçilim baskılarının altında (örneğin burada "hızlı bir avı yakalama") evrimleşmiştir; ancak hiçbir seçilim baskısı iki ayrı popülasyona %100 aynı etki edemez. Çünkü doğa kaotiktir. Bu sebeple, benzer olan ama aynı olmayan adaptasyonlar birbirine yakın türlerde veya bölgelerde evrimleşmiştir. Bu da, evrimsel biyolojinin tespit ettiği nihai amaçların isabetliliğini doğrulamaktadır.

Biraz önce meme emme, annenin gagasını gagalama, denize yönelme, kese içerisine tırmanma ile ilgili sorduğum soruların hepsini yaklaşık nedenleri de net bir şekilde bilinmektedir. Örneğin memelilerde annenin salgıladığı fero-

13 Histoloji, canlılara ait hücrelerin ve dokuların anatomilerinin mikroskop altında araştırılması bilimidir.

monlar (koku hormonları), yavruyu kendisine doğru çekmekte ve aradaki bağı kurmaktadır. Ayrıca anne memesinin ucunun renk tonunun, vücut derisinin geri kalanından farklı olması, yavrunun beynindeki sinirleri aktive etmekte ve "emme içgüdüsünü" tetiklemektedir. Bu davranışı belirleyen, tetiklenmesini sağlayan ve kontrol eden özellikler ise beynimizi etkileyen genler ve bu genlerin çevreyle etkileşimdir. Aynı durumu martılarda da görürüz. Yavruların annelerinin gagasını didiklemesinin sebebi, annelerin gagasında bulunan, sözünü ettiğim kırmızı noktacıktır. Gaganın kendisi sarıyken, bu noktanın kırmızı olması ve bu renk farkından doğan fiziksel uyaranlar yavrunun beynindeki sinirleri tetikler. Böylece yavru, gagayı tırtıklamaya çalışır ve annenin besin vermesini sağlar. *Caretta* kaplumbağaları ise anneleri tarafından özenle seçilerek yerleştirilmiş oldukları sahilin eğimi, dalgaların kıyıya vurduğunda oluşturdukları beyaz köpükler ve ufuktaki okyanus-gökyüzü renk ayrımı gibi çevresel uyaranları kullanarak okyanusun yönünü tespit ederek bulmayı başarırlar. Bazı kaplumbağaların dalga seslerini, okyanusun kokusunu ve yumurtadan gece çıkmaları halinde yakamozu takip ettikleri de bilinmektedir.



Görsel 6-5: Birçok martı türünün gagasında bulunan bu kırmızı nokta, yavrularda annenin gagasını gagalama ve ağzından yemek alma davranışını tetiklemektedir. Görsel Pixabay sitesinden alınmıştır.

Tüm bunların "doğa üstü bir bilinç tarafından öğretilmediği", bunun yerine son derece sıradan bir şartlanma örneği olduğu basit bir deneyle ispatlana-

bilir: Kuş yavrularına, anne gagası yerine, bir çubuğun ucuna bağlanan kırmızı bir nokta uzatıldığında, onu da aynı şekilde gagalamaya çalışmışlardır. Diğer renklerle yapılan tekrarlarda bu davranış görülmemiştir. Yani yavrular, doğa üstü bir bilinçle bu davranışı gerçekleştirmemektedirler. Hatta annelerini tanımamaktadırlar bile! Yavrulukları sırasındaki gelişimleri boyunca beyinlerinde meydana gelen sinir bağlantıları genlere bağlı olarak belirlendiği için, bazı uyaranlara belli şekillerde tepki verilmektedir. Bu örnekte o uyaran, çevresine göre daha kırmızı olan bir nokta; bu uyarana bağlı olarak tetiklenen davranış ise o noktayı gagalamaktır. Benzer şekilde, insan yapımı binalar, araçlar ve ses/ışık kirliliğinin *Caretta* yavrularının kafasını karıştırarak yanlış yöne koşmalarına neden olması da, bu sergiledikleri davranışların hiç de "doğaüstü" olmadığını net bir şekilde göstermektedir. Bunların hepsi genlere kazınmış bir şekilde aktarılan, çevresel uyaranlara bağlı olarak belirli davranışları sergilemelerini sağlayan kalıplardan ibarettir.

Ancak tüm bu anlattıklarım, söz konusu davranışların yaklaşık nedenidir. Yani bu davranışların nasıl tetiklendiği, canlı fizyolojisinin bu davranışları nasıl etkilediği ve benzeri soruların yanıtlarıdır. Yine aynı şey sorulabilir: *"İyi ama bu canlılara bu davranışlar ve sinirsel bağlantılar ilk olarak nasıl geldi?"* İşte yakın ve nihai sebepler arasındaki farkı, evrimsel biyoloji sayesinde sadece fizyolojiye değil, sinirbilimden morfolojiye, etolojiden ekolojiye kadar birçok diğer bilim dalına uygulayabilmekte ve canlıların bu açılardan incelenen özelliklerinin neden ve nasıl evrimleştiğini açıklayabilmekteyiz. Şimdi bunu yaparak, evrimsel biyolojinin etolojiye yaptığı kritik katkılardan birisini görelim: *Baldwin Etkisi.*

BALDWIN ETKİSİ

Az önce sözünü ettiğim sinir bağlantıları nasıl kurulmuştur? Bunların nihai nedeni nedir? Sinirler, hangi bağlantıları yapmaları gerektiğini nereden bilirler? Cevap basit: Aslında "bilmezler". Zira tek bir sinir hücresi, bir şeyi "bilebilecek" yapıda değildir, sıradan bir hücredir. Genler, bu sinirlerin yapacakları bağlantıları, kendilerinin okunması sonucu üretilen proteinlerle sağlarlar. Dolayısıyla bu genler değiştikçe, bağlantılar da değişecek ve yepyeni özellikler ortaya çıkacaktır. İşte bu, evrimdir. Evrim, bu davranışların ortaya çıkmasının nihai nedenidir. Evrim Teorisi dahilinde, davranışsal özelliklerin genler ve evrim bazındaki değişimlerini inceleyen teoriye ise, *Baldwin Etkisi* ya da *Baldwinci Evrim Teorisi* adı verilir.

Baldwin Etkisi, evrimsel biyoloji dahilindeki teorilerden birisidir. 1896 yılında Amerikalı psikolog James Mark Baldwin tarafından yazılan *"A New Factor In Evolution"* (*Evrimde Yeni Bir Faktör*) isimli makalede ilk defa tanımlanmıştır. Özünde, etolojide (hayvan davranışları biliminde) *"sabit hareket desenleri"* olarak bilinen kalıp davranışların ve benzeri hayvan davranışlarının da

evrimsel süreçle şekillendiğini ileri sürer. Sabit hareket desenleri, içgüdülerin en yaygın olarak bilinen örneklerinden birisidir.

Sabit hareket desenlerinin en meşhur örneği, boz kazlar olarak da bilinen *Anser anser* türü kazlarda görülen yumurta koruma davranışıdır. İkisi de Nobel Ödüllü etologlar olan Nikolaas Tinbergen ve Konrad Lorenz tarafından gerçekleştirilen deneyde, boz kazların yuvaları ve bu yuva içindeki yumurtalar gözlenmiştir. Her yumurtlayan kuşun yaşantısında en azından bir defa deneyimlediği gibi, bazı yumurtalar rüzgâr gibi çevresel etmenlerle kimi zaman yuvadan düşerler veya uzaklaşırlar. İri boz kaz yumurtaları da ara sıra bu şekilde yuvadan yuvarlanarak uzaklaşabilmektedir. Yumurtanın yuvadan uzaklaştığını görmek, dişi boz kazın beyninin uyarılmasına neden olmaktadır. Bu uyaran aracılığıyla, "yumurta koruma davranışı" adı verilen bir sabit hareket deseni tetiklenmektedir. Bu kalıp dahilinde anne kaz yumurtayı gagasıyla iki bacağı arasına alır ve geriye doğru iteleyerek yuvaya kadar götürür. Ancak bu öylesine sabit bir kalıptır ki, eğer ki anne yumurtaya ulaşıp da yuvaya sürüklemeye başladığı noktada araştırmacılar tarafından yumurta uzaklaştırılacak olursa, anne artık bacakları arasında olmayan yumurtayı, daha doğrusu onun "hayalî bir kopyasını" sürüklemeye çalışmaya devam edecektir. Yani anne, hayalî bir yumurtayı bacakları arasında tutmaya, gagasıyla yumurtayı çeşitli yönlere çekmeye ve yuvaya götürmeye çalışacaktır. Ne zaman ki yuvasına ulaşıp hayali yumurtayı olması gerektiği yere yerleştirir, işte o zaman tekrardan etrafına bakar, araştırmacılar tarafından uzaklaştırılmış yumurtayı görecek ve gidip o yumurtayı getirmeye çalışır. Bu hayret verici kalıp, kazın yumurtanın ne olduğunu tam olarak anlamadığını veya anlıyorsa da sabit hareket deseninin dışarısına çıkamadığını göstermektedir. Ayrıca bu kazların yumurtaya benzeyen her cismi (golf topu, küresel kapı kolu ve hatta kendisinin yumurtlamış olamayacağı kadar büyük ve sahte olan bir yumurtayı) yuvasına taşımaya çalıştıkları da gözlenmiştir.

Chicago Üniversitesi Bilim ve Tıp Tarihi Bölümü ayrıcalıklı profesörlerinden olan ve evrimsel biyoloji alanında yaptığı çalışmalardan, yazdığı kitaplardan ve bilime sunduğu katkılardan ötürü sayısız ödüle layık görülmüş olan Robert Richards, bu desenlerin evrimleşmesini sağlayan etkiyi şöyle anlatmaktadır:

"Eğer bir hayvan türü yeni bir çevreye girecek olursa veya halihazırda bulunduğu çevre hızla değişecek olursa, esnek ve hızlı bir şekilde yeni davranışları öğrenebilenler veya gelişimsel olarak adaptasyon geçirmeye daha yatkın olanlar, doğal olarak diğerlerine göre daha kolay hayatta kalacaktır. Bu tür bir korunma, tıpkı genetik özelliklerin korunarak aktarılması gibi, bazı davranışların da korunarak aktarılmasına ve yaygınlaşmasına neden olacaktır. Her ne kadar bu durum, sanki davranışlar genleri değiştirebiliyormuş gibi bir algı yaratsa da ve bu sebeple Lamarckçı bir evrim görüşüne aitmiş gibi geliyor olsa da, aslında tamamen Darwinci bir şekilde açıklanabilmektedir."

Aslında Baldwin Etkisi'nin temelinde de genler yatmaktadır. Ancak bu genler, fiziksel özellikleri belirlemek yerine davranışsal özellikleri etkileyen ve belli davranışların aktif hale gelmesi konusunda yatkınlıkları belirleyen genlerdir. Eğer ki bir birey, evrimsel süreçte çok kısıtlı sayıda davranışa sahip olabilecek şekilde özelleştiyse, çevrenin hızlı değişimine adapte olamayarak elenecektir. Bu, fiziksel bir yetersizlikten değil, davranış yelpazesinin kısıtlı olmasından kaynaklanır. Yani elenmesine neden olan şey, doğrudan fiziksel bir eksiklik ya da zayıflık değildir. Evrimsel süreçte, geniş bir davranış yelpazesine sahip olmanın avantajlı olacağını öngörür.

Öte yandan Baldwin Etkisi'nin bir diğer çıkarımı, çevrenin değişmediği durumlarda, belli başlı davranış kalıplarının canlının evrimine yön verebileceğidir. Yani az önce anlattığımın tam tersi bir etki görülür: Çevre değişmiyordur; ancak eldeki davranışsal malzemelere göre evrim yön değiştirebilir. Doğal seçilim sanki sadece fiziksel özelliklere etki ediyormuş gibi görülse de, gerçekte canlıyı bir bütün olarak etkiler. Dolayısıyla sergilenen ve sergilenebilecek olan davranışlar da, evrimsel süreci doğrudan etkileyen unsurlardır.

Bu durum aynı zamanda davranışsal varyasyonların evrimsel süreçle şekillendiğini izah etmek için de kullanılır. Örneğin, her bir davranışın popülasyon içinde sergilenme şekliyle ilgili bir varyasyon vardır. Çoğu birey, belli bir durum karşısında birbirine yakın davranışlar sergiler. Ancak bu davranışlar birebir aynı değildir ve bazı bireyler, bu "norm"un dışına çıkarlar. Eğer ki bu "mutant davranışlar", canlıya avantaj sağlarsa, evrimsel süreç hızla tetiklenir ve o davranışın bu spesifik varyasyonunun (çeşidinin) altında yatan genlerin popülasyon içinde görülme sıklığı nesilden nesile artar. Tabii ki bu davranışın genetik bir altyapısı varsa... Bu gen sıklığının değişimi, söz konusu davranışın görülme sıklığını da doğrudan etkileyecek ve değiştirecektir. Ki bu, evrimdir.

Ancak burada söz edilen, Richard Dawkins gibi isimlerce tanımlanan "mem" kavramı değildir (bu kavramın detaylarına Arkeoloji ile ilgili bölümümüzde döneceğiz). Yani belli bir oyunun popülasyon içinde öğrenilerek yayılması, Baldwin Etkisi olarak görülmez. Burada sözü edilen, kültürel davranış kalıplarından ziyade, doğrudan yaşam mücadelesine etki eden davranışlardır. Örneğin, eğer ki bir yırtıcı kuş, bir tırtıl türünü avlıyorsa ve bu tırtılın yaptığı spesifik bir davranış (örneğin aniden sıçrama gibi), yırtıcının avını yakalama şansını düşürüyorsa, bu davranışı tetikleyen genler popülasyonda yaygınlaşacaktır. Bu genler illa spesifik olarak o davranışı tetikleyen genler olmak zorunda da değildir. O davranışın öğrenilmesini kolaylaştıran, yapılmasını kolaylaştıran, uygulamaya konma biçimini etkileyen, şiddetini etkileyen her türlü gen olabilir.

Bu etki hakkında bazı tartışmalar bulunmaktadır ve evrimsel biyologlar halen ortak bir paydada buluşmuş değildir. Özellikle evrimsel psikolojiye karşı olan evrimsel biyoloji ekolü, Baldwin Etkisi'nin aşırı indirgemeci olduğunu ve türlerin bu kadar katı bir şekilde genlerle yönetilmediğini ileri sürmektedirler. Fakat evrimsel

psikolojinin güçlü bir bilim olduğunu savunan diğer ekol, Baldwin Etkisi'ne yönelik bulunan bol miktarda kanıtın, şahsî olarak evrimsel psikolojiye destek olunsa da olunmasa da, Baldwin Etkisi'ni kabul etmek zorunda olduğumuzu gösterdiğini ileri sürmektedirler. Baldwin Etkisi'ne yönelik evrimsel robotik sahasında yapılan bazı araştırmalarla da, davranışların genetik ve kalıtsal olarak aktarılabilir temelde olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla bu etkinin en azından çeşitli seviyelerde işlevsel olduğu gerçeğini inkâr etmek neredeyse imkânsızdır.

Görülebileceği üzere hayvan davranışlarına yönelik incelememizde oldukça genel bir analizden, giderek daha detaylı ve davranışlarımızı anlamamıza katkı sağlayacak daha özel bir seviyedeki analizlere doğru ilerliyoruz. Bu yolculuktaki bir sonraki durak, tüm davranışları mümkün kılan sinir sistemi ve bu sistemi çalışan bilim dalı olan nörobiyoloji olacak. Şimdi, davranışlarımızın evrimsel temellerini daha da iyi anlamak için bunların nörobiyolojik kökenlerine hızlı bir bakış atalım:

DAVRANIŞLARIN NÖROBİYOLOJİK KÖKENLERİ

En karmaşık canlılar bile, köken olarak "cansız" diye nitelediğimiz biyokimyasal tepkimelerle varlıklarını sürdürürler. Canlılar ile cansızlar arasındaki fark, milyarlarca yıl öncesinden başlayıp günümüze kadar gelen; ancak özellikle de 4.5 milyar yıl kadar önce gezegenimizin oluşumuyla başlayıp, yaklaşık 3.8 milyar yıl kadar öncesine kadar gerçekleşen ve bu süreçte cansızlıktan canlılığın oluşmasını sağlayan kimyasal evrimden fazlası değildir. Elbette bu gerçeği anlamak ilk etapta güç olabilmektedir. Zira canlı yapıları ve özelliklerini gözlerimizde öylesine büyütmüşüzdür ki, cansız diyerek umursamazlıktan geldiğimiz kimyasalların bir araya gelerek bu özellikleri nasıl doğurabileceğini anlamakta zorluk çekeriz. Burada anlamamız gereken kritik bir nokta var: Bir şeyin neden ve nasıl o şekilde olduğunu anlamıyor oluşumuz, o şeyin gerçekten de o şekilde olmadığı anlamına gelmez. Bilgi, algı, donanım ve arka plan konusundaki eksiklerimiz, özellikle de karmaşık konuları anlamamızı güçleştirebilir, algılarımızı gölgeleyebilir. Bilmemiz gereken ikinci önemli noktaysa, bugüne kadar canlılığın üstünlüğüne atfedilen her ne özellik olduysa, bunun arkasındaki son derece maddeci ve doğalcı nedenlerin istisnasız her seferinde bulunabilmiş olmasıdır. Elbette henüz bilmediğimiz çok fazla şey var; ancak bildiğimiz şeylerden gördüğümüz, antik zamanlarda bilmediğimiz şeylerle ilgili yaptığımız varsayımlarımızın çoğunun temelden hatalı olduğudur. Cansızlık, yeterince zaman tanındığında canlılığa dair birçok özelliğin basit düzeylerde de olsa ortaya çıkmasını sağlayabilmektedir. Daha önemlisi doğa, "aşağıdan-yukarı inşa etme" veya "tümevarım" yöntemini kullanmaktadır. Hiçbir özelliğimiz son haliyle, bir anda var oluvermemiştir. Her şey, kademeli değişim basamaklarından geçerek, yavaş yavaş son halini almıştır ve bu süreçte her zaman daha küçük ve basit maddeler bir araya gelerek daha karmaşık sistemleri inşa edebilmiştir. Bu inşaatın tüm basamakları, bilimsel metodoloji dahilinde takip edilebilmekte,

anlaşılabilmekte ve hatta tekrar edilebilmektedir. Ne yazık ki insanlar, söz konusu beyin olduğunda kolaylıkla bilim ve gerçeklikten, metafizik ve uydurmalara geçebilmektedirler. Halbuki bu paragraf boyunca sözünü ettiğim tüm bu gerçekler hayvan davranışları biliminde de aynen karşımıza çıkmaktadır.

Davranışlarımızın tümü, beynimizde gerçekleşen hızlı veya yavaş yüz binlerce farklı biyokimyasal tepkimeye ve onların milyonlarca farklı kombinasyonla tanımlanabilen sonuçlarına göre belirlenmektedir. Dolayısıyla beynimizdeki biyokimyasal tepkimeleri etkileyen en ufak faktörden, en büyük faktöre kadar her şey, davranışlarımızı da etkilemektedir (elbette farklı şekillerde ve şiddetlerde). İnsanların "ruh hali" olarak tanımladıkları psikolojik durumları, işte bu yüzden sürekli değişmektedir. Bu değişimler çoğu zaman kişi tarafından hissedilmese de, kimi durumda çok ciddi farklılıklara, hatta sorunlar ve hastalıklar boyutundaki farklılıklara sebep olabilmektedir.

Modern bilim, davranışların her tipinin beyinde bir karşılığı olduğunu tekrar tekrar ortaya koymayı başarmıştır. Şimdiye kadar biyokimyasal olarak açıklanamayan veya en azından biyokimyasal kökenleri olmadığı gösterilen tek bir duyguya, düşünceye ve hisse rastlanmamıştır. Bir diğer deyişle, var olan davranışlarımızın tamamının beyinde bir yerlerdeki değişimin veya faaliyetin sonucu olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Elbette, süreçle ilgili bazı bilinmeyenler halen vardır. Sonuçta bilinmeyenler olmasa, bilim de olmazdı. Bu bilinmeyenler, o özelliklerin doğaüstü yapısından değil, kimi zaman teknolojik yetersizliklerden, kimi zamansa nereye bakmamız gerektiğini bilemiyor oluşumuzdan kaynaklanmaktadır. Zaman ilerledikçe insana (ve diğer hayvanlara) dair tüm davranışlar daha da moleküler ve somut bir temele indirgenmektedir.

Bu konuda benim en sevdiğim örnek, "körgörü" olarak isimlendirebileceğimiz nörolojik sorundur. Körgörü hastaları, beyinlerinin striat korteksinin özellikle birincil görsel korteksinde (V1 bölgesi) hasar olan görme engellilerdir. Bu kişilerin en baş döndürücü özellikleri, aslen hiçbir şey göremiyor olmalarına rağmen, görsel uyaranlara tepki verebiliyor olmalarıdır! *"Nasıl yani, görme engelliyse görsel uyaranlara nasıl tepki verebilirler ki?"* diye soruyor olabilirsiniz. Haklısınız da! Ancak işin özünü öğrendiğinizde, beynimizin koca bir makineden başka bir şey olmadığını anlayacaksınız:

Özellikle gözlerinden sadece birinde bu şekilde körlük olan körgörü sorunu bulunan hastalar üzerinde yapılan araştırmalar, çok ilginç bulgular ortaya koymuştur. Bu kişilerin diğer gözü (eğer işlevselse) tamamen kapatılıp, körgörüye sahip gözlerine çeşitli şekiller (diyelim ki sarı bir yıldız) gösterilmiştir ve ne gördükleri sorulmuştur. Hastalar, tam da beklendiği üzere hiçbir şey göremediklerini söylemişlerdir. Ancak araştırmacılar ne gördüklerini söylemelerinde ya da tahmin etmelerinde ısrar ettiklerinde, sarı bir yıldız gördüklerini isabetle belirtebilmişlerdir. Bu, nefes kesici bir bulgudur ve adeta "büyülüdür". Anlam vermek çok güçtür. Öyle ki, genellikle "6. His" olarak tanımlanan ve doğaüstü bir algı olarak görülmeye çok yatkın olan iddialara temel oluşturuyor gibi bile

gözükmektedir! Fakat bunun doğaüstülük ile hiçbir alakası yoktur ve bu durumu açıklayabilecek birkaç farklı nörobiyolojik mekanizma tespit edilmiştir. Bu mekanizmaları öğrendiğinizde (burada bir tanesine yer vereceğim), "büyü" birden yok olmakta, geriye yalnızca "gerçek" ve "bilim" kalmaktadır.

Gözümüzden gelen verileri "görüntüye" dönüştüren görsel korteksin 5 basamağı bulunur ve bunlar V1'den V5'e kadar isimler alırlar. Numaralar, bilginin genellikle akış yönünü gösterir. Yani gözden gelen veriler, önce V1 bölgesinde işlenir, sonra V2, sonra V3, V4 ve nihayetinde V5. Her bir basamakta görsel verinin farklı bir özelliği işlenir. Örneğin V2 bölgesi, V1'den gelen bilgileri beynin diğer kısımlarından aldığı bilgilerle birleştirir ve V3-V5 bağlantılarını kurar. V3 bölgesinin küresel hareketi işlediği düşünülmektedir. V4 bölgesi, görsel verinin oryantasyonunu, uzamsal frekansını ve rengini işler. V5 ise genellikle hareketin yönüne duyarlı olan bölgedir. V1'den geçemeyen bilgiler, genellikle diğer bölgelerde ya hiç işlenemez ya da doğru işlenemez, bu nedenle de beyinde görsel bir imge ya hiç oluşamaz ya da çeşitli kusurlarla oluşur. İşte bu durum, körlüğün (görme engelinin) nedenlerinden birisidir. Bu tür körlükte göz veya optik sinirde herhangi bir kusur bulunmaz; bunlar normal bir şekilde çalışır. Ancak beynin görüntü işleme merkezinde hasar bulunmaktadır ve bu nedenle görsel veriler doğru bir şekilde algılanamaz ve "körlük" oluşur.

Körgörüye neden olabilecek mekanizmalardan birisi, V1 bölgesi hasarlı olsa bile, gözden beyne bilgileri ileten optik sinirin beynin diğer bölgelerine halen normal veri iletiminde bulunabiliyor olmasıdır. Yani gözde hasar yoktur, optik sinirde de hasar yoktur; dolayısıyla bilgi aslen iletilmektedir. Fakat V1 bölgesi veriyi işleyemediği için veriler, diğer görsel bölgelere doğru bir şekilde iletilememekte ve görüntü oluşamamaktadır. V1'in alamadığı bilgiler, superior colliculus ve serebral korteksin birkaç diğer bölgesine iletilmektedir. Bilincimiz, serebral kortekste bulunan birçok bölge ile ilişkili olarak oluştuğundan, gözden gelen veriler görüntü oluşturmayı başaramasa bile bilince ulaşabilmektedir. Bu da, körgörüye sahip bireylerin görmedikleri halde şekillerin bilgisine sahip olabilmesine neden olmaktadır.

Yani körgörüde görüntüyü yitirmemize rağmen bilincimize bilgi aktarımı diğer sinir bağlantıları sayesinde basitçe yapılabilmektedir. Adeta koca bir devrede ufak bir bağlantının bozulması sonucunda verinin düzgün işlenemiyor olması gibi, beynimizdeki devrelerde de ufak hasarlar oluşması sonucunda işlemlerde sıkıntı olmaktadır; ancak diğer işleyiş devam edebilmektedir ve buna bağlı olarak aksak da olsa sistem işleyebilmektedir. Bir diğer deyişle, beynimiz koca bir devre kutusundan ibarettir. Bu devre kutusunda elektrokimyasal iletim, bilgi akışını sağlar. Elbette, sıradan bir elektronik devresinden farkı, bu kutuyu oluşturan bağlantıların dinamik ve canlı olmasıdır. Organik maddenin, inorganik maddeye göre farklılıkları ve esnekliği, beynin sıradan bir elektronik devreden çok daha karmaşık olmasını mümkün kılmaktadır. Fakat bu devrenin bilgisayarlarımızdan farklı yapılı

ve daha karmaşık olması, bizi ve benliğimizi yaratan her şeyin devrelerden ve bu devrelerin çevreleriyle etkileşiminden ibaret olduğu gerçeğini değiştirmemektedir.

Beynimiz, fiziksel ve kimyasal etkilerin altında sürekli olarak biyokimyasal değişimlere uğrayan dev bir tepkime odasına benzetilebilir. Bu tepkimelerin tamamen kaotik olmama ve halen işleyebiliyor olma sebebi, her nöron grubunun evrimsel süreçte belirli özelliklere sahip olacak şekilde özelleşmiş olmasıdır. Buna karşılık, bu yüksek karmaşıklık düzeyinden ötürü beynimizde o kadar sık hata meydana gelir ki, insanlarda sıklıkla sinirsel veya psikolojik hastalıklara rastlanmaktadır. Bu hastalıkların en yaygın olarak bilinen sebebi genler, virüsler, travmalar, bakteriler gibi dış etmenlerdir.

Davranışlarımızın biyokimyasal ve genetik kökenli olduğunu, beynimizin karmakarışık bir makine veya bir kimyasal tepkime odasından fazlası olmadığını bir diğer açıdan analiz etmemiz de mümkündür: Söz konusu biyokimyasal tepkimeler olduğunda, elbette işin içerisine proteinler ve enzimler girecektir. Çünkü pek çok tepkime enzimlerin varlığında gerçekleşmektedir. Enzimlerin neredeyse tamamı da protein yapılıdır. Bütün proteinler de, genetik materyalin okunması sonucu üretilirler. Dolayısıyla süreçleri geriye doğru takip edecek olursanız bir davranışı ve o davranışla ilişkili bütün biyokimyasal yolakları etkileyen en temel unsur genetik dizilim olacaktır.[14] DNA üzerindeki değişimler enzimleri, dolayısıyla tepkimelerin doğasını değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu durum da bize evrimsel süreçte kademeli olarak değişen genlerin, davranışlarımızı etkileyip değiştirebileceğini göstermektedir.

Bir örnekle bu kısmı kapatalım: Eve normal bir şekilde geldiğinizde, içerideki herkesin ağladığını gördüğünüz anda, gözünüzden beyninize giden elektrokimyasal sinyaller anında beyni uyararak adrenalin salgılamanıza neden olur. Çünkü önceki deneyimlerinizden ötürü bilirsiniz ki insanların ağlaması, hele ki toplu halde ağlamaları olumsuz bir durumun habercisidir ve muhtemelen tehlike arz etmektedir. Bu olayı incelediğimizde, gözden gelen bilgilerin beyindeki farklı biyokimyasal tepkimeleri tetiklemesinin davranışlarımızı bir anda değiştirdiğini görebiliriz. Çünkü zaten davranışlar, "beynin iç ve dış uyaranlara yönelik tepkileri" olarak görülmelidir ve bu tepkiler en nihayetinde biyokimyasal tepkimelere dayandığına göre, bu tepkimeleri etkileyen her uyaran (gözden gelen bilgi gibi), davranışları etkileyecektir. Daha

14 Genetik dizilim her ne kadar en temel unsur olsa da, bir davranışın tipini ve detaylarını belirleyen şey elbette genetik dizilimden ibaret değildir. Epigenetik modifikasyonlar, kofaktör çeşitliliği, post-transkripsiyonel ve post-translasyonel modifikasyonlar, mikrobiyom proteinleri, vb. daha birçok faktör bir davranışın ortaya çıkmasını sağlayan biyokimyasal yolakların bir parçasıdır. Ancak bunların her birinin hücreyle etkileşimi, bunlardan bazılarının ya da hepsinin ortak etkisinin organizma üzerinde nasıl değişikliklere ve tepkilere neden olacağı gibi detayların hepsi, genetik faktörlerden doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle genleri anlamak, davranışları anlamanın temelidir; ancak yapbozun tümü genlerden ibaret değildir.

sonra, ağlayan kişilerle konuşmanız sonucunda çok sevdiğiniz bir akrabanızın öldüğünü duymanız, yani kulağınızdan gelen bilgilerin beyin tarafından değerlendirilip, değerlendirme sonucuna göre bir tepki verilmesi, davranışlarınızın farklı bir yönde gelişmesine sebep olacaktır. Yani akrabanızın ölümünü duymanızla birlikte, beyninizde korku, üzüntü ve strese sebep olacak kimyasallar üretilecektir. Çünkü beyin, dış etmenlere karşı kendini korumaya çalışır. Duyduğunuz olumsuz bir haber, sizin beyninizi doğrudan etkileyecek ve bu etki beyin tarafından dengelemeye çalışılacaktır. Yani beyin, hem etkilenen, hem etkileyen organdır. Eğer ki tıbbi olarak bu iletişimi sağlayan bağlantılardan bir veya birkaçını kapatacak olsaydık, o ağlayan insanları gördüğünüzde herhangi bir tepki vermemenizi sağlayabilirdik. Benzer şekilde, beyninizdeki çeşitli devreleri ve anahtarları dikkatlice seçip kapatarak veya değiştirerek, sizin "kim" olduğunuzu tamamen değiştirmemiz mümkün olabilirdi. İşte bu tip zihinsel ve hormonal sorunların, psikopati ve sosyopati gibi rahatsızlıkların temelinde yattığı düşünülmektedir.

Bunun anlaşılması ilk başta biraz zor olsa da, üzerinde biraz düşündüğünüzde büyük resmi görmeniz mümkün olacaktır: Zaten bizim bilincimiz, zekâmız, duygularımız ve düşüncelerimiz beynimizden ve onun gelişmişlik miktarından kaynaklanmaktadır. Bunlar, genel olarak bizim "tepki kaynakları" olarak görebileceğimiz kavramlardır. Madalyonun öteki yüzünde ise beynimiz, bu defa duyu organlarımız ve günlük faaliyetlerimizin değerlendirilmesinden sorumludur. Bunlar ise genel olarak bizim "bilgi kaynakları" olarak görebileceğimiz kavramlardır. Yani beyin, hem bilgiyi alan, hem de bilgiye cevap veren bir organdır. Bunu, elektronik devrelerdeki mikroişlemcilere benzetebilirsiniz. Bilgiyi alır ve bilgiye cevap verir. Mikroişlemciler insan tarafından kodlanır ve ona göre hareket eder. Canlıların mikroişlemcisi olan beynin tepkileri ise, genetik materyal tarafından belirlenir ve on milyonlarca yıllık evrim süreci sonucu oluşmuştur.

Kısaca, beyindeki her biyokimyasal tepkime ve bu tepkimeye sebep olan enzim, DNA tarafından kodlanır ve üretilir. Dolayısıyla DNA'dan üretim sırasında oluşabilecek hatalar ve değişimler, enzimin yapısını değiştirecek, dolayısıyla biyokimyasal tepkimenin doğasının farklı olmasına sebep olacaktır. Bunun haricinde, enzim üretildikten sonra çalışacağı ortamdaki dış etmenler kaynaklı farklılıklar, biyokimyasal tepkimelerin farklı olmasına sebep olabilecek, bu da yine tepkimelerin sonuçlarının, dolayısıyla davranışların farklı gelişmesine sebep olacaktır. İşte bu, davranışlarımızın nörobiyolojik yapısına ışık tutmaktadır.

Nörobiyoloji ve hayvan davranışlarını birbirine bağlayan en güzel örneklerden birisi, aynı zamanda oldukça ilgi çekici de bir konu olan ayna nöronlardır. Kitabımızın tıp ile ilgili bölümünde de bu konuya değineceğimiz için, temellerini burada atmak istedim. Şimdi ayna nöronlarımızı tanıyalım.

AYNA NÖRONLAR: HAYVANLAR BEYİNLERİNİN DIŞARIYA AÇILAN PENCERESİ

Bir parkta yürüdüğünüzü hayal edin, çimlerde top oynayan çocuklar olsun. Çocukların oynadığı o top önünüzde yürümekte olan bir insana yanlışlıkla hızla çarpacak olursa, sanki size çarpmış gibi tepki verirsiniz. Benzer şekilde, bir yarışı izlerken sporcular bitiş çizgisine yaklaştıkça sizin kalbiniz de hızla atmaya başlar. Daha bilindik bir şey ise, karşınızdaki kişi yediği bir şeyden iğrendiğinde, yüzünüz sanki siz iğrenmişsiniz gibi şekil alır, hatta bazılarımızda daha ileri gider ve midemiz bulanır. Karşınızda biri esnediğinde, siz de onunla esnersiniz. Acı çeken bir canlı, kendi türünüzden olmayan bir hayvan bile görseniz, içiniz onunkisi gibi cız eder ve acır.

2005 yılında Marco Iacoboni ve bir grup bilim insanı, yaptıkları araştırma sonucu yukarıda bahsettiklerimin sebebinin "ayna nöronlar" olduğunu öne sürdüler. Bu ilk araştırmanın ardından yapılan bir dizi araştırma da bunu destekler nitelikte oldu.

Ayna nöronlar ilk olarak, 1980'lerden başlayarak 1990'lara kadar bunlar üzerine araştırma yapan Giacomo Rizzolatti ve ekibi tarafından bulundu. Bu nörofizyolojistler (nöron fizyolojisini çalışan bilim insanları), *Macaca nemestrina* türü üç makağın ventral premotor korteklerine elektrotlar yerleştirerek makakların el ve vücut hareketlerini bir süre takip ettiler. Deney boyunca, maymunların karşıdaki kişinin hareketlerini taklit etmelerini sağladılar. Bu süre zarfında F5 bölgesindeki bazı nöronların, taklit hareketlere karşılık verdiğini fark ettiler. Bu nöronlara da "ayna nöronlar" dendi. Araştırma yapıldıktan sonra dünyanın bir numaralı akademik makale dergisi *Nature* dergisine gönderilmiş olsa da, insanların ilgisini çekmeyeceği düşünülerek makale kabul edilmedi. Devamındaki araştırmalarda, bu tarz bir ayna sisteminin insan beyninin Broca bölgesinde de olduğu anlaşıldı.

Araştırmada da görüldüğü gibi ayna nöronlar, makakların F5 olarak da adlandırılan inferior frontal giruslarında[15] ve ayrıca inferior parietal lobüllerinde[16] bulunur. Makaklarda bu nöronların tam olarak görevi öğrenilememiş olsa da, bilinen tek gerçek, yavru makakların dahi insanların hareketlerini taklit edebiliyor olmasıdır. Bu nöronların yetişkin maymunlarda bir başka maymunun ne yaptığını anlamaya olanak sağladığı ise üzerinde en fazla durulan tahmindir.

Ayna nöronlarının keşfedildiği bir diğer hayvan ise bir kuş türüdür. Bataklık serçesi olarak da isimlendirilen, *Melospiza georgiana* türü kuşun ses algılama ve şarkı söylemekte çok aktif oldukları bilinmektedir. Bu tür üzerinde yapılan araştırmalarda, ötme sırasında –özellikle de şarkı söyleme ritüelleri sırasında–

15 Bu beyin bölgesi, "yap veya yapma" tipi kararları almamızda, riskli işlerden kaçınmamızda, istenmeyen bilgilerin bastırılmasında, konuşma dilinin anlaşılmasında ve konuşmamız sırasında görev alır.

16 Beynimizde bulunan bu lopçuklar, başkalarının yüzlerine bakarak duygularını anlamamız ve değerlendirmemiz sırasında görev almaktadır. Ayrıca konuşma dilinde, matematiksel işlemlerde, vücudumuzu nasıl algıladığımız konusunda da görevleri bulunmaktadır.

beyinlerinin HVC bölgesine gönderilen elektrotların daha aktif olduğu görülmüştür. Araştırmanın sonunda kuşların ötmesini de sağlayan bu bölgede ayna nöronlarının olduğu sonucuna varılmıştır.

Şimdi asıl işin karmaşıklaştığı hayvan türüne, biz insanlara gelelim. İnsan beyninde spesifik bir nöron üzerinde araştırma yapmak çok kolay olmamıştır; fakat elimizde bizlerde de ayna nöron bulunduğuna dair, çoğu doğrudan olmasa da, birçok dolaylı bulgu vardır. Bu bulgulara bir göz atalım:

Taklit, insanın sosyal gelişimi, öğrenmesi ve iletişimi için büyük bir role sahiptir ve enstrümantal öğrenme, ilişkisel öğrenme ve birçok duygusal süreç tabanlıdır. Aslına bakarsanız taklit, "öğrenme" dediğimiz ve insanın en önemli yeteneklerinin başında gelen niteliğin kalbinde yatan unsurdur. Bir düşünün: Doğumunuzdan beri öğrendiğiniz neredeyse istisnasız olarak her şeyi, bir şeyleri taklit ederek öğrendiniz. Başlangıçta ebeveynlerinizi, sonra okuldaki arkadaşlarınızı ve öğretmenlerinizi, sonra televizyonda gördüklerinizi, kitaplarda okuduklarınızı, profesörlerin anlattıklarını... Öğrendiğiniz hiçbir şey size gökten zembille inmedi veya birdenbire beyninize yüklenmedi. Baktınız, gördünüz, incelediniz, yinelediniz, yanıldınız, tekrar denediniz ve başardınız. Bu sürecin tamamı taklitten fazlası değildir! Yani taklit, basit bir kas hareketi sürecinden çok daha karmaşık bir süreçtir. Taklit, içgüdü-harici bilişsel davranışlarımızı sergileyebilmemizin en temel nedenidir. Dolayısıyla bizim diğer hayvanlardan ayrıymış gibi hissetmemizin ana nedeni de neredeyse sınırsız olan taklitle öğrenme becerimizdir. İşte taklit etme sürecinin de başrolünde ayna nöronlarının olduğu düşünülmektedir! Bu durum, ayna nöronları anlamamızın kendimizi tanımak ve anlamak yolunda ne kadar büyük bir adım olduğunu göstermektedir.

Yapılan başka bir araştırmaya göre insanlarda ayna nöronlar doğumdan sonraki ilk 12 aydan sonra gelişmektedir. İşte tam olarak bu sebeple bebekler, genel olarak 1 yaşından sonra çevrelerine daha tutarlı tepkiler verebilmekte, onları taklit edebilmekte ve öğrenme konusunda gerçek başarılar sergileyebilmektedir. Fakat bu ayna nöronların konumlarını, özelliklerini, yapılarını, farklı şartlar altındaki tepkilerini nasıl tespit edeceğiz? Bu, sandığınızdan oldukça zor bir iştir ve halen tam olarak çözülememiş bir gizemdir. Öyle ki, günümüzde ayna nöron diye özel nöronların var olmadığı düşüncesinde olan çok sayıda bilim insanı vardır. Fakat araştırmacılar, bu nöronların varlığını reddedilemez bir şekilde ispatlamak için azimle çalışmayı sürdürmektedirler.

İnsanlar üzerinde ayna nöron bulma çalışmalarını başlatan grupların başında, bu nöronların keşfini sağlayan Giacomo Rizzolatti ve ekibi de bulunmaktadır. Ekip, araştırmalarında, makakların beynindeki F5 bölgesiyle homolog (eş) olan, insan beyninin Broca Bölgesi'ni incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, insanın bir şeyi gözlemlemesi ve uygulaması sürecinde bu bölgenin son derece aktif olduğunu görmüşlerdir.

Fakat ayna nöronlarla ilgili en önemli gelişmenin kaydedildiği araştırma, kuşkusuz 2010 yılında makaleleri yayınlanan Roy Mukamel ve ekibine aittir. Bu grup, 21 insan üzerinde yaptıkları deneyde, gözlemleme ve uygulama süreci içinde bir grup nöronun diğer nöronlara nazaran daha fazla tepki verdiklerini gözlemlemişlerdir. Bu da, insanlarda da ayna nöronların bulunduğuna dair en önemli kanıtı oluşturmaktadır. Fakat bu ekibin tek eksiği, ayna nöronlarının nerede arayacaklarını seçememeleri olmuştur. Daha genel bir yöntem uygulamaya karar veren araştırma ekibi, 21 kişinin de medial duvar (içinde singulat korteks gibi duyguların algılanmasında rolü olan bölgeler bulunmaktadır) ve medial temporal lobuna (içinde amigdala ve hipokampüs gibi yine duygularla ilişkili bölgeler bulunmaktadır) elektrotlar yerleştirmiş ve gözlemişlerdir. Bu bölgelerin birçoğunda popülasyon içindeki diğer bireyleri taklit ederken faaliyet gözlenmiştir. Bu bölgelerin hangilerinin ayna nöronları kesin olarak barındırdığından emin olamasak da, bu bölgelerin hiçbirinin daha önceden ayna nöronlarla ilişkilendirilmemiş olduğu gerçeği araştırmayı önemli kılmaktadır. Bu araştırma sayesinde artık biliyoruz ki eğer ayna nöronlar gerçekten varsa, insan beyninin birden fazla bölgesinde bulunmaktadırlar.

Ayna nöronların ne olduklarını anlayabilmenin yolu da yine evrimsel biyolojiden geçmektedir. Ayna nöronların başka ne tür işlerde görev alıyor olduğunu tespit etmek, diğer hayvanlarda ne tip özelliklere bakmamız gerektiğini anlamamızı sağlayacak ve bu sayede ayna nöronların evrimini takip edebilmemizi mümkün kılacaktır. Ayna nöronlarının evrimsel kökeni üzerine araştırmalar yapmakta olan büyük nörobiyolog Vilayanur Ramachandran, diğer önemli görevlerinin yanında bu nöronların kendi benliğimizi tanımamıza da yardımcı olmaya çalıştığını düşünmekte ve bu konuda teoriler geliştirmektedir. Ramachandran, teorisini şu sözlerle açıklıyor:

"Ben, ayna nöronların sadece başkalarının davranışlarını gözleme ve uygulama görevinin olmadığını, erken beyin gelişimi sürecinde de benliğimizi oluşturduğunu iddia ediyorum."

Bunun ne kadar büyük (hatta olağanüstü) bir iddia olduğunun farkına varmanızı rica edeceğim. Eğer ki iddia doğruysa, bilincin ve insan zekâsının en ihtişamlı ürünü olan "benlik" kavramının nörobiyolojik kökenini tespit etmiş olabiliriz.[17] Dolayısıyla, hemen aklınıza bu bölümde öğrendiğimiz, bilimin 3 temel kuralı gelmelidir. İspat yükü Ramachandran'ın omuzlarındadır ve böylesine olağanüstü bir iddia, olağanüstü kanıtları gerektirmektedir. Her ne kadar Ramachandran bu konuda birçok akademik makaleye imza atmışsa da, henüz yeterince ikna edici miktarda veriyi bir araya getirip, bu verileri bir bütün olarak ve tam olarak açıklayamadığı için bu iddiası henüz genel geçer bir gerçek olarak kabul edilememektedir.

17 "Benlik" kavramını tanımlaması çok kolay değildir. Ancak temelde benlik, bir canlının kendisinin diğerlerinden ayrı ve farklı olduğunu algılayabilmesi durumudur. Bu bakımdan öz farkındalık ile yakından ilişkilidir. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda benlik algısının beynin neokorteks bölgesinde, özellikle de insula alanında şekillendirildiği gösterilmiştir.

Yine de, bu iddiayı bir miktar da olsa destekleyen bir araştırma, günümüzde yaşayan en önemli hayvan davranışları bilimcileri arasında bulunan Frans de Waal ve ekibinden gelmiştir. Bildiğiniz üzere ve bu bölümde ele aldığımız gibi empati kurabilme yeteneği, benliğimizin farkında olmamızla ilişkilidir. Eğer ki öz farkındalığınız yoksa, diğerlerini kendinizden ayırt edemezsiniz. Diğerlerini kendinizden ayırt edemezseniz, "kendinizi onların yerine koymak" (empati) davranışının icra edilmesi imkânsız olacaktır. İşte de Waal ve ekibi, yaptıkları araştırmalarda ayna nöron sistemlerinin empatiyi de doğrudan etkileyebileceğine dair bulgulara ulaşmışlardır. Bunu destekleyen en temel kanıtları, bir başka insanın hareketlerini ve duygusal durumunu gördüğümüzde beynimizdeki bazı bölgelerin (ön insula, ön singulat korteks, inferior frontal korteks gibi) daha fazla aktivite göstermesidir. Hatırlayacak olursanız bunlar, ayna nöronların bulunduğu tespit edilen beyin bölgeleridir.

Bir diğer araştırma, az önce bahsettiğim ve motor taklit olarak adlandırılan süreçler hakkındadır. Marco Iacaboni ve ekibi tarafından yapılan deneylerde, bilinçsizce yapılan taklitlerin (örneğin birisinin yüzüne top gelip acıyla yerde kıvrandığına şahitlik ettiğimizde acıyı kendimizde hissetmemiz gibi) ayna nöronlar aracılığıyla gerçekleştiği bulunmuştur. Ayrıca bu deneyde ayna nöronların bazı durumlarda motor nöronlarını da eklediği görülmüştür. Bu, taklit sırasında aktive olan nöronların, fiziksel hareketlerimizi mümkün kılan nöronların ateşlenmesini tetikleyebileceğini göstermektedir. Bu da, bir başka bireyin yüzüne top gelmek üzereyken bizlerin yüzümüzü buruşturup kafamızı geriye atmamız gibi "ayna davranışlarını" açıklamaktadır. Buna ek olarak bu bulguların, ayna nöronların aynı zamanda karşıdakinin ne yapmak istediğini ve ne hissettiğini de anlamamıza da yardımcı olduğu sonucuna varmamızı sağladığını söyleyebilirim.

Bu durumda geriye tek bir soru kalıyor: Madem ayna nöronlar taklide neden oluyor; neden karşımızdakilerin her bir hareketini birebir taklit etmiyoruz da sadece belli başlı hareketleri taklit ediyoruz, sadece belli duygularla empati kurabiliyoruz? Bu durumu Christian Keysers ve Valeria Gazzola ikilisi, bir diğer insanın yaptığı şeyi gözlemlediğimiz sırada birincil motor korteksin bazen kapalı olmasıyla açıklamaktadır. Yani, bazen ayna nöronların gönderdiği uyartılar motor nöronlar tarafından eyleme dönüştürülmemektedir. Şimdilik buna hangi beyin bölgesinin, neye dayanarak karar verdiği bir soru işareti olarak cevaplanmayı beklemektedir.

Ayna nöronlarla ilgili bir başka araştırma da cinsiyetler arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır; ki bu, ayna nöronlara ve taklit yeteneğimize dair daha fazla bilgi elde etmemizi sağlayabilir. Yawei Cheng ve ekibinin yaptığı bir dizi araştırmanın sonucunda, dişilerin erkeklere nazaran, ayna nöronlardan gelen uyartılara verdikleri motor tepkilerin daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Yani dişilerde motor nöronlar, ayna nöronların uyartılarına daha sıklıkla tepki göstermektedir. Bu da dişilerin neden empati kurmaya erkeklerden daha yatkın olduğunu net bir şekilde açıklayabilmektedir.

Ayna nöronlarla bağlantısı bulunduğu düşünülen bir başka durum ise otizmdir. 2008 yılında Ilan Dinstain ve ekibi, Iacaboni ve ekibinin ulaştığı sonuçları kullanarak otizm ile ayna nöronlar arasında ilişki kurmuşlardır. Bunu desteklemek için ortaya koydukları teori şu şekildedir: Ayna nöronlar ile motor nöronlar arasında sıkı bir bağ vardır, bunu artık bilmekteyiz. Bu iki nöron tipi, toplum içindeki bireylerin karşılarındakini anlamak ve yeri geldiğinde taklit etmek için birlikte çalışmaktadırlar. Fakat bu bağ, otizmli çocuklarda çok daha zayıftır. Yani, otizmlilerde ayna nöronlar, sağlıklı bir insana nazaran çok daha az çalışmaktadır. Böyle olunca da ayna ile motor nöronlar arasındaki ilişki de büyük ölçüde kısıtlanmaktadır. Bu durum, otizmli bireylerin genel popülasyondan neden daha farklı olduklarını ve çektikleri sosyal zorlukların kökenini açıklamamızı mümkün kılmaktadır.

Cecilia Heyes'in *"Ayna Nöronlar Nereden Geldi?"* isimli makalesinde de açıkladığı gibi, bu nöronların doğal seçilim tarafından güçlü bir şekilde desteklendiği düşünülmektedir. Çünkü bu nöronlar, izah ettiğimiz gibi hem canlıların öğrenmesine yardımcı olmaktadır, hem de konuşularak bilginin aktarılamadığı zamanlarda bilginin bir nesilden diğerine aktarılmasında işimizi kolaylaştırmaktadır. Çabuk öğrenen ve öğrendiklerini ivedilikle uygulamayı başarabilen maymunlar, nesillerini devam ettirme konusunda diğerlerine nazaran avantajlı olmuşlardır.

Ayna nöronlar bize sadece insan türünün taklit, empati ve öğrenme yetenekleriyle ilgili bilgiler vermekle kalmamakta, aynı zamanda diğer hayvanlar ile olan ilişkimizi netleştirmektedir.

İNSAN DIŞI CANLILARDA BİLİNCİN VARLIĞINA DAİR CAMBRIDGE ÜNİVERSİTESİ ANLAŞMASI

Bu bölümü, alanında en saygın olan bilim insanlarının 2012 yılında imzaladıkları bir anlaşmayla kapatmak istiyorum. Hayvanların bilinçli olup olmadığı sorusu 100 yılı aşkın bir süredir detaylı bir biçimde araştırılmaktadır ve bilim camiası açıkçası bu konuda, birkaç on yıl öncesine kadar, net bir şekilde ikiye bölünmüş durumdaydı (yani bu bölümde okuduğunuz bilgiler, oldukça güncel ve yenidir). Bundan sadece birkaç on yıl öncesinde, bir grup bilim insanı hayvanların insanınkiyle kıyaslanabilir ve aynı kulvarda bir bilinci olmadığını veya hiç bilinçleri olmadığını savunurken, diğer bir grup bilim insanı, diğer hayvanların da insanlar gibi bilinci olduğunu iddia etmekteydi. Her ne kadar yapılan her yeni araştırmayla ikinci grubun argümanı, yani insan haricindeki hayvanların da bilinci olduğu argümanı güç kazansa da, bilim camiasının ortak olarak dillendirdiği bir anlaşma bulunmuyordu.

Ancak bu durum, Cambridge Üniversitesi'nde yapılan Francis Crick Anma Konferansı'nın 7 Temmuz 2012 tarihli toplantısında kökünden değişti. Bilim camiasının birçok farklı alanını temsilen etkinliğe katılan ve hayvan davranış-

ları ve hayvan bilinci konusunda araştırmalar yapan uzmanlar, bilim camiasında artık aksi iddia edilmesi güç bir biçimde, diğer hayvanların da bilince sahip oldukları konusunda hemfikir olduklarını ilan ettiler. Aralarında Cambridge Üniversitesi ve Churchill Koleji gibi prestijli okullardan akademisyenlerin ve Stephen Hawking gibi isimlerin bulunduğu etkinlikte imzalanan anlaşma metninin bir kısmı şu şekildedir:

"Kuşlar, davranış konusunda, nörofizyoloji açısından, nöroanatomi açısından bizlere bilincin evrimine dair çarpıcı bir paralellik göstermektedir. İnsana yakın bir bilincin varlığı, özellikle Afrika gri papağanı gibi türlerde çok net bir şekilde gözlenmiştir. Duygusal ağlar ve algısal mikrodevreler bakımından memeliler ile kuşlar arasındaki benzerlik (homoloji) şimdiye kadar sandığımızdan çok daha fazladır. Üstelik bazı kuşlarda, REM uykusunu ayarlayan devreler başta olmak üzere, memelilerinkine benzer nöral uyku devreleri keşfedilmiştir, öyle ki özellikle zebra ispinozlarında yapılan bu gözlemler, memelilerde gördüğümüz gibi gelişmiş bir neokorteks yapısının bilincin oluşması için şart olmadığını anlamamızı sağlamıştır. Saksağanlar üzerinde yapılan davranış çalışmaları, insan, insansı maymunlar, yunuslar ve fillere şaşırtıcı derecede benzer özbilincin varlığını ispatlamıştır.

(...)

Şunu ilan etmekteyiz:

Bir neokorteksin varlığının bir organizmanın duygusal durumlara sahip olması için bir zorunluluk olmadığını görüyoruz. Farklı bilim dallarından gelen ve aynı noktada birleşen araştırma verileri ışığında, insan dışı hayvanlarda da bilincin varlığını gösteren yeterli sayıda nöroanatomik, nörokimyasal ve nörofizyolojik özelliklere ulaşılmıştır ve bu hayvanların da istemli davranışlar sergileyebildikleri gösterilmiştir. Sonuç olarak, elimizdeki delillerin fazlalığı, insanların bir bilinç oluşumu için gereken nörolojik bileşenlere sahip olma konusunda eşsiz olmadığını göstermektedir. Tüm memelileri ve kuşları kapsamakla birlikte, ahtapotlar gibi başka birçok diğer hayvanı da içine alan bir insan-dışı hayvan grubunda bu nörolojik bileşenler bulunmaktadır."

SONUÇ

Diğer canlıların insanlar ile *aynı* şekilde mi, yoksa *benzer* şekilde mi, yoksa tamamen *bağımsız* bir biçimde mi bilişsel fonksiyonları olduğunun tartışması daha uzun yıllar devam edecektir. Ancak kesin olarak bildiğimiz bir şey var: Biz, Evrim Ağacı üzerindeki bir daldan ibaretiz. Bu dal, gökten veya gaipten gelmemiştir. Kendisinden önce gelen dallardan köken almaktadır. Bu köken ilişkisinin en kolay görülebildiği alanlardan birisi ise hayvan davranışları bilimidir. Bu sahada yapılan çalışmalar, bizlerin diğer hayvanlarla ortaklıklarını açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Darwin, 1871 tarihli İnsanın Türeyişi isimli kitabını şu cümlelerle bitirmektedir:

"İnsanların; her ne kadar kendi çabalarıyla olmasa da, organik skalanın en üst noktalarına ulaşabildikleri için bir miktar gurur duymaları anlaşılabilirdir. Dahası, bu üst noktaya doğaüstü bir şekilde yerleştirilmiş olmaktansa, doğal süreçlerle bu noktaya varabilmiş olduğu gerçeği, uzak bir gelecekte daha da yüksek bir kaderin onları beklediği konusunda insanlara bir miktar umut da veriyor olabilir. Ancak biz burada umutlar veya korkularla ilgilenmemekteyiz; mantığımızın keşfetmemize izin verdiği düzeyde, yalnızca gerçekle ilgilenmekteyiz. Bu nedenle kanıtları, elimden gelen en iyi şekilde sundum. Ancak görmekteyim ki tüm asil özelliklerine rağmen, en değersizleştirilmiş olanlara bile sempati duyabiliyor olmasına rağmen; sadece kendi türüne değil, en mütevazi canlı türlerine kadar bile ulaşabilen cömertliğine rağmen; Güneş Sistemi'nin çalışma biçimini bile anlayabilecek kadar derinlere ulaşmayı başarmış, tanrı seviyesindeki zekâsına rağmen; sahip olduğu tüm yüceltilmiş güçlerine rağmen insan, vücudunun her köşesinde, kendisinin daha düşük seviyeli kökenlerine dair izleri bir damga gibi taşımaktadır."

Sonuç olarak, tüm bu bölüm boyunca gördüğümüz, hayvanlar ile onların bir parçası olan insanlar arasında tam da beklendiği gibi sıkı sıkıya bir ilişki olduğu gerçeğidir. Görülebileceği gibi hayvan davranışlarının en genelinden, en özeline kadar indiğimizde geçtiğimiz her bir basamak, evrimsel biyoloji ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Davranışlarımızın kökenlerine bakarak öğrendiklerimiz, kendimize ve tüm canlılığa dair bilinmeyenleri aydınlatmak konusunda büyük bir öneme sahiptir. Bu bilinmeyenlerin aydınlatılması, tartışmasına burada girmek istemediğim "özgür irade" gibi çok daha zorlu ve daha ziyade felsefenin alanında tartışılan konuları da bilimsel platforma çekecek ve nihai olarak açıklamayı başaracaktır.

Kim bilir? Belki de bir gün kim olduğumuzu anlamamız bile mümkün olabilecektir!

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Allain, R. (2012). Maximum Acceleration in the 100 m Dash. Alındığı site: http://www.wired.com/2012/08/maximum-acceleration-in-the-100-m-dash/
- Anwar, Y. (2012). Scientists tap the genius of babies and youngsters to make computers smarter. *UC Berkeley News Room*. Alındığı site: http://news.berkeley.edu/2012/03/12/babyeinsteins/
- Aquinas, T. (1274). *Summa Theologica*. Alındığı site: http://www.ccel.org/ccel/aquinas/summa.pdf
- Baby Turtles. (2016). Alındığı site: from http://www.seeturtles.org/baby-turtles
- Balter, M. (2010). Probing Culture's Secrets, From Capuchins to Children. *Science*, 329(5989), 266-267. doi:10.1126/science.329.5989.266
- Balter, M. (2013). *Strongest Evidence of Animal Culture Seen in Monkeys and Whales*. Alındığı site: http://www.sciencemag.org/news/2013/04/strongest-evidence-animal-culture-seen-monkeys-and-whales

- Bekoff, M. (2013). Do Animals Know Who they Are?. *LiveScience*. Retrieved from http://www.livescience.com/39803-do-animals-know-who-they-are.html
- Cargile, J. (1997). On the Burden of Proof. *Philosophy*, 72(279), 59-83.
- Cairó, O. (2011). External measures of cognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5. Alındığı site: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2011.00108/full
- Cheng, Y., *et al.* (2008). Gender Differences in the Mu Rhythm of the Human Mirror-Neuron System. *PLoS ONE*, 3(5). doi:10.1371/journal.pone.0002113
- Clay, Z., & Waal, F. B. (2013). Development of socio-emotional competence in bonobos. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45), 18121-18126. doi:10.1073/pnas.1316449110
- Coop, A. (2014). An oil change for the Bugatti Veyron costs more than your entire car. Alındığı site: https://roadtrippers.com/stories/bugatti-service-costs
- Danckert, J., & Rossetti, Y. (2005). Blindsight in action: What can the different sub-types of blindsight tell us about the control of visually guided actions? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(7), 1035-1046. doi:10.1016/j.neubiorev.2005.02.001
- Darwin, C. (1871). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. London: John Murray.
- Dinstein, I., *et al.* (2008). A mirror up to nature. *Current Biology*, 18(3), 233. doi:10.1016/j.cub.2008.01.044
- Gelder, B. D. (2010). Uncanny Sight in the Blind. *Scientific American*, 302(5), 60-65. doi:10.1038/scientificamerican0510-60
- Gonzalez, R. (2012). The 4 Biggest Myths About the Human Brain. *io9*. Alındığı site: http://io9.gizmodo.com/5890414/the-4-biggest-myths-about-the-human-brain
- Grenier, F., & Lüthi, A. (2010). Mouse brains wired for empathy? *Nature Neuroscience*, 13(4), 406-408. doi:10.1038/nn0410-406
- Herculano-Houzel, S. (2009). The human brain in numbers: A linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3. doi:10.3389/neuro.09.031.2009
- Herculano-Houzel, S. (2012). The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 10661-10668. doi:10.1073/pnas.1201895109
- Humans not smarter than animals, just different. (2013). Alındığı site: http://www.adelaide.edu.au/news/news67182.html
- Iacoboni, M. (1999). Cortical Mechanisms of Human Imitation. *Science*, 286(5449), 2526-2528. doi:10.1126/science.286.5449.2526
- Iacoboni, M., *et al.* (2005). Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System. *PLoS Biology*, 3(3). doi:10.1371/journal.pbio.0030079
- Kaplow, L. (2011). On the Optimal Burden of Proof. *Journal of Political Economy*, 119, 1104-1140.
- Kasthuri, N., & Lichtman, J. W. (2010). Neurocartography. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 342-343.
- Keysers, C., & Gazzola, V. (2010). Social Neuroscience: Mirror Neurons Recorded in Humans. *Current Biology*, 20(8). doi:10.1016/j.cub.2010.03.013
- Kinser, P. (2012). Brain and Body Size... and Intelligence. *Bryn Mawr College Serendip Studio*. Retrieved January 22, 2016, from http://serendip.brynmawr.edu/exchange/brains
- Kohler, E. (2002). Hearing Sounds, Understanding Actions: Action Representation in Mirror Neurons. *Science*, 297(5582), 846-848. doi:10.1126/science.1070311

- Low, P. (2012). *The Cambridge Declaration on Consciousness*. Alındığı site: http://fcmconference.org/img/CambridgeDeclarationOnConsciousness.pdf
- Maestripieri, D. (2012). What Monkeys Can Teach Us About Human Behavior: From Facts to Fiction. Alındığı site: https://goo.gl/rCQ9Tt
- Martin, C. F., Bhui, R., Bossaerts, P., Matsuzawa, T., & Camerer, C. (2014). Chimpanzee choice rates in competitive games match equilibrium game theory predictions. *Scientific Reports*, 4. Alındığı site: http://www.nature.com/articles/srep05182
- McGraw, P., & Warner, J. (2014). Do Animals Have a Sense of Humor? Alındığı site: http://goo.gl/WK69wz
- Mukamel, R., *et al*. (2010). Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions. *Current Biology*, 20(8), 750-756. doi:10.1016/j.cub.2010.02.045
- Olkowicz, S., *et al*. (2016). Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(26), 7255-7260. doi:10.1073/pnas.1517131113
- Pianka, E. (2012). Can Human Instincts Be Controlled? Alındığı site: http://www.zo.utexas.edu/courses/THOC/HumanInstincts.html
- Schuster, G., *et al*. (2008). *Thinkers of the jungle*. Königswinter, Germany: H.F. Ullmann.
- The Difference Between Humans and Animals. (2014). Alındığı site: http://visual.ly/difference-between-humans-and-animals
- Thomas, B. (2012). What's So Special about Mirror Neurons? Alındığı site: http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/whats-so-special-about-mirror-neurons/
- Tinbergen, N. (1951). *The Study of Instinct*. Oxford: Clarendon Press.
- Uyar, T. (2014). *Carl Sagan Standardi'nın Aslı*. Alındığı site: http://www.tevfikuyar.com/2014/blog/bilim-felsefe/carl-sagan-standardinin-asli-olaganustu-iddialar-ve-kanitlar.html
- Wolchover, N. (2011). *What Distinguishes Humans from Other Animals?* Alındığı site: http://www.livescience.com/33376-humans-other-animals-distinguishing-mental-abilities.html
- Zimmer, C. (2011). 100 Trillion Connections: New Efforts Probe and Map the Brain's Detailed Architecture. *Scientific American*. Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/100-trillion-connections/

BÖLÜM VII

ENTOMOLOJİ

Böceklerin Bilinmeyen Dünyası

Gürhan Öztürk - Çağrı Mert Bakırcı - Mehmet Ali Döke[1]

Elimi ona doğru uzattım. Amacım korkutmak ya da zarar vermek değildi. Sanki başına gelecekleri biliyordu, kaderine razı olmuş bir şekilde zamanın gelmesini bekliyordu. Onu bu şekilde bırakamazdım. Ona yardım etmek istiyordum. En azından son anlarını daha rahat ve huzurlu bir ortamda geçirmesini sağlayabilirdim. Uyumak için kendine uygun bir mekân arıyordu. Işık ona yol göstermişti bu zamana kadar. Bu yüzden ışıktan uzaklaşamıyordu belki de. Bu zalim dünyada iyiyi ve kötüyü birbirinden ayıran, korkunun zaferini geciktiren tek güç ne de olsa ışıktı. Işığa yakın olan korkuya da uzak oluyordu. Hayata gözlerini açtığı an gibi şimdi gözlerini kapatacağı an geliyordu. Onun için uykunun geri dönüşü yoktu. Çünkü yaşama amacı neyse onu ya yapmış ya da en azından yapmak için çaba sarf etmişti.

Bir süre elimi uzatıp, sabırla bekledim. Yaklaştı elime. Sol işaret parmağıma tırmandı, ucuna varınca durdu. Kanatlarını çekti, antenlerini eğdi. Uyumak için kendine uygun bir yer bulmuştu sonunda. Huzurlu olduğunu anlayabiliyordum. Çünkü kaçmıyordu, tedirgin de değildi, rahat duruyordu. Huzuru bozulmasın diye dakikalarca ayakta bekledim. Ona baktım. Boşta kalan sağ elimle başını sıvazlamak istedim bir an, ama ya parmağımdan düşerse ya da tedirgin olup kaçarsa diye vazgeçtim.

1 Mehmet Ali Döke, arılarda sosyal yaşantı ve arı dansıyla ilgili kısmı hazırlayarak bölüme katkılarını sunmuştur. Bölümün geri kalanı ise diğer yazarlar tarafından kaleme alınmıştır.

Sevgi dolu gözlerle onu izlemeye devam ettim. Ta ki parmağımda uyuyakalana dek hayranlık uyandırıcı güzellikte kanatlara sahip minik kelebeğin rahat etmesini sağladım. Onu düşürmeden yavaş adımlarla balkona çıktım hemen. Rüzgâr iyi gelmişti. Gökyüzünü seyre daldım bir süre, sol işaret parmağımı hâlâ dik bir şekilde böcek düşmesin diye tutmaya özen göstermeyi de ihmal etmeden. Geceyi aydınlatan yıldızlardı, Ay yoktu ortalarda. Ardından artık uyuşmayan başlayan sol elimi daha fazla sabit tutamayacağımı anlayınca, kelebeğin kulağına eğilerek 'iyi uykular' diye fısıldadım.

Veda anı zordu benim için. Ne kadar elimi oynatsam da artık tepki göstermiyordu kelebek, bir daha uyanmayacağı bir uykuya dalmıştı çünkü. Hafifçe parmağıma doğru üfledim ve kelebeğin karanlığın içine doğru düşüşüne tanık oldum.

Ele alacağımız konu böcekler ve böcekbilim olduğu için, sizleri konuya ısındırmak için bir roman girişi gibi olsun istedik. Böceklerin pek fazla iç açıcı canlılar gibi görülmediğinin farkındayız, ama bizce onlara da bir şans vermek lazım diye düşünüyoruz. Bu nedenle, bu bölümde sizlerle beraber böceklerin hayranlık uyandıran dünyasına dalacak ve evrimsel süreçlerine göz atacağız. Ama böcek nedir, böceklerin içerisine hangi canlılar girer önce bu konularda hemfikir olalım.

Böcek denilince insanların genellikle aklına gelen ilk canlılar, 5 ana grupta (daha doğrusu taksonomik takım[2] altında) toplanabilir: Bunlar, kınkanatlılar (Coleoptera), sinekler (Diptera), arılar ile karıncalar (Hymenoptera), kelebekler ile güveler (Lepidoptera) ve gerçek yarımkanatlılar (Hemiptera) isimleriyle bilinen takımlardır.

Tanımlanmış tüm böceklerin %40 kadarının kınkanatlı olmasından ötürü en çok bu takım içindeki böcekler insanların böceklerle olan ilişkilerinde ön plana çıkmaktadır. Ne yazık ki insanların genellikle pek haz etmedikleri böcekler de bu gruptadır. Ünlü genetikçi ve evrimsel biyolog J.B.S. Haldane'in *"doğanın kınkanatlılara ölçüsüz bir ayrıcalık tanıdığına"* dair sözleri yıllar sonra iyice kanıtlanmış durumdadır. Gerçekten de 350 bin'den fazla türüyle bu takım dünyamızın her tarafına yayılmış vaziyettedir. Bu takım içinde bulunan bazı türleri sayınca, bizim de en çok bildiğimiz ve hayatımızda sıklıkla karşılaştığımız bazı canlıları içinde barındırmasından ötürü ne demek istediğimizi

2 Canlılar, sınıflandırma bilimi olarak da bilinen taksonomi çerçevesinde bir nevi hiyerarşi çerçevesinde gruplandırılırlar. Bu sınıflandırmada kullanılan kategoriler, liselerde öğretilenin aksine akademik literatürde son derece detaylıdır ve sayısız ara basamak bulunur. Ancak liselerde öğretilen yalın haliyle taksonomik hiyerarşinin basamakları yukarı doğru tırmandıkça karşınıza çıkan kategoriler sırasıyla tür, cins, aile, takım, sınıf, şube, âlem ve alandır. İşte bizim burada odaklandığımız, Böcekler (Insecta) sınıfı altındaki çeşitli takımlardır.

daha iyi anlayacaksınız: Karafatmalar, uğur böcekleri, bok böcekleri, Herkül böcekleri, teke böcekleri, takla böcekleri, geyik böcekleri...

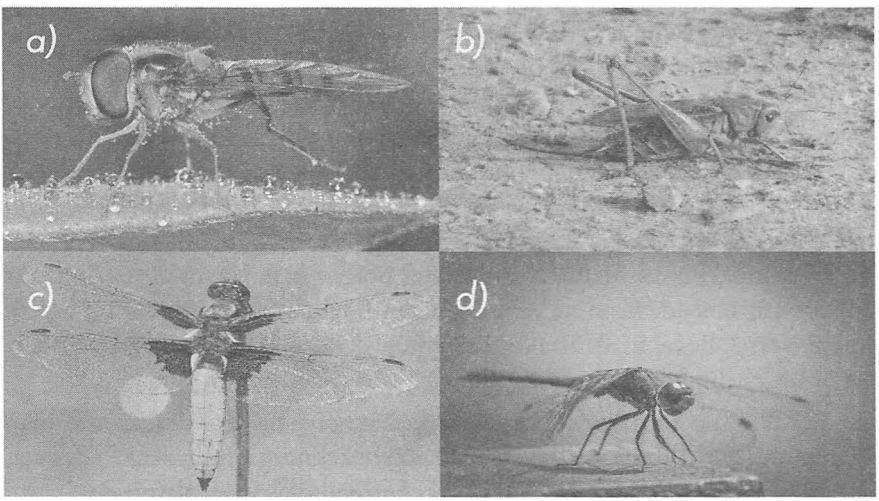
Böceklere genel olarak bakacak olursak, göğüslerinin üç segmentli olduğu ve bu segmentlerin her birinin benzer özellikler gösterdiği görülecektir. Benzer segmentlerin bir araya gelerek oluşturdukları bu kısımlara "tagma" denmektedir. Bu sözcüğün çoğul hali de "tagmata" olarak bilinmektedir. Tagma kavramı neden önemlidir? Çünkü böcekleri diğer hayvanlardan ayırt etmemiz için kullanabileceğimiz önemli unsurlardan birisidir! Açıklayalım: Böceklerde üç tagma vardır: baş, göğüs (toraks) ve karın (abdomen). Sıklıkla ve her seferinde hatalı bir şekilde böcek olduğu sanılan örümcekler, akrepler ve keneler böcek değildirler! Çünkü bu canlıların yer aldığı taksonomik grup, apayrı bir sınıf olan Araknidler (Arachnida) sınıfıdır ve bu gruptaki canlıların sadece iki tagması bulunur. Bu canlılarda baş ve toraks bölgesi birleşmiştir ve sefalotoraks adıyla terminolojide kendine yer bulmuştur. Böylece önemli bir ayrımı öğrenmiş oluyoruz: Böcekler ile Araknidler aynı şeyler değildirler! Yani örneğin hiçbir örümcek, bir böcek olmadığı gibi; hiçbir böcek de bir örümcek değildir.

Böcekler, sistematikte bir altşube (veya bazı kaynaklara göre üstsınıf)[3] olan Hexapoda (Altıayaklılar) içinde yer alır. *Hexa* kelimesi altı sayısını ifade eder, *pod* ise ayak (veya bacak) demektir. Yani bu üstsınıfta (veya altşubede) bütün altı bacakları eklembacaklılar yer almaktadır. Altıayaklıların da içinde bulunduğu şubeye Eklembacaklılar (Arthropoda) denmektedir. Bu şube, birkaç ana soyu barındırır ve çoğu, genelde insanlar tarafından yine hatalı bir şekilde böceklerin içerisine alınmaktadır. Halbuki birçok eklembacaklı aslında böcek değildir! Örneğin, birçoklarının böcek sandığı kırkayaklar ve çıyanlar aslında Myriapoda adında ayrı bir eklembacaklı altşubesidir. Aynı şekilde atnalı yengeçleri, örümcekler ve keneler, Chelicerata altşubesi altında kategorize edilirler. Yengeçler ve karidesler ise Kabuklular (Crustacea) altşubesi olarak bilinirler. Bunların hiçbiri "böcek" değildir. Böcekler (Insecta) sınıfı, bunların hepsinden ayrıdır ve Hexapoda üstsınıfı altında yer almaktadır. Yani her böcek altıayaklıdır ve eklembacaklıdır (yani sırasıyla Hexapoda altşubesi ve Arthropoda şubesi altındadır); ancak her altıayaklı veya eklembacaklı bir böcek olmak zorunda değildir.

Burada bahsedilenler yalnızca ve yalnızca eklembacaklı sistematiğinin temeline ait bazı bilgilerdir. Böcekler üzerinde çalışacak olan birisinin karşılacağı en büyük zorluklar da esas bu adımdan sonra başlamaktadır. Henüz tanımlanmamış milyonlarca böcek türü bulunmaktadır; dolayısıyla bu yeni böceklerin ne şekilde kategorize edileceklerini, halihazırda geliştirdiğimiz taksonomi

3 Görüleceği üzere, taksonomi lisede öğretilenden çok daha fazla kategori içerir. Örneğin sınıf ile şube arasında "üstsınıf", takım ile aile arasında "alttakım" gibi ara kategoriler bulunmaktadır. Anlaşılacağı gibi, örneğin "altsınıf" kategorisi, "sınıf" kategorisinin altında ve "takım" kategorisinin üzerindedir; birden fazla takımı kapsayabilir. Kimi zaman bu ara kategorilerin isimlendirmesi taksonomlar arasında tartışmalı olabilmektedir.

üzerinde ne tip değişikliklere yol açacaklarını bilmek mümkün değildir. Tabii bu, aslında daha fazla bilim tutkununun böcekler üzerinde çalışması için teşvik edici olmalıdır; çünkü bunca bilinmeyenin olduğu bir alanda bilimin ışığına daha çok ihtiyaç bulunmaktadır.



Görsel 7-1: Böceklerin çeşitliliğine 4 örnek. Fotoğrafların hepsi Pixabay sitesinden alınmıştır. a) *Episyrphus balteatus* (reçel sineği), b) *Tettigonia viridissima* (büyük yeşil çalı çekirgesi), c) *Libellula depressa* (geniş cüsseli yusufçuk), d) *Sympetrum vulgatum* (serseri yusufçuk)

En azından bu noktaya kadar anlatılanlardan yola çıkarak, eklembacaklı şubesinde yer alan iki sınıfın en ayırıcı özelliklerinin ne olduğunu kavramışsınızdır: Böceklerde üç tagma yer alırken, örümceklerde (ve diğer yakın akrabalarında) baş ve toraksın birleşmesi ile bu sayı iki tagmaya inmiştir. Böceklerde göğüsten çıkan altı bacak bulunurken, örümceklerde sekiz bacak bulunduğunu söyleyebiliriz. Bunlar, bu iki grubu birbirinden ayırt etmek için kullanabileceğiniz basit ayraçlardır. Kısaca örümcek bir böcek değildir ve bu, böcekler üzerinde çalışan birisinin neden böceklerden değil de, örümceklerden korktuğu sorusunun (ki inanın bize, bu soru son derece sık sorulmaktadır) en "bilimsel" yanıtıdır.

Bu kitabın genelinde sistematik (taksonomi) alanına ve bu alandaki tartışmalara pek fazla girmek istemiyoruz; çünkü aşırı geniş bir konudur ve genellikle son derece hararetli tartışmalara (hatta kimi zaman kavgalara) sahne olmaktadır. Onun yerine bu bölümün ilerleyen kısımlarında yeri geldikçe ilginç böcek türleri ve yer aldıkları taksonomik gruplardan bahsetmek daha akıl kârı bir iş olacaktır.

Buraya kadar kınkanatlılardan söz ettik. Kınkanatlıların ardından her biri en az 150 bin tür barındıran sineklerin yer aldığı Diptera ile kelebekler ve güve-

lerin yer aldığı Lepidoptera gelmektedir. 115 binden fazla tür ile arılar ve karıncalar da bu böcekleri takip etmektedirler. Cırcırlar ve çekirgelerin de yer aldığı Orthoptera takımı da 20 bin türe sahiptir. Bu takımlardan başka daha birçok irili ufaklı takım da böcek sınıflandırmasında yer alırlar; ancak bunlar, tür sayısı bakımından en fazla birkaç yüz ila birkaç bin arasında değişmektedirler.

Birine *"Aklına gelen böcekleri say"* derseniz, aklına ilk gelecek olan tür belki uğur böceği olacaktır. Uğur böceği olmasa da, illa ki onunla aynı takımda olan başka bir böcek adını sayacaktır. Diyelim ki hamamböceği dedi. Daha sonrasında sivrisinek deme olasılığı oldukça yüksektir; zira bunlar başımızın belası olan böceklerdir ve hepimiz bunları yakından tanırız. Örnek sivrisinek olmasın isterseniz, meyve sineği ya da at sineği de kişinin hemen ikinci sırada sayabileceği, olası böceklerdendir. Sonra illâ ki kelebek diyecektir bir noktada. Doğada gerçekten de sayısız kelebek türü bulunur (yaklaşık 20 bin kelebek türü olduğu düşünülmektedir; ancak tam sayı henüz bilinmemektedir). Ne var ki bu kelebeklerin çoğunun özel adı (veya tür adları) pek fazla bilinmemektedir. *"Kelebek işte.."* der geçeriz. Karıncalar ve arılar da kişinin aklına ilk gelenler sıralamasında üst sıralardan kendisine yer bulacaktır. Birazcık daha zorlarsanız, tahtakurularının da akla gelme olasılığı vardır - ki bu canlılar da yarımkanatlılar takımını temsil ederler. Çekirgelerin de ilk beşe girme olasılığı bulunmaktadır. Bu hayvanlar, doğada tür sayısı bakımından en fazla bulunan altıncı hayvan türüdürler.

18. yüzyılın başlarında modern anlamda, özellikle rasyonalizmin yayılması ve buzlu cam optiklerin kullanımıyla birlikte varlıklı kesimin böceklere olan ilgilerinin artması söz konusu olmuştur. Bu ilginin artmasıyla bu ilginç canlılara sadece merak duymak yetmemiştir. Bu varlıklı ve bolca boş zamana sahip elitler öncelikle böcekleri giderek artan bir hevesle gözlemlemeye başlamışlar, ardından da böcekleri hem kendilerine zarar vermeden hem de böcekler zarar görmeden toplamanın yollarını bulmaya çalışmışlardır. Tabii ki ailelerinden gelen, neredeyse sınırsız zenginliğe (ve zamana) sahip bu insanlar, söz konusu böcek yakalama ve inceleme yollarını bulmakta pek sıkıntı yaşamamışlardır. Bununla da yetinmemişler, ellerinde bulundurdukları böcekleri yetiştirme işine de girişmişlerdir ve böylece böcekleri nesiller boyunca takip edebilmişlerdir. Ellerindeki böceklerin sayısının artmasına bağlı olarak merak ettikleri her şeyi böcekler üzerinde deneyler yaparak öğrenmeye çalışmışlardır. Çünkü böcekler, kolay bulunur, kolay bakılır, kolay üretilir ve yeterince karmaşık olmaları gibi özellikler bakımından çoğu bilimsel konuda kullanabileceğiniz en basit hayvan modelleridir. Bu yapılanlar nihayetinde bir bilim dalı altında toplanmıştır ve Entomoloji adını almıştır. Bu işi yapan bilim insanlarına entomolog denmektedir. Yani böcek bilimci...

Elbette ki bilimin, özellikle de biyolojinin hemen hemen her alanında olduğu gibi, entomolojide de sadece böceklerle ilgilenmek yetmez. Biyolojinin diğer alt dallarıyla da sıkı sıkıya ilişki içinde olmak gerekmektedir. Belki doğaya karşı

ilginiz böceklerin ilginç renkleri ve davranışları ile başlamış olabilir; ancak sizlerin doğayı anlamak amacıyla bir model olarak kullandığınız bu canlılarla başlayan bilim yolculuğunuz, başta evrimsel biyoloji olmak üzere ekoloji, davranış, anatomi, fizyoloji, biyokimya, genetik ve hatta hayvan fosillerini inceleyen paleozooloji alanlarına kadar ulaşabilecektir. Bu yüzden hemen hemen her zaman böcek bilimcilerin uzmanlaştığı ikincil bir alan mutlaka olmaktadır. Yani bir entomoloğun hangi böcek üzerine araştırma yürüyor olması önemlidir; ancak o böceğin hangi özelliğini hangi açıdan çalışıyor olduğu da eşit derecede önemlidir: Evrimini mi, üreme davranışlarını mı, uçma mekanizmasını mı...

Böceklerin harika birer deney modeli olmasından ötürü biyologların araştırmalarında sıklıkla böceklere yöneldiklerini söyleyebiliriz. Bunun, bazılarını az önce saydığımız gibi, pek çok teorik ve pratik nedeni vardır. Öncelikle, böcekleri laboratuvar ortamlarında çok kolay bir şekilde yetiştirebilirsiniz. Böcekler oldukça hızlı döl verirler (yavrularlar); bu sayede hızlıca nesil atlarlar ve evrimsel sürecin gözlenmesini olası kılarlar. Dahası böcekler, bir defada çok fazla sayıda yavru üretebilirler. Belki de modern bilim çerçevesindeki en önemli avantajları, basitçe, kimsenin böcekleri umursamıyor oluşudur. Şempanzeler, köpekler, tavşanlar gibi daha sempatik ve insana daha yakın gelen hayvanlar üzerinde yapılan deneyler söz konusu olduğunda hayvan hakları ve etik bakımından yeri göğü inleten insanlar, söz konusu fareler olduğunda çok daha az umursar görünmektedir. Hele ki üzerinde araştırmalar yürütülen hayvanlar böceklerse, kimsenin oralı bile olmadığı görülecektir. Kim bir bok böceğinin iç organlarının inceleniyor olmasını umursar ki? Siz hiç bilim ve araştırma örgütlerinin kapısına dayanıp *"Meyve sineklerinin denek hayvanı olarak kullanılmasına hayır!"* diye bağıran insanlar gördünüz mü? Sonuçta hayvan haklarına ne kadar önem veriyor olursanız olun, elinizin tersiyle bir sivrisineği ezivermişsinizdir. Yemeğinize dadanan bir sineği sineklikle öldürüverirken neredeyse kimsenin içi sızlamaz. Eh, insanların bu önyargısı çok da yersiz değildir; zira yapılan araştırmalar böcekler gibi omurgasız hayvanların, omurgalı hayvanlar gibi "acı", "korku", "öfke" gibi duygulara sahip olmadıklarını göstermektedir. Yine de hayvan hakları konusundaki bu duyarlılık asimetrisinin, insan-merkezciliğin ikiyüzlülüğüyle ilişki olabileceğini düşündüğümüzü belirtip geçelim bu konuyu...

18. yüzyıla geri dönersek... Varlıklı kesimin böceklere olan ilgi durumundan bahsediyorduk. Her ne kadar entomolojinin profesyonel bir bilim dalı olarak doğumu bu aristokrat ailelere dayansa da, o dönemki böcek ilgisinin profesyonel olmaktan ziyade hobi olduğunu görmekteyiz. Bunun en güzel örneklerinden birisi böceklere olan ilgisi sayesinde bilim hayatına adım atan ve bu ilgisinin peşinden giderek nihayetinde insanlık ve bilim tarihinin gidişatını değiştiren Charles Darwin'dir. Kendisi, henüz yolun başındayken doğa tarihi müzesi için böcekler toplamıştır. Kendisi gibi böceklere ilgi duyan diğer arkadaşlarıyla da iletişim kurarak daha çok kişinin bu alanda çalışmasına vesi-

le olan Darwin'den sonra da bir sürü insan böcekler hakkında bildiklerimize yeni bilgiler ilave ederek bilime katkı sağlamışlardır. Darwin'in böceklere olan ilgisi ömrü boyunca hiç eksilmemiştir; öyle ki, 24 Eylül 1987 yılında İngiliz Doğa Tarihi Müzesi'nin akademik yayını olan *Bulletin of the British Museum of Natural History* dergisinde Darwin'in entomolojiye yaptığı katkılarla ilgili 141 sayfalık bir araştırma yazısı yayınlanmıştır. Bu noktada, hakkını vermek adına Darwin Böceği'ni örnek olarak gösterebiliriz:

Aslında Darwin'e atfedilen böceklerin sayısı epey bir fazla olsa da, *Darwinilus sedarisi* türünün yeri kısmen ayrıdır diyebiliriz. Bu tür, Darwin'in Beagle ile dünyayı seyahat ederken Arjantin'in Bahia Blanca bölgesinde keşfettiği bir hayvandır. Normalde genellikle bilim insanları kendi keşfettikleri türlere kendi isimlerini vermezler, veremezler. Hem bir gelenektir, hem de hoş karşılanmaz. Bu sebeple genelde saygın bilim insanlarına atfedilir ya da keşfedildiği bölgeyle ilgili, yerel bir isim verilir. *"E o zaman bu türün adı neden Darwin'in adını içeriyor?"* diyebilirsiniz. Çünkü böcek teknik olarak yeni keşfedildi! Daha doğrusu, hem 180 küsür yıl önce Darwin tarafından, hem de günümüzde başka bilim insanları tarafından keşfedildi. Çünkü Darwin'in keşfettiği bu böcek türüne o dönemde hiçbir isim verilmedi, keşfinden sonra uzun bir süre literatürde hiç yer almadı ve kimse tarafından yeniden örneklenmedi. 1935 yılı öncesinde türe ait sadece 2 örnek bulunuyordu ve kimse bu böceği araştırma işine girişip de böceğe bir isim vermeye yeltenmemişti (işte bu nedenle daha çok entomologa ihtiyacımız var). Sonunda, 2008 yılında Darwin'den bu yana unutulmuş ve düzgün bir şekilde kategorize edilmemiş olan bu böcek yeniden keşfedildi. 12 Şubat 2014'te *ZooKeys* dergisinde yayımladığı makalesinde Tennessee Üniversitesi'nden Dr. Stylianos Chatzimanolis, türe Darwin'in adını vermeyi uygun gördü. 12 Şubat 1809 tarihinde doğan Darwin'in doğum günü şerefine...

İyi ki bu aristokrat aileler böceklere ilgi duymuşlar diyebiliriz. Çünkü onların bu ilgileri sayesinde bugün bu ufak canlılara ait epey fazla bilgiye sahibiz ve bu bilgiler bize kendimizle, doğayla ve canlıların geçmişiyle ilgili de bolca bilgi vermektedir. Gelin şimdi hep birlikte böceklerin heyecan verici dünyasına dalış yapalım ve çeşitli örnekler üzerinden giderek onları biraz daha yakından tanıyalım.

DİNOZOR KAKALARINI TEMİZLEYEN HAMAMBÖCEKLERİ!

Ekosistem açısından bakıldığında böcekler kilit öneme sahip canlılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok böcek, toprağın dönüşümünde aktif rol oynamaktadır. Bu son derece önemlidir; çünkü toprağın sürekli bir döngü içinde olması, ondan beslenen bitkiler ve bu bitkilerle beslenen hayvanların sağlıklarını doğrudan etkiler. Bu bakımdan düşünecek olursanız, sağlığınızı kısmen böceklere borçlusunuz diyebiliriz!

Dahası böcekler, fazla gübre ve leşlerin ortamdan uzaklaştırılmasını sağlarlar. Bu sayede mantarların ve bitkilerin yayılmasında çok önemli roller üstlenirler. Sadece toprak aracılığıyla da değil, bizzat polen taşıyıcı görev üstlenerek tozlaşmayı, dolayısıyla bitki üremesini mümkün kılmaktadırlar. Özellikle bitkilerle beslenen böceklerin ortamdaki bitki bütünlüğünün korunmasında da işlevleri vardır. Sadece bitkilere değil, diğer hayvanlara da doğrudan doğruya katkıları bulunmaktadır. Örneğin, omurgalı hayvanlar olan pek çok kuş, memeli, sürüngen ve balık böcekleri besin olarak tüketmektedir. Doğal ekosistem haricinde, insanlara ait yapay sistemlerde de önemli roller üstlenmektedirler. Örneğin insanların ürettiği tıp açısından böcekler önemli canlılardır. Çünkü böcekler, büyük hayvanların hastalık taşıyıcı olarak bilinen vektörleri iken, küçüklerin parazit ve avcıları olarak doğada bir sürü farklı rolde karşımıza çıkmaktadırlar. Tüm bunlar, böceklerin ekosistemleriyle olan ilişkisinin daha iyi araştırılması için bize teşvik olmalıdır.

Böceklerin bu özellikleri size şaşırtıcı ve yabancı gelebilir. Bu normaldir; çünkü ülkemizde böceklere hak ettikleri önem verilmemektedir. Ancak buraya kadar saydıklarımız, böceklerin ekoloji açısından belki de en akla hayale gelmeyecek katkıları yanında bir hiçtir: Böcekler, gezegenimizi akıl almaz miktardaki dinozor dışkısından arındırmışlardır! 4 Aralık 2013 tarihinde *PLOS One* dergisinde yayımlanan bir makale, şu sözlerle başlıyor:

"Dinozorlar şüphesiz ki çok fazla dışkı bıraktırlar. Peki onların arkasını kim temizledi?"

Hakikaten, bunu hiç düşündünüz mü? Normalde tuvalete kakanızı yaptığınızda bu kaka, atık sistemine giren diğer gereksiz unsurlardan (taşlar, kondomlar, peçeteler, vs.) arındırıldıktan sonra, bakterilere yem olacak şekilde bekletilir. Bu bakterilerin milyonlarca insanın dışkısını yemesi sırasında oluşan enerji, genellikle atık arıtma tesislerinin enerjisini karşılamakta kullanılır. Bakterilerin bu kaka ziyafeti sonrasında ölmesi sonucunda arta kalan biyokatılar, gübre olarak kullanılır ve böylece sofralarımızda afiyetle yediğimiz bitkilerin yeşermesini mümkün kılarlar. Yani her birimiz, dışkıladığımız kakayı dönüp dolaşıp yeniden yemekteyiz. Ancak söz konusu dinozorlar ve açık doğa olduğunda bu iş birazcık daha farklıdır. Devasa hayvanların bıraktığı, devasa kütleli kakalardan söz ediyoruz! Bunların kuruyarak tüketilemez hale gelen miktarı, günümüzdeki sıradan boyutlardaki hayvanlarınkine nazaran çok daha fazla olacaktır. Dolayısıyla günümüze ulaşan dinozor kakası miktarı, şu anda bilim müzelerinin toplamında bulunan dinozor kakası miktarından çok daha fazla olmalıdır! Öyle ki, bazı hesaplamalara göre şu anda halen dinozor kakası içinde yürüyor olmamız, hatta *Jurassic Park*'ta gösterildiği üzere günümüze kadar ulaşmayı başaran dinozor kakası tepecikleri bulmamız gerekmektedir. İyi de, tüm bu kakalar nereye gitti?

İşte eğer ki bugün dinozor kakası içinde yüzmüyorsanız, bunu o dönemlerde yaşamış bakterilerle birlikte hamamböceklerine borçlu olabilirsiniz. Konuyu inceleyen araştırmanın devamında yazarlar şöyle diyorlar:

"Bok böcekleri ve sinekler Mesozoik Dönem'in büyük bir kısmında, oldukça az sayıda bulunmaktaydılar. Dolayısıyla [dinozorların pisliğini temizleme görevine] aday olan canlıların başında Blattulidae olarak bilinen, soyu tükenmiş hamamböcekleri gelmektedir. Bu canlıların yaşadıkları zaman aralığı, otçul dinozorlarla aynıdır. Bu hipotezi test etme fırsatı, Lübnan'dan çıkarılan bir reçine içindeki tam gelişmemiş bir hamamböceğinden çıkarılan koprolitlerle (antik dışkılarla) mümkün oldu. Bu dışkı, sinkotron X-ışını mikrotomografisi kullanılarak incelendi.

Hacmin %1.06'sı, düzgün kenarlı odun parçalarından oluşmaktaydı ki bunun büyüklüğü ve dağılımı, vücut dışında yapılan ön-sindirimin yaşandığını doğrulamaktadır. Büyük parçacıkların (az miktarda odun ile birlikte) bulunuyor olmasından ötürü mantarların yaptığı ayrıştırma işlemi göz ardı edilebilir ve odun üzerinde hasarların olmayışı, bunların otçul dinozorlardan gelmekte olabileceğini göstermektedir. Daha küçük parçacıklar biyokimyasal olarak hamamböceğinin arka sindirim kanalında parçalanmıştır. Bu da, dinozor dışkısından beslenen hamamböceklerinin sindirim kanalına, lignin ayrıştırıcı termit ve hamamböceği endosimbiyontunun transfer edilmiş olabileceğini göstermektedir."

Uzun lafın kısası, burada birazcık teknik dille anlatılmış olsa da, günümüz hamamböceklerinin evrimsel süreçteki ataları, 65 milyon yıl önce yok olan dinozorların arkalarında bıraktığı dışkıları yiyerek dünyayı bir dinozor pisliği çölünden kısmen de olsa arındırmış olabilirler.

Teşekkürler hamamböcekleri!

Hamamböcekleriyle ilgili bahsedebileceğimiz öyle çok şey var ki! Örneğin, hamamböceklerinin son derece zeki olduğunu ve oldukça gelişmiş sosyal gruplara sahip olduklarını biliyor muydunuz? Feromonlar adı verilen koku kimyasalları aracılığıyla birbirleriyle iletişim kuran hamamböcekleri, ortaklaşa hareket ederek bir sürü halinde ortak kararlar alabilmektedirler. Bu ortaklaşa alınan kararlar ve sergilenen davranışlar, biyologlar ve matematikçilerin işbirliğiyle analiz edilerek matematik modellere dönüştürülmüştür. Bu modeller kullanılarak canlıların çeşitli durumlar karşısında ne tip davranışlar sergileyeceğine dair bilgilerimiz artmakla kalmamaktadır; aynı zamanda bu modeller ekonomi ya da sosyoloji gibi alanlarda, insanların ortaklaşa davranışlarını açıklamak amacıyla yol gösterici olabilmektedir.

"Aman canım, bir hamamböceğinin aldığı karar ne kadar karmaşık olacak?" diye soruyor olabilirsiniz. Hemen bir örnek verelim. Basit bir soru: Eğer ki 50 insanı sığdırmanız gereken 3 sığınak olsaydı; ancak her sığınağın kapasitesi 40 kişi olsaydı, herkesin güvende kalmasını sağlayacak şekilde bu bölüştürmeyi nasıl yapardınız (güvenliği sağlamak için her sığınakta eşit sayıda insan olması gerektiğini varsayınız)? 16-16-18 mi bölüştürürdünüz? Fena gözükmüyor, değil mi? Ama yine de son grup sayıca fazla, bu da ideal durumdan sapmaya neden oluyor. İşte bu şekilde içinde 40 böcek kapasiteli 3 sığınak olan bir alana bırakı-

lan hamamböcekleri, 25-25 iki sığınağa kendilerini dağıtmışlardır ve 3. sığınağı boş bırakmaya karar vermişlerdir. Ancak araştırmacılar ne zaman ki sığınakların kapasitesini 40'tan 50'ye çıkarmıştır, işte o zaman tüm hamamböcekleri tek bir sığınakta öbeklenmişlerdir. Kimse boşta olan sığınaklara göz dikmemiş, sürüden ayrılmamıştır.

2015 yılında *Proceedings of the Royal Society B* dergisinde yayınlanan bir araştırmada uzmanlar, hamamböceklerinin bu sığınakları arayış sırasında bireysel karakteristik özellikler sergilediklerini tespit etmişlerdir. Yani tıpkı her insanın kendine has davranışları olduğu gibi, hamamböceklerinin de bireysel davranış kalıpları bulunduğu gözlenmiştir. Bazı hamamböcekleri utangaçken, bazıları son derece cesurdur. Utangaç olanlar genellikle sığınak aramakta son derece atik ve başarılıyken, cesur olanlar yeni girilen bir alanı araştırarak besin kaynaklarını bulmakta daha başarılıdırlar. Böylece, farklı davranış yapılarına sahip hamamböcekleri tıpkı insanlar gibi farklı alanlardan başarılı olabilmekte ve sürüye farklı açılardan katkı sağlayabilmektedir. Bu davranışların rastgele olmadığı da gösterilmiştir; çünkü tekrar tekrar yapılan denemelerde her bir hamamböceği bireyi, her seferinde aynı davranışı sergilemiştir.

Hamamböceklerindeki bu bireysel farklılıklar şaşırtıcıdır, çünkü az önce sözünü ettiğimiz gibi hamamböcekleri arasında sıkı bir grup davranışı da vardır. Bu bireysel farklılıklar, nasıl olur da grubun dağılmasına veya kutuplaşmasına neden olmaz? Nasıl olur da cesur bireyler, utangaç bireyleri dışlamaz? Sonuçta yeryüzünün gördüğü en zeki tür olan insanlar bile bireysel farklılıkları nedeniyle birbirini kıyımdan geçiriyor, analarının gözleri önünde bebekleri diri diri kazıklara oturtuyor, hayali sınırlarının arkasına sığınarak kendisinden olmayanları, sınırın "yanlış" tarafında doğanları, "yanlış" deri rengine sahip olanları, "yanlış" dine inananları, "yanlış" düşünenleri kana buluyor! Nasıl olur da hamamböcekleri, böylesine zor bir soruna insanların bile bulamadığı bir çözüm bulmuş olabilir?

Brüksel Üniversitesi'nde davranış ekolojisi üzerine çalışan Isaac Planas-Sitjà ve ekip arkadaşları tarafından yapılan araştırmalar, hamamböceklerinin sürüler halindeyken bu bireysel özelliklerini en aza indirgedikleri, bireysel hale geçtiklerinde ise bu kişisel özelliklerini tekrar sergilediklerini ortaya koymuşlardır. Yani hamamböcekleri, sürüler halindeyken sürü için o anda en uygun olanı tek yumruk olarak sergilemekte, bireysel olarak dolaştıklarında ise kişisel davranışlarına dönmekte herhangi bir sıkıntı yaşamamaktadır.

Ah, dahîler dahîsi insanların hamamböceklerinden öğrenecek ne çok şeyleri var!

Bizi bırakırsanız ciltlerce hamamböceklerinden söz edebiliriz ve insanlara laf sokuşturmayı sürdürebiliriz; dolayısıyla insanlarca yakından tanınan bir başka böceğe ve onunla ilgili son derece ilgi çekici bir soruya odaklanalım:

ARILAR YOK OLURSA İNSANLAR YOK OLUR... MU?

Önceki kısımlarda anlattıklarımızdan görebileceğiniz gibi böcekler, genel olarak kendisinden başka bir sürü canlının da yer aldığı bir topluluğun bir parçası konumundadırlar. O toplulukta "kilittaşı tür"[4] rolünde olurlar. Bu da, eğer ki bir ya da birkaç böcek türü herhangi bir sebeple yok olacak olursa, bu böceklerin içinde yaşadığı sistemin de zarar görmesi demektir. Örneğin, tıpkı karıncalar gibi sosyal bir yapıya sahip olan termitler, yaşadıkları toprakların selüloz dönüştürücüleri olarak bilinirler ve onların bir şekilde zarar görmesi toprağın da yapısının bozulmasına neden olur. Yani bu örnekte termitlerin kilittaşı türü olduklarını söyleyebiliriz.

Ancak kilittaşı türlerden söz edilmeye başlandığı anda, akla şüphesiz ilk gelen böcek türü arılardır. Kitabımızın bu bölümde arılara bol bol yer vereceğiz, çünkü gerçekten nefes kesici hayvanlar ve kendi türümüze dair çok sayıda şey öğrenmemizi sağlayabilirler. Ancak şu meşhur meseleyi bir açığa kavuşturalım: Mutlaka duymuşsunuzdur: *"Arılar yok olursa, insanlar yok olur!"* Bu söz öylesine meşhurdur ki, tamamen dayanaksız ve asılsız bir şekilde Albert Einstein'ın da bu sözü sarfettiği iddia edilmektedir. Halbuki Einstein böyle bir şeyi asla söylememiştir. Bunu Einstein'a ilk defa atfeden yazar olan Ernest A. Fortin, muhtemelen Charles Darwin, Maurice Maeterlinck[5] ve Albert Einstein üçlüsünü birbirlerine karıştırmış ve hatalı bir referansta bulunmuştur. Neyse, sözün kime ait olduğu önemli değil. Önemli olan soru şu: Bu işin aslı var mı?

Verebileceğimiz en kısa cevap, *"Evet!"* olacaktır. Fakat bunun çok basamaklı bir denklem olduğunu ve arılar yok oldu diye bir anda insanların yok oluvermeyeceğini belirtelim. Dahası, bu tür iddialar genellikle evrimin adapte edici gücü göz ardı edilerek yapılan yorumlardır. Ekosistem, evrimsel süreç içinde çeşitli denge noktalarında sabitlenir (bu denge noktalarıyla ilgili detaylı bilgileri Evrimsel Mühendislik ile ilgili bölümümüzde vereceğiz). Fakat bu dengeler statik değildir; çevre kaotik olarak değiştikçe, bu denge noktaları da değişir. İşte bu değişime türler, evrimsel olarak farklılaşarak tepki gösterirler. Tabii ki bunu bilinçli olarak yapmazlar: "Yeni standart" haline gelen çevre koşullarına, popülasyon içi çeşitlilikten ötürü en uyumlu olanlar hayatta kalır ve ürer, diğerleri ise yok olur. Böylece nesiller geçtikçe, bu uyumlu canlıların yavruları popülasyonda baskın hale gelmeye başlar ve canlıların özelliklerinin ortalaması yeni denge noktasına uyumlu hale gelmiş olur.

Ancak çoğu zaman bu denge noktaları kaotik de olsa yavaş bir şekilde değişir, birdenbire değişivermez. Zaten etrafımızda süregelen olaylar, genel olarak

4 Kilittaşı türler (ya da "kilit türler", "anahtar türler"), bulundukları ekosistem içinde eşsiz ve çok önemli işlevleri olan, yok olmaları halinde çok sayıda türün olumsuz etkileneceği türlerdir Kilit taşı türler olmaksızın ekosistem önceden olduğundan çok farklı olacaktır; hatta tamamen yok olabilecektir.

5 1901 yılında *"Arının Yaşamı"* isimli bir kitaba yazarlık eden ve içinde arıların kilit taşı tür olmasıyla ilgili bilgilere yer veren Belçikalı bir şair ve yazar.

doğa ve evrene dair insanlarda bulunan "düzen yanılgısı" da buradan kaynaklanmaktadır. Kendimizi içinde bulduğumuz düzen, sürekli değişim halinde olan bir düzendir. Bu değişim çok yavaş olduğu için, kısa ömürlerimiz ve kısıtlı algılarımız çerçevesinde bu değişimlerin farkına anlık olarak (veya gerçek zamanlı olarak) varamayız. Bu nedenle o anda içinde bulunduğumuz ortamın (örneğin doğa, Güneş Sistemi, evren, vs.) "kusursuz" olduğu sanrısına kapılırız. Bu büyük bir hatadır. Sürekli değişmekte olan ve içinde çeşitli seviyelerde (hastalıklardan tutun da yıkımlara kadar) bir sistemin kusursuzluğundan söz edilemez. Ne doğa kusursuzdur, ne de evren...

Sözünü ettiğimiz bu değişimler kimi zaman hızlanır, kimi zaman daha da yavaşlar. Hızlandığı dönemlerde kimi zaman kontrolsüzleşebilir bile! Bunun en güzel örneği, bundan 65 milyon yıl önce Dünya'ya çarpan göktaşıyla başlayan aşırı kaotik ve hızlı değişim dönemidir. Tüm bu kaosa rağmen, hızlı değişim dönemlerinde içinde bile bazı denge noktaları bulunmaktadır. Canlılar, bu geçici denge noktalarına uyum sağlayarak, kontrolsüz bir şekilde ilerleyen bir dalgaya hükmeden sörfçüler gibi bir noktadan diğerine doğru evrimleşerek varlıklarını sürdürebilirler. Ne var ki pek az canlının gen havuzu (popülasyon içinde bulunan genlerin tümü), kaos zamanlarında sürekli ve hızlı bir biçimde değişmekte olan bu denge noktalarına ulaşabilecek kadar çeşitliliği içinde barındırmaktadır. İşte canlılarda bulunan çeşitliliğin aşırı hızlı değişimin taleplerine cevap olamaması, ani değişim zamanlarında çoğunlukla toplu (kitlesel) yok oluşlara neden olmaktadır. Yine de bazı şanslı türler bu denge noktalarına ulaşabilirler ve hayatlarını sürdürebilirler. Böylece evrim, bunu başarabilenler üzerinden yoluna devam ederek yepyeni patikalara girer ve durmaksızın ilerler.

Bu ani değişimlerin tek nedeni göktaşı çarpmaları, volkanik patlamalar, şiddetli depremler gibi devasa fiziksel etkiler değildir. Kimi zaman, içinde bulunduğumuz denge haline katkı sağlayan önemli canlılar çeşitli nedenlerle etkisiz hale gelirler veya yok olurlar. Bu dengeyi sürdürücü önemli canlılara, az önce de sözünü ettiğimiz gibi kilittaşı türler adı verilir. Bu kilit derecede önemli türleri o anki ekosistem dahilinde "olması gereken" yerden çektiğinizde, tüm denge bir anda alt üst olur. Elbette yine, bu kaos içinde bile yeni denge noktaları bulunur. Ancak o noktalara ulaşabilecek türlerin sayısı çoğu zaman epey azdır. Burada anlaşılması gereken daha önemli nokta ise, söz konusu dengeyi sağlayıcı türlerin "bu görev onlara verildiği" için değil, evrimsel süreçte karşılıklı olarak evrimleştikleri canlılarla olan ilişkileri bu tür kritik görevleri doğurduğu için bu görevleri üstlenmiş olmalarıdır. Yoksa hiçbir canlı kendisini kilit tür yapmaya "çalışamaz" ya da öylesine kilit tür haline gelemez. Bu kilitleşme sürecinin arkasında evrimsel mekanizmalar bulunmaktadır. İşte bu anahtar türlerin en güzel örneği de arılardır!

Arılar (ve diğer bazı böcekler), bu bölüm içinde daha önce de sözünü ettiğimiz gibi bitkilerin en önde gelen polinatörleridir (polen taşıyıcılarıdır). Evrim-

sel süreçte arılar ve bitkiler, karşılıklı evrim[6] denen bir süreçle, birbirlerine bağlı olarak evrimleşmişlerdir. Bitkiler arıları üzerlerine çekecek ama aynı zamanda onlara besin değeri olan nektarlar üretirler; arılarsa bu nektarı toplarken ister istemez vücutlarına yapışan polenleri diğer çiçeklere taşırlar. Böylece bitkiler sürekli olarak çoğalır, arılar da sürekli olarak kolonilerini doyurabilir. Eğer arıları bu denklemden çekecek olursanız, çiçekli bitkilerin önemli bir bölümü inanılmaz büyük yaralar alacaktır. Çoğu yok olacaktır. Bu çiçekli bitkilerinse önemli bir bölümü, insanların ve diğer sayısız hayvanın tükettiği bitkilerdir! Bu bitkilerin ortadan kalması, çok sayıda otçul hayvanın soyunu tehdit edecektir. Otçul hayvanların riske edilmesi, etçilleri zor durumda bırakacaktır. İşte bu nedenle nihayetinde insanlar da beslenme konusunda ciddi yaralar alabilecektir.

Dahası, söz konusu bitkilerin yok olması, sayısız diğer canlının yaşam alanlarını da tahrip edecektir. Buna bağlı olarak arı-bitki ekosistemleriyle alakası bile olmayan canlılar hızla yaşam alanlarını yitirecektir. Bu da, arılarla doğrudan alakalı olmayan diğer ekosistem dengelerinin de çökmesi veya ciddi anlamda yer değiştirmesiyle sonuçlanacaktır. İşte bu nedenle arıların yok oluşu risklidir.

Bu noktada sorabilirsiniz: *"İyi ama, bu her canlı için geçerli değil mi? Yani fareler de yok olsa aynı şeyi görmez miyiz?"* Aslında kısmen haklısınız, doğada birçok kilit tür bulunmaktadır. Ancak her canlının yok oluşu, ekosistem üzerinde arılarınki kadar katastrofik (aşırı yıkıcı) etkiye sahip değildir. Evet, farelerin yok olması birden fazla ekosistemi olumsuz etkileyebilir; ancak örneğin evcil köpeklerin yok olması böyle bir dengesizliği doğurmaz. Benzer şekilde, Atlantik somon balığının yok olması birçok ekosistemi bozabilir; fakat süreci belki de arılar kadar etkilemeyecektir. Bakterilerin yok olması neredeyse tüm canlı türlerini birkaç gün içinde ortadan silecektir; insanların yok olması ise muhtemelen hiçbir canlıyı olumsuz (ya da üstesinden gelinemeyecek biçimde) etkilemeyecektir.

Arılar anahtar türler dahilindeki en etkili türlerden biri olmaları bakımından bu kadar önemlidirler ve göz önündedirler. Ancak arıların yok olmasının insanlığı nihayetinde (kimi iddialara göre 7 sene içinde) yok edecek olması pek olası gözükmemektedir. Çünkü bu felaket senaryolarının göz ardı ettiği bir diğer nokta, insan teknolojisidir. Teknolojimiz ilerleyip güçlendikçe, arıların yarattığı boşluğu doldurabilecek ilaçlar ve yöntemler geliştirmemiz mümkün olmaktadır. Fakat şu anda elimizde böylesine kapsamlı ve uzun vadede etkili olabilecek hiçbir yöntem bulunmamaktadır. Üstelik arılar doğal bir şekilde bu işi yaparken, sırf aç

6 Karşılıklı evrim, bir türün diğer türlerden bağımsız olarak değil de, onlara bağımlı olacak şekilde bir arada evrimleşmesine verilen isimdir. Karşılıklı olarak evrimleşen türlerin evrimsel patikaları birbirine bağlıdır. Bu ilişkiler genellikle av ile avcılar arasında veya bitkiler ile polenleştirici hayvanlar arasında görülür. Karşılıklı evrimi yöneten çevresel etkilerden ziyade, bu canlılar arasındaki etkileşimlerdir.

gözlülüğümüz ve kontrolsüzlüğümüz nedeniyle böylesine devasa bir yıkım yaratmak anlamsız ve aptalca bir risk olacaktır. Bunun yerine derhal arıları koruyucu araştırmalara ağırlık verilmeli ve ekosistem dengesinin doğal seyri sürdürülmelidir. Yoksa çok daha zorlu süreçlerle başa çıkmamız gerekecektir.

NE ARADIĞINIZA DİKKAT EDİN: BÖCEKLER HER YERDE!

Şimdilik bu kadar örnek yeterli; entomolojiye dönüş yapmanın ve evrimsel biyoloji ile ilişkisine biraz daha yakından bakmanın vakti geldi. Bu konulardan önemli bir tanesi, böcek biyocoğrafyasıdır. Yani böceklerin yayıldıkları ve yaşadıkları coğrafi alanların tespiti ve araştırılması... Bu konu, modern entomoloji tarafından tıpkı taksonomi konusunun olduğu gibi aydınlatılmaya çalışılan başka bir konudur.

1950'li yılların ardından kıtaların sabit olduğu fikrinin değişmesiyle birlikte bir zaman birleşik olduğu düşünülen kıtaların ayrılmasıyla beraber bu jeolojik olayların böceklerin dağılışında rol oynadığı düşünülmüştür. Hatırlayacak olursanız kitabımızın Jeoloji bölümünde kıtaların hareketlerinden söz etmiştik. Buna rağmen, böceklerin çoğu "kozmopolit" olarak bilinir, yani hemen hemen dünyanın her yerinde karşımıza çıkabilmektedir. İnsan elinin doğada değmediği yerin kalmaması nedeniyle böceklerde endemizm, yani belirli bir alana özgü olma durumu da giderek azalmaktadır. İnsanlar ve insanlarla beraber farklı coğrafyalarda kendilerini bulan evcil hayvanlar, iç ve dış olmak üzere parazit yaşam süren sayısız böceğin de yaşam alanlarını çoğaltmaktadır. Bu yüzden, genelde parazit özellik gösteren böcekler kozmopolittirler.

Hamamböcekleri, gümüşçünler ve karasinekler gibi ilk başta aklımıza gelen bazı böcekler insanların bulunduğu her yerde bulunabilirler, bu türler "antrofilik", yani insan seven böcekler olarak bilinirler. Kısaca bu böcekler insanlardan rahatsız olmazlar ve onların bulunduğu mekânlara da yayılış göstererek daha kozmopolit bir yapı kazanırlar. Bazı böcekler de insanla ilişkili olarak daha farklı bir yayılış gösterirler, bunlara "sinantropik" adı verilir. Tıpkı yabani otların insanlar tarafından bozulmuş alanlarda oradaki yerli türlere karşı daha fazla avantaj kazanması gibi, bazı böcekler de insan elinin değmesiyle yerli türlerin zarar görmesinden istifade edip ortamda kendilerine yeni bir yaşam alanı oluşturabilirler. Bu böcekler insan seven hamamböcekleri gibi insanlarla pek sıkı fıkı bir ilişki içinde değillerdir. Kendilerini daha ziyade "fırsatçı türler" olarak görebiliriz.

Böceklerin yayılış tiplerini ve desenlerini belirleyen bir diğer unsur ise tarım ve tarımcılık faaliyetleridir. Böceklerin bir kısmı bitkilerle beslenirler ve bunlar "fitofaj" olarak bilinirler. Bu fitofaj böceklerle de yemeyi sevdikleri bitkilerin yer aldığı yeni topraklara göç ederek yayılış gösterebilirler ve genelde gittikleri yerde de büyük zararlara neden olurlar.

Tarım demişken, entomolojinin evrimle buluştuğu ve bu buluşmadan doğan bulguların her iki bilim dalının da sınırlarını aştığı harika bir örneğe yer vermekte fayda görüyoruz. Böceklerden yola çıkarak keşfedilen tarım teknolojilerinin kanser tedavisinde yol gösterici olabileceğini söylesek, ne derdiniz? Bilimler arasındaki çizgilerin artık görünmeyecek kadar silik olduğundan bahsederken yalan söylemiyorduk. Gelin hep birlikte inceleyelim.

REFÜJ STRATEJİSİ VE EVRİM: DOSTUNU YAKININDA TUT, DÜŞMANINI DAHA YAKININDA...

Böcekler ile insanlar arasındaki ilişkinin en klişe örneklerinden birisi, haşerelere karşı kullanılan dikloro difenil trikloroetan (yaygın adıyla DDT) isimli kimyasal ve bunun tarım ürünlerimize verdiği zarar, tetiklediği hızlı evrim, vb. konulardır. Bu kitapta bu klişe örneği tekrar etmek istemiyoruz, herhangi bir evrim kitabında konunun detaylarını görebilirsiniz. Biz birazcık daha geniş ve akademik bir perspektiften konuyu ele almak istiyoruz.

Öncelikle, çok kısa olarak böcekleri nasıl dostlarımız olarak kullanabileceğimize bakalım: İnsanlar, bazı zararlı böcekleri ve tarlalarına dadanan otları uzak tutmak amacıyla biyolojik kontrol ajanı olarak bazı diğer böcekleri kullanmaktadırlar. Bizzat ve bilinçli olarak tarlaya getirilen bu böcekler, söz konusu zararlıları avlarken hasada zarar vermezler ve bu sayede tarlayı sağlıklı tutarlar. Konu hakkında bir örnek vererek bu biyolojik mücadelenin önemine vurgu yapmak istiyoruz:

Tapyoka, manyok bitkisinden elde edilen ve 200 milyon Afrikalı'nın başlıca besin kaynağını oluşturan bir nişasta çeşididir. 1970'li yıllarda bu ürünlere saldıran bir unlubit istilası söz konusu olmuştur ve Afrika'nın genelinde %80'in üzerinde üretim kaybına neden olmuştur. Unlubitin kökeni araştırılınca, bu böceklerin kaynağının Amerika olduğu anlaşılmış ve benzer böceklerin Orta ve Güney Amerika'da da yaşadıkları tespit edilmiştir. Görebileceğiniz gibi Afrika'daki tarlaların başını belaya sokan canlı, bir diğer kıtadan insanlar aracılığıyla gelmiştir. Ancak entomologlarca bu kökenin incelenmesi ve bu böceklerin ekolojik konumlarına dair detayların aydınlatılması, ilginç bir çözümü de mümkün kılmıştır.

Amerika'da yaşayan parazit yabanarılarının unlubitlere saldırdıkları tespit edilmiştir. Fakat ekolojik ilişkileri bir defa keşfetmeye başladınız mı, öylece istediğiniz anda duramazsınız. Dolayısıyla bu yeni keşif sonrasında, bu defa da unlubitlere saldıran parazit yaban arısının hangi türden olduğu ve entomolojik özelliklerinin araştırılması gerekmiştir. En sonunda taksonomik çalışmalar sonuç vermiş ve unlubitin *Phenacoccus manihoti*, yaban arısının da *Apoanagyrus lopezi* olduğu tespit edilmiştir. Bu yabanarısının Nijerya'ya bırakılmasının ardından 1990'larda 26 Afrika ülkesinde başarılı bir şekilde yerleşme gösteren arıların biyolojik mücadelede de büyük bir başarı sağlamışlardır. Burada Amerika'dan Afrika'ya iki türün insan eliyle yayılmasına ve bunun sonucunda

ekosistemde yaşanan değişimlere dair çok net bir örnek görmekteyiz. Bilim tarihi, buna benzer birçok başarılı biyolojik müdahale ile doludur. Bu müdahaleler sonucunda sadece kendi yarattığımız sorunları çözmekle (en azından yamalamakla) kalmayız, aynı zamanda dünyadaki farklı yaşam alanlarında bulunan böcek türlerinin sayısını artırmış oluruz.

Ancak işin bir de öteki yüzü var: Böceklerle (ve genel olarak tarım zararlılarıyla) mücadele... Bu konu, DDT örneğinde de olduğu gibi, evrimin gücünü ve hayatımızdaki önemini anlamak konusunda eşsizdir.

Arizona Üniversitesi Tarım ve Yaşam Bilimleri Fakültesi Entomoloji Bölümü Başkanı Dr. Bruce Tabashnik önderliğinde yapılan bir çalışmada, entomolojik çalışmalardan yola çıkan uzmanlar, evrimsel biyolojinin artık sadece ders kitaplarında öğretilen bir bilgi olmaktan öte, hayatlarımızı şekillendiren en güçlü bilim sahası olduğu sonucuna varmışlardır. Çünkü evrimsel biyolojinin bulguları gıda güvenliğinden, yeni çıkan hastalıklara ve biyoçeşitlilik kaybına kadar birçok küresel sorunun çözümünde anahtardır. Daha önceden *Nature* dergisinde yayımladıkları makalede anlattıkları gibi, evrimsel biyolojiden edinilen yöntemlere başvuran araştırmacılar, ABD'nin Arizona eyaletindeki pamuk tarlalarında sergilenen büyük bir başarı sergileyerek üretim kaybını önlemişlerdir. Bu zafer, ekibin yaklaşımının ve evrimin başarısını ispatlamaktadır. Bir diğer deyişle, tarım zararlılarıyla mücadeleden yola çıkan bilim insanları, evrimin anlaşılması ve kullanılmasının vazgeçilmez önemini bizlere göstermektedirler. Gelin bulgularına daha yakından bir bakış atalım:

2014'te *Science* dergisinde yayınlanan çalışmada, uluslararası bir araştırma platformunun üyeleri olan 9 bilim insanı; tarım, tıp ve çevre yönetimindeki sorunları evrim tarihi ve insan faaliyetlerinin aşırı hızlı adaptasyonu gibi açılardan ilk defa bütüncül olarak değerlendirmişlerdir. Araştırmanın sonucunda, evrimsel yaklaşımların daha iyi uygulanmasının gerekliliğinin aciliyeti gösterilmiştir. Bulguların gösterdiğine göre, örneğin giderek artan miktarda sorunlar yaratan antibiyotiklerin kullanımı ve haşare ilacı direnci gibi konularda evrimsel biyolojinin daha etkili ve verimli biçimde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Dahası, bu çalışmayla birlikte, şu anda kullanılan yöntemlerin kronik hastalıklar ve biyoçeşitliliğin azalması gibi sorunların önüne geçmek için yeterli olmadığı gösterilmiştir. Araştırmacıların gösterdiğine göre bu iki önemli krizin nihai nedeni, insanların ve vahşi yaşamın, tükettiğimiz yiyeceklere son derece kötü bir şekilde adapte olmuş olmamızdır. Tabashnik şöyle anlatıyor:

"Evrimsel prensipler şu anda karşı karşıya olduğumuz bazı kritik tehditleri çözmek konusunda bize bilgiler veriyor. Evrimsel bir yaklaşım sergilemek, tarım zararlılarını, Ebola gibi hastalık yapıcı virüsleri, kanseri, antibiyotik direncini ve türlerin soylarının tehdit altında olmasını önlememiz konusunda bize etkili yollar sunmaktadır."

Peki daha ziyade evrimsel biyolojiyle ilgiliymiş gibi gözüken bu araştırmada entomolojinin ve böceklerin yeri nedir? Tabashnik ve arkadaşları, aslen çift-

çilerin tahıl zararlılarıyla mücadelesi için daha sürdürülebilir olan bir kontrol yöntemi üzerinde çalışmaktalardı. Çözmeye çalıştıkları sorun, son derece genel bir evrim sorunuydu: Çiftçilerin mücadele ettikleri zararlılar, zaman geçtikçe geniş spektrumlu böcek öldürücü ilaçlara karşı direnç kazanıyorlardı. Dolayısıyla çiftçilerin bu ilaçlara olan muhtaçlığını ortadan kaldırmak veya azaltmak sürerlilik açısından bir zorunluluktu. Bilim insanlarının yol göstericiliği sayesinde bu konuda atılan önemli bir adım, pamuk ve mısır bitkileri üzerinde yapılan genetik mühendislik ve genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) çalışmalarıdır. İşte Tabashnik ve ekip arkadaşları da soruna bu açıdan yaklaşarak bir çözüm bulmaya çalışmaktaydılar.

Toprak bakterilerinden olan ve çok yaygın bir şekilde bulunan *Bacillus thuringiensis* (kısaca Bt) türünden alınan proteinlerin (Bt proteinleri) istenmeyen böceklerin bazılarını öldürdüğü; ancak insanlar da dahil olmak üzere diğer pekçok canlıya hiçbir zarar vermediği bilinmektedir. Çevreye duyarlı olan ve hedefindeki canlılar haricinde herhangi bir canlıya zarar vermeyen bu toksinler, organik ürün yetiştiricileri tarafından onlarca yıldır kullanılmaktadır. 1996 senesinden beri her çiftçi, genetik mühendislik yöntemleri sayesinde kolayca üretilebilen bu öldürücüleri kendi tarlalarında da kullanabilmektedir.

Bu bakterilerden alınan proteinlerin pamuk bitkisine uyarlanması ve bununla ilişkili diğer taktiklerin uygulanması, Arizona'daki pamuk endüstrisine yeniden hayat vermiştir. Bu yöntemin geliştirilmesinden önce Arizona'daki tarım, zararlı böcekler nedeniyle neredeyse tamamen yok olmuştur. Bu muhteşem başarının mimarı ise evrimsel prensiplere dayalı olan refüj (iltica) stratejisidir. Pembe pamuk kurdu gibi tarım zararlılarının Bt proteinine direnç kazanmasına engel olmak konusunda da evrimsel stratejiler büyük rol oynamıştır. Peki nedir bu refüj stratejisi?

Refüj türler, Bt toksin geni olmayan bitkileri içermektedirler ve bu sebeple toksine direnci olmayan böceklerin hayatta kalmasına neden olmaktadırlar. Çiftçiler, Bt proteini içeren tahılların etrafına bu refüj bitkilerini ekerler. Bu sayede, toksine dirençsiz olan böceklerin sayısının yeterince artmasını sağlarlar. Bunun sonucunda dirençsiz böceklerin sayısı o kadar fazla olur ki, toksine karşı dirençli iki böceğin denk gelip de birbiriyle çiftleşme şansı çok azalır. Böylece bu çiftleşmelerden ortaya çıkabilecek dirençli soyların önüne geçilmiş olur.

Tabashnik'e (ve bağımsız verilere) göre refüj stratejisi Arizona'daki pembe pamuk kurtlarına karşı muhteşem bir şekilde işe yaramıştır. Tarım zararlısı bu böcekler Arizona çiftçilerinin arazilerine son 100 yıldır hastalık saçmıştır; ancak bu evrimsel yaklaşım sayesinde artık bu kurtlara çok az rastlanmaktadır. Örneğin buna zıt bir şekilde Hindistan'daki çiftçiler refüj stratejisi uygulamadıkları için buradaki pembe pamuk kurtları Bt toksinine hızla direnç kazanacak şekilde evrimleşmişlerdir ve dolayısıyla bu protein de bu bölgede zararlılara karşı işe yaramaz hale gelmiştir. Tabashnik şöyle söylüyor:

"Arizona'daki bu özel başarı, diğer bölgeler ve iş sahalarındaki sorunlara yönelik evrimsel çözümler getirmenin önemini göstermektedir."

Ayrıca bu, entomoloji ile evrim arasındaki bilgi alışverişinin de harika bir örneğidir! Üstelik bu işbirliğinden gelen bilgiler sadece tarım zararlıları, tahıllar ve evrimsel biyolojinin daha iyi anlaşılması ile ilgili değildir. Araştırmacıların yayınladıkları makaleye göre refüj stratejisi, daha güçlü kanser tedavileri geliştirmemizi bile sağlayabilir!

Fikir şudur: Tümörlerin bir kısmı düşük vaskülerizasyon (damarlanma) özelliğine sahiptir ve dolayısıyla kemoterapik ilaçların bu tümörlere ulaşması diğerlerine göre daha zordur. Bunları refüj tümörler olarak kullanarak, kemoterapiye karşı dirençli hale gelebilecek tümörlerin önüne geçebiliriz. Araştırmacılar şöyle yazıyorlar:

"Onkologların, yüksek dozda ilaç vererek bir hastanın kanserinin kökünü kurutmak konusundaki tipik başarısızlıklarıyla kıyaslanacak olursa, düşük dozlarda ilaç kullanmak daha başarılı olabilir. Tabii eğer kemoterapiye hassas olan hücre hatlarının hayatta kalmasını sağlayabilirlerse ve bunların kemoterapik ilaçlara dirençli soy hatlarıyla mücadele edebilmesini mümkün kılabilirlerse..."

Yani böceklerle mücadele ile başlayan süreç, kanser tedavisinde önemli atılımların yapılmasıyla sonuçlanabilir. Evrim, tüm bilim dallarının bütünleştirici harcıdır diye boşuna demiyoruz!

Buraya kadar konuya elimizden geldiğinde giriş yapmaya çalıştık ve böceklerin hangi alanlarda karşımıza çıktığımızı örneklerle pekiştirmeye çalıştık. Devamında sizlere böcek biliminin evrimsel alan başta olmak üzere çeşitli alanlardaki çalışmalarına yer vereceğiz. İlk başta böcek fosillerinden giriş yapacağız ve böcek fosillerinden ne gibi bilgiler elde edildiğinden bahsedeceğiz. Karasal ve sucul böceklerin evrimine göz attıktan sonra kanatların ve başkalaşımın evriminden devam edeceğiz. Böceklerde sosyal evrim konusuna da değindikten sonra böceklerin ortaklaşa yaşamlarında yer alan bitkilerle olan evrimleşmelerine geçeceğiz.

Böceklerin dünyasına hoş geldiniz. Umarım biraz olsun sempatinizi kazanmayı başarırlar. Elbette dilerseniz, bu bölümü tamamen atlayabilirsiniz de... Aman, sakın yapmayın! Birçok bilim insanını bilime ısındıran bu minik hayvanlarla ilgili öğrenecekleriniz, belki sizi de bir böcek sever yapacaktır, kim bilir? Haklı mı yoksa haksız mı olduğumuzu umarım bölüm sonuna ulaştığınızda kendiniz keşfedersiniz.

BÖCEK FOSİLLERİ: DOĞANIN AMBER İÇİNDE KORUNAN SANATI

Bundan 400 milyon yıl öncesindeyiz. Balık Çağı olarak da adlandırılan Devoyen Dönemi'nde... Bu dönemde, karasal yaşama geçişin ilk örnekleri görülmektedir. Birçoklarının sulardan karalara geçiş dediğinde aklına ilk gelen canlılar,

Panderichtys, Tiktaalik, Ichtyostega gibi omurgalılardır. Karalarda gezinen ilk canlılar olaraksa amfibileri veya sürüngenleri düşünmeye meyilliyizdir.

Halbuki karaların işgali omurgalılardan çok önce bitkiler, onlardan sonra ise böcekler tarafından gerçekleştirilmiştir. Aslına bakarsanız omurgalı hayvanlar karasal yaşam alanlarına en son ulaşan canlılardandır. Bir diğer deyişle, hayvanlar âleminde karaların fatihi unvanı omurgalılara değil, omurgasız böceklere aittir. Bu dönemde bitkiler de artık gerçek köklere ve yapraklara sahiptirler; dolayısıyla hayvanlar, yeni yaşam alanlarına yayılmak konusunda bitkilerin eline su dökememektedir. Denizel eklembacaklılar da bu dönemde çok çeşitli yaşam alanlarına yayılışlarını çoktan gerçekleştirmeye başlamışlardır. Özellikle de günümüzde artık bulunmayan bir eklembacaklı grubu olan trilobitler, alanlarını en iyi şekilde kullanan ve en başarılı eklembacaklılar olarak bu zamanlarda yaygın bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Biz, konumuz dahilinde oldukları için böceklere odaklanalım. Elimizde, böceklerin ilk atalarına ait herhangi bir böcek fosili var mıdır?

Londra Doğa Tarihi Müzesi'nde o döneme ait dünyanın şu ana kadar en eski böcek fosili bulunmaktadır. Böcek fosili, İskoçya'nın Rhynie kasabasında bulunmuştur ve fosil örneğinin üzerinde çalışan Uzman Robin J. Tillyard, eski böceğin sistematikteki adını *Rhyniognatha hirsti* olarak belirlemişti. Bu eşsiz fosil, böceklerin karaları işgal etmeye başladığı zamanlara ait ilk örneklerin özelliklerini göstermektedir. Bu tür kanatsızdır (ki böceklerde kanatlar, böceklerin karaya çıkışından sonraki 80 milyon yıl içinde evrimleşmiştir); ancak kanatların evrimine gidecek yoldaki anatomik uzantılar fosilde gözlenebilmektedir. Ayrıca fosilin çene yapısı da kanatlı böceklerinkine benzemektedir. Dolayısıyla fosil bu bakımdan harika bir "ara geçiş türü"dür. Türün büyük olasılıkla karaları çoktan işgal eden bitkilerin sporofilleri ile beslendiği düşünülmektedir. Bu ve benzeri sebeple *Rhyniognatha*, bütün kanatlı böceklerin atası ve muhtemelen kanatlı böceklerle kanatsız böcekler ayrımına oldukça yakın bulunan bir türdür. Dolayısıyla böceklerin evrimine dair en eski fosil olduğu rahatlıkla söylenebilir; ancak eminiz ki daha keşfedeceğimiz birçok tür de bulunmaktadır.

Aynı uzmanlar, daha sonraki bir başka araştırmada yine aynı kasabadan çıkarılan benzer fosil örnekleri üzerinde de çalışmışlardır. Bu sayede böcekler tarafından karaların işgalinin yaşandığı o dönemdeki yaşam tarzları ile ilgili bilgilerimize yenilerini eklemişlerdir. İyi korunmuş fosil örneklerine rağmen, o döneme ait başka örneklerin bulunamamasının esas sebebi, fosillerin günümüze kadar korunabileceği tatlısu çökeltilerinin bu dönemde (ve genel olarak) epey nadir olmasıdır.

Keşke sayfalar dolusu yazarak sıradan giderek tüm jeolojik dönemlerde keşfedilen tüm böcek fosillerini sizlere anlatabilsek de evrimin kademeli geçişinin böceklerde nasıl yaşandığını size basamak basamak gösterebilsek. Ancak ne yazık ki bu hem yazıyı bize ayrılan miktardan öteye uzatacaktır,

hem de çok fazla terimin geçmesinden ötürü yazının sıkıcı olmasına neden olacaktır. Yine de paleontologların böcek evrimine dair sayısız tür keşfedip, evrim tarihini oldukça net bir şekilde aydınlattıklarını göstermek adına evrimin uzun ve engebeli tarihi içinde hızlı bir tur atalım ve en azından birkaç önemli türden bahsedelim:

Örneğin *Rhyniella praecursor*, günümüzden yaklaşık 400 milyon yıl önce yaşamış, 1-2 milimetre boyunda bir altıbacaklıdır. 1919 yılında keşfedilen bu tür öylesine ilkel bir böcek türüdür ki, ilk başta bunun bir larva olduğu sanılmıştır. Ancak sonradan tam olarak bir böcek olduğu anlaşılmıştır. Bu ufaklığın diğer canlıların ölüleriyle beslendiği düşünülmektedir. Bir başka örnek olarak, günümüzden 316 milyon yıl öncesine tarihlenen *Apthoroblattina* cinsine ait fosiller gösterilebilir. Hamamböceklerinin atası konumunda olan ve oldukça ilkel böcekler olan bu canlılar, 43 milimetre uzunluğundadır. Böceklerin evriminde önemli bir yeri olduğu bilinen diğer bir tür, günümüzden 300 milyon yıl kadar önce yaşamış *Archimylacris* cinsidir. 2-3 santimetre büyüklüğündeki bu canlının hamamböceklerinin, mantisler (peygamberdeveleri) ve benzerlerinin (mantidler) ile termitlerin ortak atası olduğu düşünülmektedir.

190-140 milyon yıl kadar önce yaşamış türlere baktığımızda, karşımıza *Archaeolepis* cinsi çıkmaktadır. Bilinen en eski kelebek cinsi olan bu hayvanların günümüzde şayak sineği ya da evcikli böcek olarak bilinen Trichoptera takımına ait böceklerin kanatlarına benzer kanatları olduğu bilinmektedir. "Tesadüfe" bakın ki bu canlılar aslında kelebek değillerdir; ancak en yakın akrabaları arasında Lepidoptera (kelebekler ve güveler) bulunmaktadır. 100 milyon yıl öncesine baktığımızda ise "varlığımızı borçlu olduğumuz" arıların ilk ataları konumunda olan *Melittosphex burmensis* türü karşımıza çıkmaktadır. 2006 yılında reçine içinde keşfedilen bu arı-benzeri hayvanlar, modern bal arılarından 5 kat daha küçüktür ve sadece 3 milimetre boyundadır. Bu canlının balarıları ile yabanarılarının ortak atası olabileceğini düşünenler de vardır. Türün arka bacak yapısı gibi bazı anatomik özellikleri yabanarıları ile örtüşse de, tıpkı polen-toplayıcı arılarda olduğu gibi kıllı bacakları bulunmaktadır.

Durmaksızın çalışmalarıyla meşhur karıncaların ataları ise günümüzden 92-79 milyon yıl kadar önce ortaya çıkmaktadır. 1966 yılında keşfedilen ve *Sphecomyrma* cins adıyla bilinen bu hayvanlar, modern karıncalar ile akület[7] yabanarılarının bir karışımı gibidir. Bu canlıda sadece karıncalarda bulunduğu bilinen metaplöral bez[8] ile birlikte, karıncaların karakteristik özellikleri olan

7 Akület, Zarkanatlılar (Hymenoptera) takımı altındaki Aculeata infratakımına ait canlılarda bulunan ağızımsı uzantıdan evrimleşmiş iğnenin adıdır. Bu grup "iğneli yabanarıları" olarak anılsa da, aslında gruba karıncalar ile arıları da kapsamaktadır. Görüldüğü üzere bu canlılar öylesine yakın akrabadırlar ki, atasal fosillerinin bu canlıların bir karışımı olması son derece anlaşılırdır!

8 Sadece karıncalarda bulunan ve dolayısıyla karıncaları tanımlamakta kullanılan, antibiyotik

kanatsızlık, petiyol[9] denen yapıya sahip olma, karınca-benzeri bedene sahip olma gibi özellikleri bulunmaktadır. Buna karşılık bu atasal türün ağız yapısının kısa ve iki dişli olması, kıç (gaster) kısmının dar olması, orta ve arka bacak yapıları yabanarılarınınkine benzemektedir. Antenleri ise hem karıncalarınkine, hem yabanarılarınınkine benzemektedir. Daha ne olsun!

Dediğimiz gibi, böcek evriminde sözünü edebileceğimiz çok fazla tür var; ancak bu kadarı bu kitap çerçevesinde yeterli olacaktır. Eğer ki ilgileniyorsanız, böcek fosillerinin kayıtlarıyla ilgili sayısız akademik makale bulunmaktadır. Ancak bizim size tavsiyemiz, ola ki yurtdışına çıkarsanız, iyi bir doğa tarihi müzesine giderek böceklerin ve genel olarak canlılığın evrimi hakkında daha detaylı bilgiler öğrenmenizdir. Eğer ki başka ülkelere gitme şansınız yoksa, Smithsonian Enstitüsü gibi dünyaca meşhur enstitütlerin müzelerinin internet sitelerine girerek detaylı bilgiler alabilirsiniz. Ne yazık ki bunlar hep İngilizce siteler; ancak bizler ve Evrim Ağacı da bu kaynakları dilimize kazandırmak için var, öyle değil mi?

Şimdi konunun başka bir boyutuna bakalım: Böceklerin fosillerinden bahsederken sürekli "reçine" ya da "kehribar" içinde saklandıkları söylenir. Bizim burada sözünü ettiğimiz türlerin de neredeyse tamamı bu şekilde fosilleşmiş ve günümüze kadar ulaşmış canlılardır. Peki nedir bu kehribar?

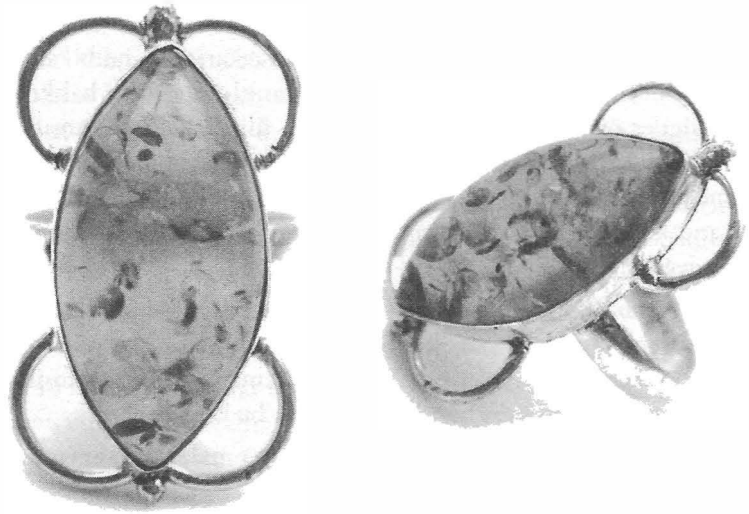
İlginçtir. Kehribar, çoğu kültürde aslen takı malzemesi amaçlı kullanılır, bilimsel önemi pek bilinmez. Esasında kendisi çam ağacı kaynaklı bir reçinedir. Onu önemli ve kıymetli kılan şey ise çok kolay fosilleşebiliyor olmasıdır. Bu sayede, çok eski zamanlardan günümüze kadar korunabilmeyi başarmaktadır. Ancak bu kimyasalı özel kılan, sadece kendisinin iyi bir şekilde fosilleşmesi değil, aynı zamanda içine hapsettiği her şeyi neredeyse kusursuz bir şekilde koruyabiliyor olmasıdır. O kahverengimsi sarı kütle içinde başka ne hazineler barındırır, bir bilseniz! Genelde yapışkan olması bakımından ağaçlardan salgılandığı zaman bu yapı içerisine hapsolan böcekler kurtulamayarak ölürler. Reçine ağaç gövdesinden aktıkça, böcekler (ve tarihin tozlu sayfalarında yaşamış daha sayısız unsur) bu yarı-sıvı içinde sıkışıp kalır ve reçine tarafından korunarak günümüze kadar gelir. Bu reçine fosillerini bularak, geçmiş dönemler hakkında ayrıntılı çalışmalar yapmamız mümkün olmaktadır.

Eh, reçineden söz etmişken *Jurassic Park* kült filminden söz etmemek ayıp olacaktır. O meşhur soruya yanıt vermek boynumuzun borcudur: *"Acaba kehribar içinde korunmuş fosil böceklerden DNA elde edilebilir mi?"* Bu soruya yanıt vermek adına bugüne kadar çok sayıda deneme yapılmıştır. DNA'nın korunması oldukça zorlu bir iştir; zira genel yapının korunması yetmez; aynı zamanda

sıvıların salgılanmasından sorumlu olan ve karıncanın alt-sırt bölgesinde bulunan bir bez. Bu salgılar sayesinde karıncalar bakteri ve mantar sporlarından korunabilmektedir.

9 Zarkanatlılar içindeki hayvanların bazılarında (özellikle karıncalar, arılar ve yabanarılarında) bulunan dar bel yapısının adı.

DNA'yı işlevsel kılan kimyasalların (örneğin Adenin, Timin, Sitozin, Guanin gibi nükleotitlerin) hem fiziksel çevre faktörlerinden, hem de dış biyolojik unsurlardan korunması gerekir. Reçinenin içinde kalan canlıların hızlı bir şekilde dehidrasyona (su kaybına) uğrayarak DNA'larının bakteriler tarafından zarar görmesinin engellendiği düşünülmektedir.



Görsel 7-2: Kehribardan yapılan takılara bir örnek... Kehribar içerisindeki böcek fosilleri görülmektedir. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Buna rağmen, *Jurassic Park* filminin belkemiğini oluşturan "reçineyle günümüze gelen dinozor DNA'sı" iddiasının (ne yazık ki) pek bir geçerliliği bulunmamaktadır. Bunun basit bir sebebi vardır: DNA moleküllerinin yarı ömrü 521 yıl civarındadır. Yani her 521 yılda bir, kimyasal bağlarının yarısı tamamen kopar ve molekül bozunarak parçalanır. Bu sebeple, 6.8 milyon yıldan daha eski zamanlardan DNA molekülü elde etmek teorik olarak imkânsızdır. Çünkü fiziksel olarak ne kadar iyi korunursa korunsun, DNA'nın kimyasal bağları (kimyasal sebeplerden ötürü) korunamayacaktır ve molekül nihayetinde dağılacaktır. Teorik olarak DNA 6.8 milyon yıl öncesine kadar gitse de, doğanın kusursuz olmayışından ötürü hiçbir DNA'nın kusursuz korunamayacak olması gerçeği, pratik olarak 1.5 milyon yıl öncesinden daha eskisine ait DNA'ların okunmasını imkânsız kılmaktadır. Dinozorların 65 milyon yıl önce yok olduğu düşünülürse, filmin iddiasının pek de anlamlı olmadığı görülebilir. Bugüne kadar, reçine içinde korunmuş çeşitli böcek örneklerinden DNA sekansları elde edildiği şeklinde iddialar ortaya atılmış olsa da antik sekansların doğrululuğu tekrarlama yoluyla ispatlanamamıştır. Bir sivrisineğin

(ya da onların atalarının) emdiği dinozor kanından elde edilen bir DNA ile yeniden dinozorları dünyaya getirmek güzel olurdu (ya da bakış açınıza göre olmazdı). Bu hatalı umut için *Jurassic Park*'a kızmak doğru olmayacaktır. Sonuçta bilimkurgu hayal eder, bilim gerçekleştirmeye çalışır. Çoğu zaman bilim bu işte oldukça başarılıdır. Bu nedenle bilimkurgu daha zorlu hayallerle gelir ve bu döngü bilimin tekrar başarılı olup da bilimkurgu tarafından yeni bir hayalin daha ortaya atılmasıyla durmaksızın devam eder.

Kehribarı özel kılan sadece böcekleri hapsetmesi değildir. Diğer omurgasızlardan tutun da bitki örneklerine kadar her türlü canlı kehribar içerisinde mahsur kalmış bir şekilde fosilleşebilir ve buna dair elimizde çok sayıda örnek de vardır. Hatta bazı insanlar, kehribar içerisine hapsolmuş örümcekleri, akrepleri ya da yaban arısı gibi canlıların fosillerini kolye olarak bile kullanmaktadır. Ama en çok bilinen belki de anahtarlıklardan tutun da başka süs eşyalarına kadar her yerde görmeye alışık olduğumuz için böceklerdir. Bilim için böylesine önemli olabilecek, gerçek hayatta insanların genellikle tiksindiği hayvanların boyunlarımıza takı olduğu gerçeği, bize kalırsa insanların tuhaf doğalarına ait ilginç bir soru işaretidir.

Burada birçok örneğe yer vermiş olsak da, böceklerin sistematiğinde halen tam olarak belirlenememiş dallanmalar, bilinmeyen ilişkiler ve açıkta kalan bolca kısım vardır. Umut ediyoruz ki bilimin durmak bilmez gerçeğe ulaşma başarısı ve bu kitabımızı okuyup da bilime (ve özellikle de entomoloji ile evrimsel biyolojiye) ilgi duymaya başlayan gençlerimizin önemli bilim insanları olduktan sonra gösterecekleri özverili emekleri sayesinde bunlar da, yeni bulunacak ve analiz edilecek olan fosil örnekleri sayesinde açığa kavuşturulacaktır.

Şimdi, sudan karaya geçiş konusuna geri dönüş yapalım. Çünkü bu konu üzerinden, bilime dair ilginç soruları yanıtlamamız mümkün olacak ve entomoloji-evrim ilişkisini daha net ortaya koyabileceğiz.

KARASAL BÖCEKLER SUCUL BÖCEKLERE KARŞI: HANGİSİ ÖNCE VARDI?

Bu kısmın başlığındaki soru birazcık *"Tavuk mu önce vardı, yoksa yumurta mı?"* sorusuna benzemektedir. Öncelikle, bu tavuk-yumurta sorusuna cevap verelim. Çünkü bunu yaptığımızda, başlıktaki soru da netleşecektir.

Tavuk-yumurta sorunun cevabı evrimsel biyolojiden anlayan birisi için çok kolaydır: Cevap, elbette ki yumurtadır! Yani elbette ki "ilk tavuk"[10], bir yumurtadan çıkmıştır. Bu sorunun halen popüler bir "ikilem sorusu" olarak lanse

10 Aslında evrimsel biyoloji analizlerinde bir canlının "ilk bireyi" diye bir şey yoktur. Yani "ilk insan", "ilk tavuk", "ilk canlı" gibi kavramlar yanıltıcı ve hatalıdır. Evrimsel süreç sıçramalı olmadığı için, önceki bir türden yeni bir türün "ilk" bireyi evrimleşivermez. Türleşmede atasal türler ile torun türler arasında her zaman yumuşak bir geçiş vardır. Dolayısıyla hiçbir zaman "ilk" bireyden söz edilemez.

edilmesi, evrimsel biyoloji ile ilgili bilgi eksikliklerimizin en bariz göstergelerinden birisidir. Çünkü evrimsel biyoloji sayesinde kökenleri M.Ö. 340'lı yıllarda Aristo'ya kadar dayanan bu "Tavuk-Yumurta Problemi/Paradoksu" tartışmaya yer bırakmaksızın çözülmüştür: Tüm tavuklar[11], yumurtadan çıkmıştır!

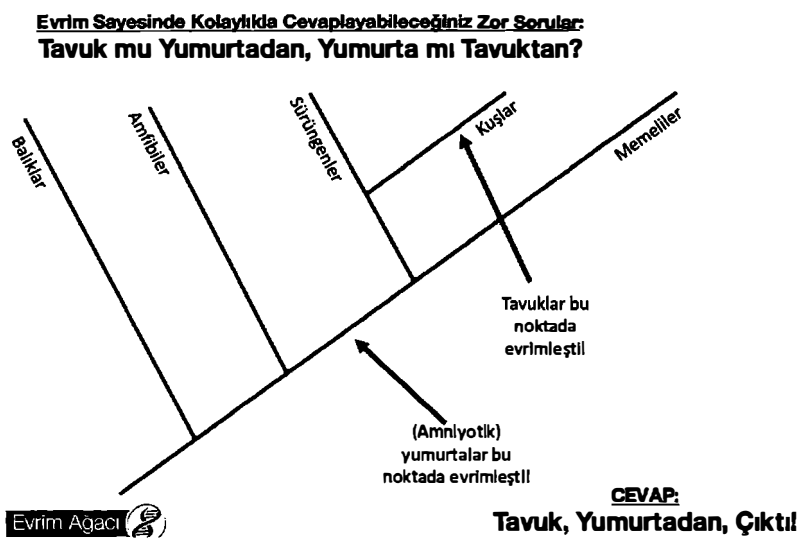
Sorunun cevabını basitçe anlayabilmek için, sözde paradoksun aktörleri olan "tavuk" ve "yumurta"yı tanımamız gerekir. Tavuk ile başlayalım: Bugün net bir şekilde bildiğimiz üzere tüm kuşlar, 170-150 milyon yıl kadar önce dinozorlardan ayrılarak evrimleşmiştir. Tavuk, bir kuş türüdür, dolayısıyla kökenleri dinozorlara kadar takip edilebilir. Bilindiği üzere tüm kuşlar yumurtlayarak ürerler. Bu sebeple, şimdi de yumurtanın tarihine kısaca bakalım: Yumurta dediğimiz kabuklu, karalarda bırakıldığında içindeki embriyoyu koruyup besleyebilecek özellikteki üreme yapısının ilk örneklerine 340 milyon yıl kadar önce amfibilerde ve onlardan evrimleşen sürüngenlerde rastlıyoruz.

Evrim tarihini takip edecek olursak, balıklardan evrimleşen amfibiler ilk büyük yumurtaları nemli kumsallara bırakmaya başlamışlardır. Daha sonradan amfibilerden evrimleşen sürüngenler yumurtlayarak üremeyi sürdürmüşlerdir ve bu başarılarını bir adım öteye götürerek amniyotik kese sayesinde nemli olmayan, kurak kara parçalarında da üreyebilmeye başlamışlardır. Sürüngenlerin bir kolu dinozorlara evrimleşmiş, bu koldan ayrılan bir grup da kuşlara ve nihayetinde tavuklara evrimleşmiştir. Dolayısıyla bu soy hattı boyunca her canlı bir yumurtadan çıkmıştır. Tam olarak bu sebeple, ilkin tavuklar da dahil olmak üzere tüm tavuklar da öyle... Bu da, sorumuzun cevabını tartışmasız bir şekilde vermektedir: Yumurta, tavuktan önce evrimleşmiştir, dolayısıyla tavuk yumurtadan çıkar.

Sorunun daha derin olarak sorduğuysa *"Yumurtalayarak üreyen bir hayvanın yumurtası mı, kendisi mi önce evrimleşmiştir?"* sorusudur. Yumurtanın evrimi oldukça uzun bir konu olduğu için burada yer vermeyeceğiz; ancak paradoks biçiminde sunulan bu sorunun sorulmasının, evrimin kademeli doğasını anlayamamaktan kaynaklandığı söylenebilir. Çünkü sorunun bir diğer formu olan ve aslen sorduğu şeyi özetleyen soru şudur: *"Bir canlının ebeveyni de, çocuğu da kendisi ile aynı türken, evrim nasıl yeni türler yaratır?"* Bu da çok detaylı bir konu ve *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* isimli kitabımızda konuya detaylıca yer vermiştik. Ancak kısaca özetlememiz gerekirse: Hiçbir zaman tek bir nesilde yeni bir tür var olmaz, bu süreç kademelidir. Dolayısıyla asla bir yumurta bir anda evrimleşiverip, ondan da yeni bir kuş türü oluşmamıştır. Zaten buna gerek de yoktur. Yumurta ile o yumurtanın barındıracağı tür bir arada evrimleşir. Her evrimsel nesil içinde yumurta o türün özelliklerini daha fazla barındırır hale gelirken, o yumurtalardan çıkan bireyler de yeni bir türün özelliklerini daha çok barındırır hale gelir.

11 *"Yumurtadan çıkan tavuk değil, civcivdir"* diye düşünen "espritüel" okurlarımızın endişelerini giderelim: Tavuk, sadece bu tartışmanın konusu olan kuşun dişilerinin ismi değildir, aynı zamanda *Gallus gallus domesticus* alt türünün Türkçedeki adıdır. Yani tavuk (dişi), horoz (erkek) ve civciv (yavru) gibi kelimeler, bu "tavuk" alttürüne ait farklı bireylere verilen isimlerdir. Yani örneğin tavuk ile horoz, ayrı türler değil; "tavuk" alttürünün farklı cinsiyetleridir.

Bu arada, eğer ki tavuklar atalarından birdenbire evrimleşmiş olsalardı bile, bu konu evrimsel biyoloji ve genetik ile açıklanabilirdi. Bildiğimiz anlamıyla tavuk yumurtasının üretilebilmesi için OV-17 isimli bir proteine ihtiyaç vardır ve bu protein sadece tavuklarda bulunur. Bu durum, tavuk yumurtasının tavuktan gelmek zorunda olduğuna işaret ediyor gibi gözükmektedir, değil mi? Hayır. Çünkü tavuğun evrimleştiği atasal türün (diyelim ki adı "ön-tavuk" olsun) dişisi ve erkeği bir araya gelip bir yavru ürettiklerinde, evrimin çeşitlilik mekanizmaları (örneğin mutasyonlar) dolayısıyla bu yavru ebeveynleri ile birebir aynı olmayacak, ufak genetik (ve dolayısıyla çoğu zaman fiziksel) farklılıklar ile doğacaktır. Dolayısıyla OV-17 proteininin atası olan protein de (diyelim ki adı "OV-16" olsun), bu ufak mutasyonlardan biri aracılığıyla yaratılmış olacaktır. Fakat biliyoruz ki evrimsel süreçte yeni türler bu şekilde 1 nesilde ve sadece birkaç mutasyon ile oluşuveremezler (bunu Matematiksel Evrim ve Popülasyon Genetiği ile ilgili bölümümüzde ispatlamıştık). Dolayısıyla bu argümanın bir anlamı yoktur. OV-17'yi üretecek olan öncül proteinler ve genetik altyapı, nesiller içinde kademeli olarak oluşmuş ve belli bir noktadan sonra OV-17'yi üretebilir hale gelmiştir. Bu noktadan sonra oluşan canlılar, bildiğimiz tavuklar olsalar da, ön-tavuk ile tavuk arasındaki geçişte de kademeli bir değişim olduğu için, muhtemelen modern tavukların ataları da "tavuk-benzeri" canlılar olacaktır. Ya da kısaca, "tavuk" olacaklardır.



Görsel 7-3: Tavuk-yumurta "paradoksuna" evrimsel bakış açısını gösteren bir Evrim Ağacı.

Dolayısıyla, bir tavuğun var olması için illa "modern tavuğa ait yumurta" gerekmez, çünkü tavuk tek bir nesilde evrimleşmiş bir canlı türü değildir. Yumurta ile tavuk bir arada evrimleşen unsurlardır; ancak ne olursa olsun yumurtaların evrimsel

tarihi, tavukların evrimsel tarihinden çok ama çok daha gerilere gitmektedir. Dolayısıyla her tavuk (veya ön-tavuk), mutlaka ama mutlaka bir yumurtadan çıkmıştır. Bu yumurtanın nasıl adlandırılacağı ("ön-tavuk yumurtası" mı, yoksa "tavuk yumurtası" mı) tartışma açısından önemli değildir ve sonucu değiştirmemektedir.

Her neyse, konuyu daha fazla dağıtmayalım ve asıl konumuz olan böceklere geri dönelim. Böceklerde de sucul böceklerle karasal böceklerin kronolojik ilişkisine dair sorunun doğru yanıtı, yine evrim tarihini kabaca bilenler için ilk bakışta *"Su böcekleri önce gelmiştir!"* demekmiş gibi geliyor değil mi? Çünkü sonuçta canlılık suda başladı ve karasal çeşitlilik daha sonradan, sudan çıkan canlılardan evrimleşti. Dolayısıyla sucul böcekler önce evrimleşmiş olmalı!

Ancak böceklerin evrimi söz konusu olduğunda durum aslında biraz daha karışıktır. Dahası, tavuk-yumurta ilişkisinde olan direkt bağlantının aksine, sucul ve karasal böcekler arasındaki bağlantı birazcık daha muğlaktır. Bunun ötesinde, evrimsel biyolojide genellikle su-kara geçişinden söz ederken bahsettiğimiz "su", omurgalıların da evrimleşerek içinden çıktıkları denizel ve okyanusal tuzlu sulardır. Ancak söz konusu böcekler olduğunda iş başkadır; zira önemsenmeyecek kadar az sayıda böcek günümüzde tuzlu sularda yaşamaktadır (ve bu, muhtemelen geçmişte de böyleydi). Böcekler ya karalarda (ve havada) yaşarlar ya da tatlısularda... Tatlısular, tuzlusulardan birazcık farklıdır; çünkü tatlısular genellikle geniş karasal alanlarla çevrelenmiştir, dünya üzerinde çok ama çok daha seyrek bulunurlar (gezegenimizdeki tüm yüzey sularının sadece %0.3 civarı tatlısudur!) ve çoğu zaman bu tatlısu kaynaklarına denizlerden doğrudan ulaşmak mümkün değildir. Bir diğer deyişle, tatlısularda yaşayan bir hayvanın ataları muhtemelen karalarda yaşayacak biçimde özelleşmiş türler olmalıdır. Bu sebeple, canlılığın tuzlusularda başlayıp da karalara yayılmış olması, sucul böceklerin karasal böceklerden önce geldiğini garanti etmemektedir.

Bu durum bilim düşmanı evrim karşıtlarının seveceği cinsten bir "evrim çıkmazı" gibi gözükmektedir. Zira böceklerin karalara çıktıkları dönemlerde karalarda hayvanlar bulunmamaktaydı. Dolayısıyla soru şudur: Böcekler nereden geldi? Karasal atalardan mı evrimleştiler, yoksa tatlısularda yaşayan atalardan mı? Tüm bu soruların cevapları, entomoloji konusunda uzmanlaşan evrimsel biyologların çalışmaları sayesinde giderek net bir şekilde yanıtlanabilmektedir. Bu konuda elimizde olan bilimsel verilere bir göz atalım:

Net bir şekilde bildiğimiz üzere tüm eklembacaklıların (dolayısıyla bu eklembacaklılardan evrimleştiğini bildiğimiz böceklerin) ortak atası ilk defa denizlerde evrimleşmişlerdir. Bu erken eklembacaklılar, günümüzden 380 milyon yıl kadar önce ilk defa karaları işgal etmeye başlamışlardır. Eklembacaklıların denizlerde evrimleştiğine dair hiçbir kuşku bulunmamaktadır; elimizde bunu net bir şekilde gösteren çok sayıda fosil ve genetik bulgu bulunmaktadır. Örneğin, Kanada ve Çin'de deniz kökenli kalıntılarda korunmuş bol miktarda eklembacaklı formları (özellikle de trilobitler) bu konuyla ilgili yeteri kadar kanıt sağlamaktadır.

İşte Kabuklular (Crustacea) ile Böcekler (Insecta) sınıflarının da tam bu eklembacaklı ataların karalara geçiş döneminde birbirlerinden ayrılarak evrimleştikleri düşünülmektedir. Günümüzde su ve kara yaşam alanlarının hangi canlılar tarafından işgal edildiğine baktığımızda, kabuklu hayvanlar ile böcekler arasında çok keskin bir ayrım olduğunu görmekteyiz: Karalar neredeyse tamamen böcekler tarafından işgal edilmişken, denizler ve okyanuslar kabuklular tarafından ele geçirilmiştir. Bu iki grup, neredeyse hiçbir zaman birbirlerinin alanına geçmezler. Tatlısu ortamları haricinde... Bu durumda böcekler, ilkin kabukluların karalara geçmesi sırasında tatlısularda evrimleşmiş ve sonradan karalara çıkarak kabuklu atalarına baskın hale gelmiş olabilirler mi? Yoksa eklembacaklı ve kabuklu atalarının karaları işgali sırasında çok hızlı bir türleşme sürecinden geçerek doğrudan karalara uyum sağlayacak şekilde evrimleşmiş ve kabuklu hayvanların karalara çıkışını tamamen engellemiş olabilirler mi? Bu iki evrim tarihinden hangisinin doğru olduğunu, genetik ve fosil kayıtlardan gelen veriler sayesinde yantılandırabilmekteyiz.

Eldeki bilimsel bulgular, eklembacaklıların evrimsel dallanması sırasında önce kabuklu canlıların evrimleştiğini; sonrasında bu kabukluların dallanarak farklılaşması sırasında yaşanan önemli su-kara geçişinde böceklerin atalarının Kabuklular sınıfından ayrılmaya başladığını göstermektedir. Dolayısıyla tüm böceklerin ortak ataları, denizlerde yaşayan Mandibullugiller olarak bilinen bir eklembacaklı grubu (kladı) içinde birbirinden ayrılan Kabuklular'ın ilkin formlarından ayrılarak evrimleşmiştir.

Bu evrimdeki en kritik nokta (ve aynı zamanda bu kısmın başlığındaki soruya da yanıt veren nokta), böcek evriminin kabuklulardan ayrılan erken ortak ataların karalara adapte olmasından *sonra* yaşanmış olmasıdır. Çünkü bildiğimiz en erken karasal böcek türlerine ait fosiller, eklembacaklıların karaları işgalinin başlamasından 30 milyon yıl kadar sonra, günümüzden ise 350 milyon yıl kadar önce görülmeye başlanmıştır. Dolayısıyla böcekler öncelikle sularda evrimleşip sonradan karalara çıkmamış, en başından karalarda evrimleşip sonradan sulara (ezici bir çoğunlukla tatlısulara) adapte olacak şekilde evrimleşmiştir. Bu oldukça ilginç bir bulgudur ve nedenlerine döneceğiz. Ancak öncelikle böceklerin neden karada evrimleştiklerini düşündüğümüze dair bilimsel verileri sunalım.

Gerçekten de, evrimsel süreçte gördüğümüz genel gidişatın aksine, böceklerin ilk olarak sularda değil de karalarda evrimleştiğini ve sonradan tatlısulara adapte olacak şekilde de evrim geçirdiklerini destekleyen bol miktada kanıt bulunmaktadır. Buna en bariz örnek, en ilkin yapılı ve kanatları olmayan böceklerin bile tamamen karasal yaşama adapte oldukları gerçeğidir. Bu durum, böceklerin ilk olarak karalarda evrimleştiği fikrini doğrudan desteklemektedir. Ayrıca fosillerden elde edilmiş olan verilerde de sucul yaşama ait yeterince güçlü kanıtlar gösterememektedir. Fosillerin hiçbirinde atasal formların sucul yaşama adapte olduklarına dair anatomik yapılara şimdiye kadar rastlanmamıştır.

Buna rağmen en erken böceklerin gerektiğinde sularda kolaylıkla hareket edebilecekleri özellikleri olduğu da bilinmektedir. Bu durum da karasal köken yaklaşımını zorlayan konulardan birisidir. Örneğin, en basit yapılı böcek türlerinden biri olan *Lepisma saccharina* ("gümüşçün" ya da "gribalık"), son derece ilginç bir şekilde oldukça balıksı bir vücuda sahiptir. Elbette ki bu yanıltıcı olabilir; çünkü bir canlının dışarıdan bakıldığında bir başka canlıya benzer gözükmesi, o canlılar arasında akrabalık olduğunun tek başına ispatı olamaz. Bilim ve evrim karşıtlarının en sık düştükleri hatalardan birisi de zaten budur. Gümüşçün böceğinin balıksı bir vücudu olması hiçbir anlam ifade etmez; zira böcekler balıklardan evrimleşmemişlerdir. Balıklar omurgalıdır; böcekler ise omurgasız! Üstelik gümüşçünlerin atalarını barındıran Thysanura takımı, Kabuklular ile Böcekler arasındaki geçişi gösteren ilginç canlı örneklerini barındırmaktadır. Gümüşçünlerden sonra sırasıyla yusufçuklar ve kızböcekleri (Odonata), çekirgeler ve cırcırböcekleri (Orthoptera), çubukböcekleri (Phasmida), hamamböcekleri (Blattaria) ve Termitler (Isoptera), gerçek böcekler (Hemiptera), kınkanatlı böcekler (Coleoptera); karıncalar, arılar ile yabanarıları (Hymenoptera); kelebekler ile güveler (Lepidoptera) ve nihayetinde sinekler (Diptera) evrimleşmiştir. Bunların hepsinin ortak atası, karasal kabuklulardır.

Böceklerin karasal atalardan evrimleştiğini yanlışlamak (ve bu başarılamadıkça karasal köken yaklaşımını güçlendirmek) amacıyla bugüne kadar birçok araştırma yürütülmüştür. Örneğin, George Pritchard ve arkadaşları tarafından 1993 yılında yapılan ve *Biological Journal of the Linnean Society* dergisinde yayınlanan kapsamlı bir araştırma, Eklembacaklılar altında bulunan Altıbacaklılar altşubesinden ayrılan ilkin böceklerin halihazırda karalarda yaşayacak biçimde evrimleştiğini birçok farklı açıdan doğrulamaktadır. Bu bulgular arasında genetik analizler de bulunmaktadır. Buna rağmen, yaptıkları çalışmayla böceklerin öncelikle karasal ortamda evrimleştiklerini, sonrasındaysa tatlısuya adapte olabildiklerini doğrulamayı başarmışlardır. Peki evrim, böceklerin nereden geldiğine dair bu soruyu nasıl aydınlatmıştır?

Araştırmacılar BASIC-5 adını verdikleri ve en ilkin böcekleri barındıran 5 temel takımı (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera ve Trichoptera) araştırmalarının odağına yerleştirmişlerdir. Bu 5 takım, her ne kadar böceklerin karasal bir atadan evrimleştiğini doğrulasa da, ilginç bir ortak özelliğe sahiptirler: Bu takımlara ait canlıların her birinin ergin-öncesi dönemleri tatlı sularda geçmektedir! Bu durumun taksonomistler ve entomologlar için ne kadar kafa karıştırıcı olduğunu tahmin edebilirsiniz. Eğer ki böceklerin karasal atalardan evrimleştiğini iddia edecekseniz, en ilkin böcek gruplarından bazılarının nimf (yavru) hallerinin nasıl olup da sularda yaşayabilecek şekilde özelleştiğini açıklamanız gerekir. Eğer ki bir yığın kanıt karasal ortak ataya işaret ederken, elinizdeki en temel grupların hepsinin hayatlarının önemli bir bölümünü sularda geçiriyorlarsa ve her biri buna uygun adaptasyonlara sahiplerse bir durup düşünmek ve makul bir açıklama talep etmek gerekmektedir.

Fakat dikkatli incelemeler, bu soru işaretlerini büyük oranda ortadan kaldırmaktadır. Söz konusu sucul adaptasyonları inceleyen bilim insanları, her ne kadar 5 takımın hepsinin larvaları sularda yaşıyorlarsa da, bu yaşantıyı mümkün kılan solungaçlar arasında çok ciddi bir çeşitlilik yelpazesi bulunduğunu göstermişlerdir. Bu çeşitlilik yelpazesi öylesine geniştir ki, bu takımların diğer hiçbir fiziksel özelliğinde böylesi bir dağılıma rastlanmamaktadır. Bu durum, tatlısularda yaşamanın fazlasıyla avantajlı olduğu bir zaman diliminde, halihazırda karasal yaşantıya uyum sağlamış bu canlıların *yakınsak evrim* denen bir mekanizmayla suda yaşamak amacıyla birbirine benzer çözümler ürettiklerini düşündürmektedir. Yani bu canlıların (dolayısıyla böceklerin genelinin) ortak atası muhtemelen hayatının herhangi bir dönemini suda geçirebileceği adaptasyonlara sahip değildir. Fakat torunları, suda yaşamanın avantajlarından ötürü birbirlerinden bağımsız olarak, en azından larva dönemini sularda geçirecek şekilde özelleşmişlerdir.

Bu, evrim tarihinde ilk defa olan bir değişim türü değildir; muhtemelen son da olmayacaktır. Örneğin, yunuslar ve balinalar gibi denizel memelilerin ortak atası karalarda yaşayan ve denizlerle alakası olmayan canlılardır. Bu canlıların torunları, karalardan denizlere geri dönerken (memelilerin karalara büyük oranda adapte olmuş atalardan evrimleştiğini hatırlayınız) balıkların yüz milyonlarca yıldır sahip olduğu yüzgeç-benzeri yapıları evrimleştirmişlerdir. Bir diğer deyişle, denizel memelilerin son ortak atasında yüzgeçler bulunmamaktadır; karalarda yaşayan bir memeli hayvandır. Fakat bu canlıdan evrimleşen denizel memeliler, suda ilerleyebilmek için arka bacaklarını yitirmişlerdir ve karalarda kullandıkları kuyrukları, denizel ortamda yüzgeçlere evrimleşmiştir. Arka bacakların evrimsel süreçte yitirilmesinin veya yüzgeç görevi görecek biçimde değişmesinin en net kanıtlarını deniz aslanlarının kuyruklarında ve balinaların vücutlarında hiçbir görev yapmaksızın ve hiçbir diğer kemiğe bağlanmaksızın bulunan arka bacak kemiği kalıntılarında görmekteyiz.

Benzer şekilde yarasalar, Pterosauria takımı (dinozorlar döneminde yaşamış uçan sürüngenler), kuşlar ve böcekler aynı amacı yerine getirmek adına birbirlerinden tamamen bağımsız olarak kanatlar edinmişlerdir. Bu canlıların ortak atasının kanatları bulunmamaktadır; fakat evrimsel dallanmalar ve çevresel baskılar nihayetinde birbirinden bağımsız bir şekilde uçmaya yarayan kanatların evrimleşmesini mümkün kılmıştır. Yine benzer şekilde, görmeye yarayan gözler evrim tarihinde onlarca farklı defa bağımsız olarak evrimleşmiştir. Çünkü görsel verileri işlemek çok büyük bir avantajdır ve bu çevre baskısı, görsel verileri algılayabilen ve "göz" denen organların evrim tarihinde tekrar tekrar evrimleşmesini zorunlu kılmıştır. İşte 5 ayrı karasal böcek takımının sularda yaşamak amacıyla solungaçlar ve benzeri su adaptasyonları geçirmesi de bu şekilde gerçekleşen yakınsak evrimin bir örneğidir.

Belirttiğimiz gibi, şu anda hiçbir böcek türü hayatının tamamını sularda geçirmemektedir. Buna rağmen birçok böcek türünün nimfleri (yavru halleri) sularda yaşamaktadır. Bunun en güzel örnekleri yusufçuklardır. Ayrıca yakın geçmişte bazı güvelerin tırtıl hallerinin de yarı yarıya sularda yaşayabildiği

keşfedilmiştir. *"O zaman neden ergin/yetişkin olanları tatlısular yerine karada yaşamayı tercih etmektedir?"* diye sorabilirsiniz. Yanıt aslında oldukça basittir ve evrimsel ekoloji sayesinde açıklanabilmektedir. Bu böcekler eş seçimlerinde veya iki ayrı cinsiyetin birleşmesinde feromonları kullanırlar. Bu feromonları antenleriyle algılarlar. Sucul ortamda bu feromonlar yeterince uzağa yayılamadığı için, yetişkin olanların karalarda yaşaması üreme bakımından önemli avantajlar sağlamaktadır. Üreme değil de, hayatta kalma mücadelesi veren yavruların ise suda kalması oldukça mantıklıdır; zira karasal ortamın yırtıcı ve göreli olarak daha zeki avcılarından bu sayede korunabilirler.

İşte bu strateji sayesinde hayatta kalma ve üreme şanslarını arttıran böceklerden bir diğeri ise mayıs sinekleridir. İsimlerinde "sinek" kelimesi geçtiğine bakmayınız; bizim bildiğimiz karasinekler gibi Diptera takımına ait "gerçek" sineklerden tamamen ayrı bir takım olan Ephemeroptera süpertakımı içinde yer alırlar. Bu süpertakımın genel özelliği, ömürlerinin %99'unu larva ya da nimf halinde suda geçirmeleridir. Yalnızca birkaç saat ya da şanslı olan birkaç türü için 2-15 gün arası ergin halde ve karalar ile havada yaşarlar.

Uzun lafın kısası, böceklerin denizel atalardan geldiğine dair ciddi şüpheler bulunmaktadır. Şu anda belki nihai bir yargıya varmak, tavuk-yumurta örneğindekine nazaran zordur. Fakat konuya olabildiğince açık fikirli yaklaşmak ve çok yönlü bir şekilde inceleyerek bu sır perdesini aralamak gerekmektedir.

KELEBEKLERİN ÖMRÜ BİR GÜN MÜDÜR?

Mayıs sineğinden örnek verdik, dolayısıyla kelebeklere kısa bir sıçrama yaparak çok önemli bir noktayı aydınlatmamız gerekiyor. Çünkü hazır lafı açılmışken kelebeklerin ömürlerinden bahsetmemek hata olacaktır. *"Kelebeklere ve ömürlerine ne ara geçtiniz, mayıs sinekleri falan diyorduk?"* diyebilirsiniz. Ancak mayıs sineklerinin ömürlerine dair az önce verdiğimiz bilgiyi göz önüne alacak olursanız, Evrim Ağacı'nın oldukça sevilen "mit çürütme" anlarından birine tanıklık etmek üzere olduğunuzu anlayabilirsiniz. Dolayısıyla su-kara geçişiyle ilgili anlatımda yer verdiğimiz mayıs sineklerinden kelebeklerin ömrüne geçiş yapmak, sandığınızdan daha kolaydır ve bunu size bu kısmın sonunda göstereceğiz. Şimdi soruyoruz: Sahi, o güzel kelebekler sadece 1 gün mü yaşarlar?

Şunu daha başından, net olarak söyleyebiliriz: Dünya üzerinde bugüne kadar normal ömrü 1 gün olan tek bir kelebek türü bile tespit edilememiştir. Yetişkin kelebeklerin ömrü, türüne bağlı olmak üzere 1 hafta ile 1 yıl arasında değişebilir. Üstelik bu süreye yaşam döngüsündeki "yumurta", "tırtıl" ve "koza" dönemleri dahil değildir. Eğer bu dönemler de dahil edilirse, çoğu kelebeğin ömrü 1 seneyi bulabilir.

Kelebekler metamorfoz (başkalaşım) geçirirler ve ömürleri 4 ana kısımdan oluşur: yumurta, tırtıl, koza ve yetişkin (imago). Pek çok türün yumurtası an-

cak birkaç hafta sonunda çatlar. Bu süre sonunda yumurtadan çıkan tırtıl, 2-3 hafta ila aylarca sürebilen bir süre boyunca adeta bir "yemek makinesi" olarak yaşar ve durmadan beslenir. Bu süre sonunda gelişimini tamamlar ve etrafına bir koza sarar. Kelebek, 10-12 gün ila birkaç hafta arası değişebilen bir sürede kozada kalır ve sonunda yetişkin olarak kozasından çıkar. Yetişkin kelebek de 1 hafta ila 1 yıl arası yaşayabilir. Bazı kaynaklar bu ortalamayı 2 hafta civarında verse de, ömürlerini bildiğimiz bütün kelebeklerin yaşam ortalamasına bakıldığında, bu sürenin yaklaşık 1 ay civarında olduğu görülmektedir. Ancak kesinlikle 1 gün değildir.

Konuyla ilgili bir diğer sıkıntı, "kelebek" sözcüğünden kaynaklanmaktadır. Sözünü ettiğimiz gibi "kelebek", bırakın tek bir türü ifade etmeyi, taksonomik olarak bir cinsi ya da bir aileyi bile ifade etmez. Rhopalocera isimli dev bir alttakımın tümüne verilen addır. Bu aile içinde, gerçek kelebekler, süvari kelebekleri ve güve-kelebekler olmak üzere 3 süperaile altında kategorize edilen, toplamda 20 bin civarında kelebek türü yaşamaktadır. Bu canlıların ortak atası, günümüzden 50-40 milyon yıl kadar önce evrimleşmiştir. Kelebeklerin en yakın akrabası olan güveleri de işin içine katarsak, tür sayısı 180 bine, aile sayısı 126'ya, süperaile sayısı 46'ya fırlamaktadır. Güveler ve kelebeklerin oluşturduğu takıma Lepidoptera denir ve bugüne kadar sınıflandırılmış bütün türlerin %10'unu tek başına içinde barındırır. Dolayısıyla *"Kelebeklerin ömrü 1 gündür"* diyen birine sorulabilecek en isabetli soru, *"Hangi kelebek?"* olacaktır.

Bir kelebeğin ömrü, diğer birçok türde olduğu gibi boyutlara, türe, yaşam alanlarına ve yılın hangi döneminde yetişkin hale geldiğine bağlı olarak değişir. Örneğin daha küçük boyutlardaki bir kelebek, daha iri bir kelebeğe nazaran daha kısa yaşayacaktır. Kelebekler soğukkanlı hayvanlar oldukları için iklimden ciddi anlamda etkilenirler. Eğer ki bir kelebek, soğuk havanın gelmesinden hemen önce yumurtladıysa, havalar ısınana kadar yumurta gelişmeyecek ve yavru oluşmayacaktır. Ne zaman ki hava şartları düzelir, tırtıl yumurtadan çıkarak yaşamına başlar. Benzer şekilde, eğer ki yetişkin bir kelebek soğuk havalar vurduğunda güneye göç edememiş olursa, uygun bir yerde kış uykusuna yatacaktır ve hava ısınana kadar kendisini korumaya çalışacaktır. Tüm bu faktörler, kelebeklerin ömürlerini etkileyen unsurlardır. Bunlar hesaba katılırsa bir kelebek, kendisine evrimsel süreçte biçilen ömür ortalamasının çok daha üzerine de çıkabilecektir. Son bir nokta da, koruma altındaki kelebekler ile vahşi kelebekler arasındaki farktır. Koruma altındaki hayvanlar, neredeyse istisnasız olarak her zaman vahşi doğadakilerden daha uzun yaşarlar.

Şimdi gelelim mayıs sinekleri ile olan bağlantıya: Bu mitin yayılma sebebi, mayıs sineklerinin ("birgün sinekleri" de denir) kısa ömrü ile kelebeklerin ömürlerinin karıştırılmasıdır. Bu canlılar da metamorfoz geçirirler ve aynı durum geçerlidir: Yumurtada birkaç hafta bekledikten sonra, birkaç ay ila birkaç yıl arasında değişen bir süre boyunca "naiad" denen ara basamakta kalırlar. Bu basamakta canlı, ömrü boyunca kozaya girmeden farklılaşır ve sonunda yetiş-

kin hale gelir. Bu yetişkin halde kanatlara sahiptir ve bu formun ömrü 1-2 gün arasında değişir (hatta daha önce de söz ettiğimiz gibi, bazılarının sadece birkaç saat yaşadığı bilinmektedir). Ancak genel olarak, tüm basamaklarıyla birlikte bir mayıs sineğinin genel hayatı bile yıllarca sürmektedir. Dahası, mayıs sinekleri kelebek değildir!

Buraya kadar sözünü ettiğimiz böceklerin birçoğunun ortak bir noktasından halen hiç bahsetmedik; dolayısıyla bu konuya da girmek istiyoruz: kanatlar.

BÖCEK KANATLARI NEREDEN GELDİ?

Birbirinden bu kadar farklı böceğin ortak başarısındaki en önemli unsurun kanatlar olduğu su götürmez bir gerçektir. Sayısal olarak baskın olan Pterygota altsınıfı üyeleri, böceklerin kanat taşıyanlarını içermektedir.

Böcekleri, diğer kanat taşıyan hayvanlardan farklı kılan bir özellik vardır. Kuşları ve yarasaları aklınıza getirecek olursanız bu farkı siz de kolaylıkla fark edeceksinizdir. Bu omurgalı hayvanların ön üyeleri (kolları) evrimsel süreçte değişerek kanatlar haline gelmiştir. Örneğin dinozorlardan evrimleşen kuşlarda, dinozorlarda eskiden "ön üye" ("kol") olan uzuvlar kanada evrimleşmiştir. Yarasalarda da, memeli hayvanlara ait olan, bildiğimiz kol yapısı, kanada evrimleşmiştir. Böceklerde ise kanatlar tamamen ayrı ve bağımsız bir organ şeklinde evrimleşmiştir. Yani bir böceğin kanadı ile yarasanın kanadı isim olarak "kanat" olarak geçse bile esasen evrimsel kökenleri tamamen farklıdır. İşte bu şekilde sadece görev bakımından aynı olup da kökenleri farklı (veya bağımsız) olan organlar "analog organlar" diye bilinir.

Böceklerde uçmanın kökenini bulmak biraz çetrefillidir. Bunun başlıca nedeni, fosillerden bu durumun tespit edilmesinin son derece güç olmasıdır. Buna rağmen özverili çalışmalar sayesinde bu konuyla ilgili bilim insanlarının geliştirdiği birkaç önemli ve sağlam fikir bulunmaktadır. Bunlardan özellikle bir tanesi, güncel verilerle de desteklenmektedir; ancak bilgi vermek amacıyla hepsine kısaca değinelim.

Bilim insanlarınca geliştirilmiş böceklerde uçuş ve kanat evrimine dair fikirlerden ilki, paranotal lob üzerinden gitmektedir. Bu lop, günümüzdeki böceklerde bulunmayan bir yapıdır ve böceklerde göğüs kısmının uzantıları olarak da bilinir. Pek çok böcek fosilinde karşımıza çıkan paranotal lobun böceklerde denge amaçlı kullanıldığı düşünülmektedir. Bu sayede yüksek yerlerden atlayarak süzülmeye başlayan böceklerin daha sonradan gerçek uçuş yapabilecek şekilde evrimleştiği düşünülmektedir. Benzer bir hipotez, kuşlarda uçuşun evrimine ait teoriler dahilinde de bulunuyor olsa da, kuşlarda uçuş muhtemelen karalardan doğrudan havaya doğru gerçekleşmiştir. Buna karşılık yarasalarda uçuşun, arboreal (ağaçlarda yaşayan) atalardan süzülme yoluyla evrimleştiği düşünülmektedir.

Arboreal böcekler arasında paranotal loba sahip olanların daha yüksek başarıyla dengede durmayı başararak sert düşüşlere karşı hayatta kalabildikleri, bundan dolayı da paranotal hipotezi ortaya atan bilim insanları bu avantajın evrim yoluyla bir ileri basamağa doğru ilerlediğini öne sürmektedirler. Böceğin göğüs bölgesinde bulunan bu yapının daha uzun mesafeler süzülmeye yarayacak şekilde farklılaşmasıyla devam eden bu evrimsel süreç, en sonunda aktif olarak uçmaya yaramış olabilir. Fosil kayıtları bize gerçekten de bu yapının atasal böceklerde var olduğunu göstermektedir; ancak uçmanın evrimi konusunda paranotal hipotezin ne derece doğrudur, şimdilik bu kesin olarak bilinmemektedir. Sonuçta bu lob denge amacıyla kullanılan bir yapı olabilir; ama kanatların kökeni de bizzat bu yapı mıdır, bunu net bir şekilde bilmek şimdilik güçtür.

Konuyla ilgili bir başka hipotez ise, yine tatlısularda yaşayan ve karasal kökenli böcekler üzerinden geliştirilmiştir. Bu hipotez çerçevesinde, bu böceklerin karın bölgelerinde bulunan solungaç yarıklarının farklılaşması sonucu bir uçma mekanizmasının evrimleştiği ileri sürülmektedir. Bu noktada, aslında daha önceden de bahsettiğimiz, kanadı olmayan böceklerin köken bakımından karasal olduğu; buna karşılık kanatlı böceklerin daha ilkel ailelerinin gençlik dönemlerini suda geçiriyor olduğu gerçeği ilk olarak aklınıza gelmelidir. Burada aşamalı bir değişim görülmektedir. Aslen soluma amaçlı kullanılan trakelerin, havada süzülmeye sağlayacak şekilde farklılaşması söz konusudur. Daha sonraki süreçte gövdeye tutunulmasını sağlayan kasların aktif titreşimlerinin gelişmesiyle beraber uçma mekanizmasının tam anlamıyla devreye girdiğini söyleyebiliriz.

Bu fikirler arasında en güçlü olan ise kanımızca şimdi bahsedeceğimiz üçüncü hipotezdir. Çünkü burada moleküler düzeyde yapılmış deneyler tarafından kanıtlanmış bazı veriler mevcuttur. *Drosophila melanogaster* (Meyve sineği) genetik çalışmalarında kullanılan en meşhur model canlılardan birisidir (hatta muhtemelen açık ara farkla en meşhur deney hayvanıdır). Böceklerde uçuşa dair bu araştırmada da bu sinekler kullanılmıştır. Yapılan deneylerde, sinekler üzerinde gerçekleştirilen yapay mutasyonlar sonucunda kanatların yerine üç eklemli bacakların geliştirilebileceği görülmüştür. Böceklerde eskiden üç eklemli bacaklar bulunduğu net bir şekilde bilinmektedir. Bu şekilde üçlü eklemlere sahip bacaklarda meydana gelen bir mutasyon sonucu kanatlar evrimleşmiş olabilir. Kanatlar (veya kanada benzer şekilde uçuşa katkı sağlayabilecek herhangi bir ön yapı) öylesine avantajlıdır ki, bu yapılara sahip bireyler üzerindeki güçlü seçilim baskısı sonucunda bu durum kalıcı hale gelmiş olabilir. Bu konuda araştırmalar sürüyor olsa da, eldeki veriler bu hipotezi daha mantıklı kılmaktadır.

Burada biz konu hakkında ortaya atılmış hipotezleri dile getirmek istedik. İlk iki hipotez için şu anda sadece fosillerden yola çıkılarak belli çıkarımlar söz konusudur, sonuncuda ise moleküler düzeyde yapılan deneylerle fikrin doğru olabileceği gösterilmiştir. Bilimin kendini geliştiren bir süreç olduğu unu-

tulmamalıdır. Zaten bilimi "bilim" yapan da bu kendini düzelterek ilerleyen birikim süreci ile merak duygusunun güvenli, tekrar edilebilir, test edilebilir bir metodolojiyle giderilmesi çabasıdır. İtinayla yapılan deneyler ve gözlemler sayesinde böceklerin evrimi hakkında bildiklerimiz gelecekte elbette ki değişebilecektir.

BAŞKALAŞAN BÖCEKLER

Başkalaşım (ya da "metamorfoz"), Hayvanlar Alemi dahilindeki en ilginç özelliklerden birisidir. Her canlı büyür ve yaşlanır; ancak hepimizin bildiği gibi bu gelişim sırasında fiziksel görünümümüz "o kadar da" değişmez. Daha ziyade, ömrümüzün ilk yarısında hacimce genişleriz (ve tabii ki gelişime bağlı bazı karakterlerimiz belli sınırlar çerçevesinde değişir); ikinci yarısında ise kısmen büzüşürüz. Bu kendi başına ilginç olsa da, bir böceğin ömrü boyunca birbirinden tamamen farklı 2-3 fiziksel görünüme bürünmesi nefes kesici ve bir o kadar da kafa karıştırıcıdır. Nasıl olur da canlılar ömürlerinin farklı evrelerinde adeta başka birer türmüşçesine farklı görünürler (bir tırtıl ile bir kelebeği düşünün)? Böceklerin bu ilginç özelliği evrimi öylesine güzel örneklendirmektedir ki, bu konuda biraz bilgi vermenin faydalı olacağı kanısındayız.

Başkalaşım, böceklerin evriminin ilerleyen dönemlerinde yaşanmıştır; çünkü ilkin böceklerde başkalaşım mekanizmasına rastlanmaz (bunlar ametabol böcekler denir). Yumurtadan çıktıklarında, tıpkı diğer hayvanlar gibi erginlerinin minyatür bir haline benzeyen ametabol böceklerin sadece genital (üreme) yapıları gelişmemiştir. Daha önceden sözünü ettiğimiz ilkin böcek formlarından olan gümüşçünler ametabol böceklerdir. Peki başkalaşım geçirmeyen böceklerden nasıl olur da başkalaşım geçiren böcekler evrimleşmiştir? Bunun bir "ara basamağı" olabilir mi?

Elbette olabilir ve vardır da! Bizim aslen yakından tanıdığımız böceklerin büyük bir çoğunluğu ametabol değildir ve metamorfoz geçirirler. İşte metamorfoz geçiren bu böceklere holometabol böcekler denir. Peki bunlar arasındaki geçiş basamağı nedir? Yarı-metamorfik böcekler olarak da düşünebileceğiniz hemimetabol böcekler!

Hemimetabol böcekler arasında hamamböcekleri, çekirgeler, yusufçuklar ve kınkanatlı böcekler bulunur. Buna karşılık, tam metamorfoz geçiren holometabol böceklerin en meşhur örnekleri kelebeklerdir. Bir örüntü fark ettiniz mi? Birkaç sayfa geriye gidin ve böceklerin evriminden bahsettiğimiz satırlarda verdiğimiz sıralamaya bir bakın. Metamorfoz geçirmeyen gümüşçünler en ilkin böceklere örnekken, kelebekler ve güveler en son evrimleşen canlılar arasında yer almaktadır. Hemimetabol olan geçiş grubunudaki böcekler ise bu iki uç arasındadır! Yani metamorfozun evrimi, böceklerin evrimsel değişim sürecini birebir takip etmektedir! Dahası, hemimetabolden holometabol böceklere geçi-

şe dair bulgular da bulunmaktadır. Örneğin yapılan bazı araştırmalar, hemimetabol böceklerin metamorfozu sırasında oluşan ara basamakların, holometabol böceklerin yavru formlarıyla eş özelliklere sahip olabileceğini göstermektedir. Bir diğer deyişle metamorfozun gelişimsel sürecinin farklı basamakları, metamorfozun kendisinin evriminin ara basamakları olabilir!

Tahmin edebileceğiniz gibi metamorfozun farklı basamaklarındaki canlıların son derece farklı gözüküyor olması, taksonomları ve entomologları uzun bir süre şaşırtmış ve kafalarını karıştırmıştır. Örneğin eski zamanlarda birçok böceğin larvası ve ergini böcek meraklısı aristokratlar tarafından ayrı türler olarak tanımlanmaktaydı. Tam metamorfoz geçiren böceklerde yumurtadan çıkan böceğin gençlik dönemine nimf adı verilir ve böcek her deri değiştirmede biraz daha vücudunu büyütür. Ergin evreye geldiğinde ise hem eşeysel olgunluğa ulaşmıştır hem de artık kanatlarını kullanabilecek kadar gelişmiştir. İki evre arasındaki geçişte bir pupa evresi söz konusudur. Bu konuda en bilinen örnek ipek böceklerini pupalarıdır.

Başkalaşımın neden evrimleştiğini anlamak için şöyle düşünebilirsiniz: Evrim esasen, bir canlıya hayatta kalmada ve neslini devam ettirmede ona avantaj sağlayan bir özelliğin ön plana çıkmasıyla meydana gelen bir süreçtir. Bu sayede de avantaj sağlayan özelliğe sahip olan bireyler doğal seçilim mekanizmasından geçebileceklerdir ve bu özelliklerini kendi yavrularına aktarabileceklerdir. Bu durumda, bir tırtıl ile bir kelebeği düşünün. Bu canlılar neler yapmaktadır? İlki ağaçların üzerinde yaprakları kemire kemire yol alırken, diğeri çiçekler ve ağaçlar arasında uçuşmaktadır. Burada iki farklı yönden özellikle farklılık göze çarpacaktır. Hem beslenme çeşitleri, hem de yaşam ortamları larva ve erginin farklıdır. Bu özellik, diğer canlıların çoğu zaman başaramadığı şekilde yavru bireylerin büyüklerinden ekolojik olarak ayrılmasına ve rekabetin engellenmesine olanak sağlayacaktır. Metamorfoz geçiren böceklerin evrimsel başarısı da buradan kaynaklanmaktaıdr.

Fakat böceklerin bu kadar başarılı olup da, bugüne kadar tanımladığımız tüm hayvan türlerinin yaklaşık %75'ini oluşturmalarını mümkün kılan başarı sadece başkalaşım geçirmeleri değildir. Onları çok özel kılan bir başka özellik, son derece karmaşık olan sosyal yaşantılarıdır. Biraz bahsetmiştik; ancak şimdi buna biraz daha detaylı bakalım.

BÖCEKLERDE SOSYAL YAPININ EVRİMİ

Bölümün bu noktasına kadar genel olarak biyolojik yönden böceklerin evrim süreçlerine göz attık. Etoloji ile ilgili bölümümüzde izah ettiğimiz üzere, biyolojik evrim bazı türlerde kültürel evrimi de doğurmuştur. İşte böcekler, bunlar arasında belki de insanlara bile taş çıkartabilecek kadar ileri gidebilmiş bir gruptur.

Sosyal böcekler deyince akla gelen ilk böcekler karıncalar, termitler ve arılardır. Karıncalar ve arılar Hymenoptera (Zarkanatlılar) takımı altında yer alırlar. Karıncalar ile termitlerin bu kadar benzer canlılar olmaları bakımından ortak bir kökeni paylaştıklarını düşünebilirsiniz; ancak fiziksel görünüm benzerliğinin evrimsel olarak yakın akrabalığı garantilemediğinden bahsetmiştik. Gerçekten de, termitler ile karıncalar o kadar da yakın akraba değillerdir; hamamböcekleri ile yakın akrabadırlar. Buna rağmen termitler, karıncalara sadece fiziksel olarak benzemekle kalmaz; aynı zamanda en az onlar kadar karmaşık ve gelişmiş bir sosyal yapıyı da paylaşırlar. Bu durumda böceklerde sosyal yapının evriminin de tek bir ortak atadan köken almadığını düşünmek gerekmektedir.

Evrimde bir avantajın ön planda olması gerektiğinden bahsetmiştik. İşleyiş bu şekilde oluyorsa burada da öncelikle faydaların ne olduğunu belirlemek gerekli. Karmaşık bir sosyal yapıya sahip olmak, bir böcek olan karıncalara ne gibi katkılar sağlayacaktır? Tüm sosyal böceklerde bir kast sistemi olduğu bilinmektedir. Yani her sınıfın kendisine ait bir sorumluluğu ve görevi vardır. Bu da böceklerin bazı sorumluluklarını başkalarına bırakmaları anlamına gelir. Yani bir kısım böcek beslenmeyle ilgilenirken, bir kısmı üremeyle ilgilenir. Bir kısmı sürüyü savunurken, bir kısmı temizliği sağlar. Ne kadar da insansı, değil mi? Bu işbölümü, böceklere müthiş bir avantaj sağlamaktadır.

Canlılar iki şeyi amaçlar: İlk olarak hayatta kalmak, daha sonra da neslini sürdürmek. Doğal olarak kast sistemi onlara fazlasıyla avantaj sağlayacaktır. Çünkü diğer böcekler bir işle ilgilenirken diğer yapmaları gereken işlere zaman bulamayacaklardır (buna "(kaçırılmış) fırsat maliyeti" denir). Karıncalar ise işbölümü sayesinde birden fazla işi yerine getirebilmektedirler. Dahası, sosyal böceklerin inşa ettikleri yuvalar diğer böceklerinkine daha güvenlidir ve düşmanlara karşı savunulması da daha kolaydır. Herkesin kendisine ait farklı bir alanda sorumluluğu olduğu için, tek bir birey tüm yuvayı yapmak kadar büyük ve zahmetli bir işin altına girmeyecektir (örneğin kuşlarda bu sorun sıklıkla görülmektedir). Bu da, işbölümü sayesinde sayısız işçinin bu yükü bölüşerek daha dayanıklı yuvaların inşa edilebilmesini sağlamaktadır. Üstelik sosyal böceklerde anlık ihtiyaçlara göre de yuvadaki bireylerin rolleri değiştirebilmektedir. Sosyal böcekler, bu sayede yuva içi kontrolü de kendi kendilerine sağlayabilmektedir.

Sosyal yapının evrimleşebilmesinin arkasında yatan en önemli iki unsur karşılıklı olarak rekabetten cayma ve mutualizmin önemidir. Sosyal bir bütün halinde yaşayan karıncalar arasında bireysel rekabet bulunmamaktadır (ya da diğer türlere göre çok daha az bulunmaktadır). Bunu mümkün kılan ise mutualizmdir; yani iki tarafın da fayda sağladığı yaşayış biçimi... Bir diğer deyişle "kaşı sırtımı, kaşıyayım sırtını" yaklaşımı, evrimsel süreçte oldukça başarılı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Birbiriyle rekabet etmek yerine, etraflarındaki avcı ve parazitlere karşı hep birlikte savunma yapan grupların hayatta

kalma şansı çok daha yüksek olacaktır. Bu şekilde davranmaya meyilli bireylerin seçilimi, kademeli olarak sosyal bir grubun ortaya çıkmasıyla sonuçlanabilecektir. Dahası, grup içinde bir arada yaşayan bireyler arasında belli bir akrabalık ve "bütünlük" ilişkisi oluşacağından, rastgele bireylere nazaran birbirlerine çok daha uyumlu sosyal bir çevre meydana gelecektir.

Burada bilinmesi gereken bir başka nokta, sosyal böceklerdeki toplum yapısının, insanlardakine benzer olmasıdır. Örneğin karıncaların sosyal düzeninde son derece katı kurallar bulunur ve herkesin rolü son derece net bir şekilde belirlenmiştir. İşçiler üreme yeteneklerine sahip değildir ve bu, koloni adına büyük bir fedakârlıktır. Kraliçe, kimyasal mekanizmalar aracılığıyla bu "fedakârlığı" kontrol altında tutar ve sürdürür. Buna rağmen, bazen kraliçenin etkisinin çeşitli sebeplerle azalabildiği bilinmektedir ve bu gibi zamanlarda bazı işçiler "devlete" karşı gelip kendi yumurtalarını bırakabilmektedirler. Ama kraliçenin "kolluk kuvvetleri" olarak bilinen, ona tamamen sadık olan başka bir işçi grup bu yumurtaları tespit edip derhal yok ederler (genellikle bu yumurtaları yemek suretiyle). Kraliçe kendi yumurtalarına kimyasal bir koku salgıladığı için işçilerin bıraktığı yumurtaların fark edilmesi kaçınılmaz olacaktır ve yok edilecektirler. Tabii ki kraliçe, koloni üzerindeki denetimini tamamen yitirmediyse... Bu durumda kraliçe devrilir ve sürü, kendi içinden yeni bir kraliçe seçer.

Termitleri, karınca ve arılardan farklı kılan esas nokta da burada yatmaktadır. Termitlerde cinsiyet, diğer birçok canlıda olduğu ve bizim de aşina olduğumuz gibi, standart bir şekilde kromozomlarla belirlenmektedir. Buna karşılık örneğin arılarda yavruların cinsiyetini kraliçe arı belirler. Bu da, sosyal yaşamın ortak bir kökenden gelmediğini, tıpkı böceklerin suda yaşama adaptasyonunda olduğu gibi bağımsız bir şekilde birden fazla defa evrimleştiğini göstermektedir. Bu oldukça anlaşılırdır; zira bildiğimiz en yüksek sosyal becerilere sahip hayvan olan insanların, karınca, arı veya termitlerle pek de yakın bir akrabalığı yoktur. Bu canlılarla olan son ortak atamız son derece ilkel omurgasız hayvanlardır ve bu canlılarda sosyal yaşantıdan bahsetmek mümkün değildir.

Buna rağmen, böceklerde sosyal yaşantının evriminde bile ara geçiş basamaklarına rastlamak mümkündür. Örneğin termitlere kısmen daha yakın olan akraba türlerde, sosyal yaşantının evrimsel öncülü olarak görülebilecek bazı sosyal davranışlar gözlemlenmektedir. Özellikle yakın zamanda aynı takım altında birleştirildikleri hamam böcekleri bunun güzel örnekleridir. Hatırlayacak olursanız hamamböceklerinin kendilerine has kişilik yapıları ve sosyal gruplara olan sadakatleri, onları diğer birçok böcekten ayırmaktadır. Lakin hamamböcekleri teknik olarak sosyal bir düzene sahip değillerdir; sadece geçici olarak sürüleşebilirler. Bu da, sosyal olmayan böcekler ile sosyal böcekler arasında tam da bulmayı beklediğimiz bir geçiş davranışıdır.

Şimdi termitlerle karıncaları bir kenara bırakalım ve daha da üst düzey davranışların görüldüğü arılara biraz daha yakından odaklanalım.

ARILARIN DANSI: EVRİM, ENTOMOLOJİ VE ETOLOJİ

Eğer ki bilimin interdisipliner doğasını tanımak istiyorsanız, bakmanız gereken canlıların başında arılar ve baş döndürücü dansları gelmektedir. Buldukları nektarın kovandan uzaklığını ve açısını kovan arkadaşlarına anlatmak için kullandıkları "popo sallama dansı"nı inceleyen bilim insanları, evrime, entomolojiye ve hayvan davranışları bilimine dair eşsiz bulgulara ulaşmışlardır. Kitabımızın bu bölümünde bu danslara yer vermemiz kaçınılmaz olmaktadır.

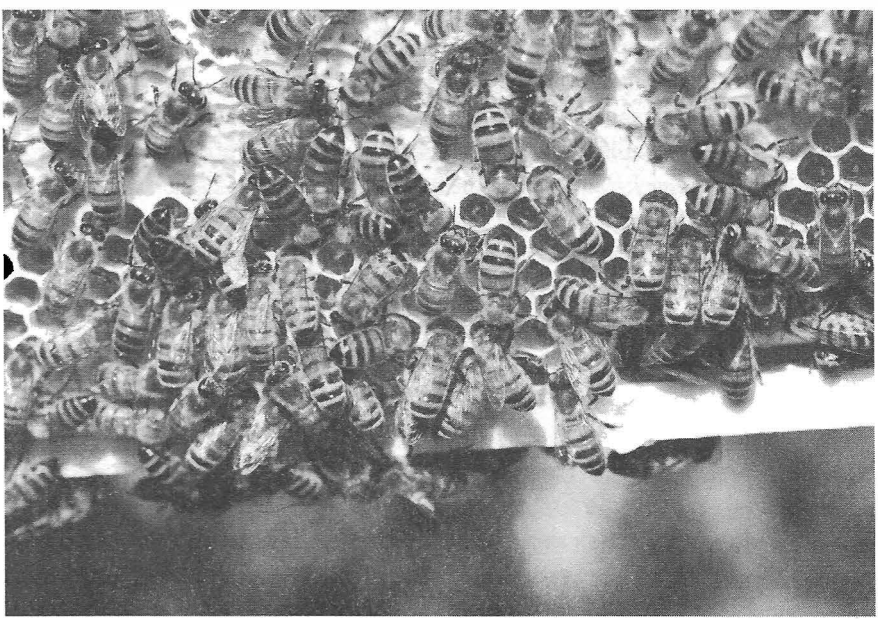
Avusturyalı hayvan davranış bilimcisi (etolog) Karl Ritter von Frisch, 1927 yılında *"Aus dem Leben der Bienen"* (*Dans Eden Arılar*) adlı kitabını yayınladığında çağdaşları tarafından kuşku ile karşılanmıştı. Oysa kendisi, tam anlamıyla çağının ötesinde bilimsel çalışmalar yürüten bir bilim insanıydı ve arılarda koku duyusu, görsel algı, yön bulma, polarize ışık ile konumlandırma, güneş takibi, iç saat, manyetik alanın petek örümüne etkisi ve düşey (ya da yerçekimi) algısı üzerine muhteşem çalışmalar yapmıştı. İlkin biraz anlaşılamamış olsa da, tekrarlanan deneylerle haklılığı pekişen von Frisch, büyük buluşundan 46 yıl sonra, 1973'te Fizyoloji alanında Nobel ödülüne layık görülmüştür. Peki Nobel alacak kadar önemli bulunan bu arı dansı neyin nesidir?

Bal arıları, birlikte çalışan ve birbirleriyle sürekli iletişim kuran koloniler halinde varlıklarını sürdüren canlılardır. Koloniler içinde iş bölümü vardır ve yaşa bağlı olarak işçi arılar önce kovan içindeki görevlerde çalışırken, daha sonra "tarlacı" dediğimiz ünvanı alırlar ve kovana su, nektar, polen gibi kaynakları getirirler.

Şimdi, kendinizi bir tarlacı arının yerine koyun. Sabah gün doğumunda kovanın önüne çıkıyorsunuz ve günün en güzel çiçeklerinin tatlı nektarını bulup bir an önce yuvaya getirmek niyetindesiniz. İyi de bu harika çiçekler tam olarak nerede? Eğer hiçbir fikriniz yoksa, gelişigüzel bir şekilde uçup şöyle albenili bir öbek çiçek görmeyi ya da nektarın baş döndüren kokusunu almayı ummaktan başka yapabileceğiniz pek bir şey yoktur. Minicik bir arının geniş alanlarda çiçek aramasının da ne kadar zaman alan ve zahmetli bir iş olduğunu takdir edersiniz. Peki kovandaki kızkardeşlerinizden birisi size en güzel çiçeklerin nerede olduğunu söylemiş olsa, işiniz çok daha kolay olmaz mıydı? İşte arılar tam da bunu yapmaktadır. Önceden iyi bir kaynak keşfetmiş olan tarlacı arılar, kovana geri döndüklerinde kardeşlerinin yanına koşup onlara müjdeli haberi verirler. Bunun için de insan dili haricinde bildiğimiz tek temsili dil olan arı dansını kullanırlar.

Arı dansı temelde iki çeşide ayrılır. Birincisi, çok yakında olan ve pek de tarif gerektirmeyen kaynakları anlatmak için kullanılan çember dansıdır (İng: round dance). Kovandan 50 – 100 metre uzakta bulunan bir kaynak keşfeden tarlacı arı saat yönünde ve aksi yönde hızlı hareketlerle çemberler çizerek diğer arılara çok yakında bir kaynak olduğunu işaret eder. Bu iletişim biçiminde uzaklık hakkında bilgi verilmesine karşın, yön ve konum açık değildir. Yuvar-

lak dansı insan yön tarifleri ile karşılaştıracak olursak, *"Bizim sokakta muhteşem bir tantunici açıldı, parmaklarını yersin"* demeye benzer. Sonuçta tarifi alan aç arkadaşınız sokakta aşağı yukarı biraz yürümek zorunda kalsa da, çok geçmeden aranan tantuniciyi bulacak ve karnını doyuracaktır. Arılar bu durumu biraz da olsa kolaylaştırmak için gelişmiş koku alma duyularından da yararlanırlar. Yuvarlak dansı yapan arının üzerine sinmiş olan çiçek kokusunu dikkatle inceleyen diğer arılar, dışarı çıktıklarında bu kokuyu esas alarak yönlerini daha da çabuk bulabilirler. Bizim benzetmemizde, arkadaşınızın size gittiği yerin bir tantunici olduğunu söylemediğini, ama çok övdüğünü; sizin de arkadaşınızın nefesini koklayıp tantuniciye gittiğini anlayarak, aramalarınızda buna odaklandığınızı hayal edin... Ya da vazgeçtik, etmeyin; pek de hoş bir fikir değilmiş insana uyarlanınca...



Görsel 7-4: Arılar, omurgasız bir hayvan olmalarına rağmen aşırı karmaşık bir sosyal yaşantıya sahiplerdir ve gösterdikleri "demokrasi" anlayışı insanlara taş çıkaracak düzeydedir. Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Arı danslarının ikinci çeşidi ise çok daha karmaşıktır. Daha uzaktaki kaynaklara dair bilgi vermeyi amaçlayan bu dansa *sallantı dansı* (İng: waggle dance) denir. Kovan içinde düşey olarak asılı petekler üzerinde yerini alan "bilgili" arı, önce vücudunun arka kısmını sağa sola sallayarak (köpeklerin çok heyecanlandıklarında yaptıkları gibi) düz bir çizgi üzerinde hızla koşar. Ardından sağa ya da sola keskin bir dönüş yapıp, vücudunu sallamayı bırakarak yarım çember şeklinde bir eğriyi takip ederek dansına başladığı noktaya döner. Başlangıç noktasına ulaştığında aynı düz çizgiyi (ve aynı doğrultuda) takip ederek sallantı

dansını tekrarlar; bu defa ilk seferkinin aksi yöne dönerek diğer yarım çemberi de çizer ve başlangıç noktasına döner. "Bilgili" arı bu dansı defalarca tekrarlayarak etrafındaki kız kardeşlerinin de onun bilgisini edinmesini sağlar.

Peki bu dansın neresi, nasıl bilgiler taşır? Dansın bilgi taşıyan kısmı, arının poposunu sallayarak üzerinden geçtiği hayali düz çizgidir. Burada iki çeşit bilgi aktarılır: yön ve uzaklık. Az önce belirttiğimiz üzere, kovandaki petekler yerçekimi esas alınarak düşey doğrultuda konumlandırılmıştır. Arılar bu yerçekimsel doğrultuyu, Güneş'i temsil etmek amacıyla kullanırlar (bu da arı dilini temsili bir dil yapmaktadır). Eğer bir tarlacı arı, yerçekimine tam ters yönde (yani yukarı doğru) dans ederse; bunun anlamı kaynağa gitmek için Güneş'e doğru (tabi ki Güneş'in kendisine değil de o anda gökteki konumuna dayalı olarak kuzeye, güneye, doğuya vb.) uçmak gerektiğidir. Dolayısıyla dansın yukarı yönden ne yönde ne kadar saptığına göre uçulacak doğrultu da belirlenmiş olur. Örneğin, sallantı dansının yapıldığı çizgi sağa doğru 20° eğikse, kovandan çıkılıp Güneş karşıya alındıktan sonra, saat yönünde 20° dönüp dosdoğru uçmak gerekir demektir. Elbette arılar oturup hesap kitap yaparak bu açıyı ayarlamamaktadırlar. Biz dansı inceledikten sonra bunu açısal olarak, matematiğimizi kullanarak ifade etmekteyiz. Arıların yaptığı, dans eden tarlacı arının düşeye göre ne kadar döndüğüne bakarak, güneşten o kadar dönmektir. Bu açı her zaman %100 isabetle olmaz; ancak yine de çoğu zaman oldukça isabetlidir. Sonuçta arılar kör cahil ve pasif bir şekilde uçmazlar; kendi duyularını da kullanarak hedefe daha verimli ve aktif şekilde ulaşırlar. Uzaklık bilgisi ise dansın doğrusal kısmının (sallantının gerçekleştiği kısmın) ne kadar sürdüğü ile ilişkilidir. Kabaca 1 saniyelik sallantı, 1000 metre uzaklıktaki bir kaynağa işaret eder. Dolayısıyla arı poposunu ne kadar sallıyorsa, besin kaynağı o kadar uzakta (veya yakında olsa bile ona ulaşmak yağmur ve rüzgâr gibi çevre şartları dolayısıyla o kadar zor) demektir.

Muhteşem değil mi? Arılar bu temsili dil aracılığıyla, kaynağın ne yönde ve ne uzaklıkta olduğunu kızkardeşlerine neredeyse "nokta atışı" kesinliği ile bildirmiş olurlar. Ek olarak da, tıpkı çember dansında olduğu gibi, "bilgili" arının üzerine sinen kokular sayesinde, yol tarifi alan arılar ne çeşit bir kaynak ile karşılaşacaklarını da kestirebilirler.

İşte bundan yaklaşık 90 yıl önce, dünya savaşları ortalığı dümdüz ederken ve elinde pek az teknoloji ve kaynak bulunmasına rağmen von Frisch, arıların "dilini" çözerek tarihe adını yazdırmış ve Nobel ödülünü de kazanmıştır. Arıların büyüleyici dünyasına göz atarken kendisini de saygıyla anmayı görev biliriz.

Bal arıları, kendilerine has bu dili genellikle bir kaynağın – çiçekler ya da sizin altı şekerli çayınız – konumunu kovandaki kardeşlerine anlatmak ve onları da bu kaynaktan yararlanmak için devşirmek için kullanırlar. Ancak arı dilinin çok daha nadir kullanılan bir diğer amacı daha vardır ve şimdi bundan birazcık bahsetmek istiyoruz. Çünkü bu örnek, entomolojiden yola çıkarak evrimle ilgili ilginç bulgular edinmeye harika bir örnek teşkil etmektedir. Arı dansının daha seyrek bilinen kullanımı, evrimsel süreçte geliştirilmiş bir özelliğin (ya da davranışın) asıl amacından tamamen farklı amaçlar için de kullanılmasına

ve evrimin ekonomik boyutuna çok güzel bir örnek oluşturmaktadır. Ancak bunu anlamak için önce gelin, bal arısı kolonilerinin yaşamındaki "çok özel bir olayla" ilgili konuşalım: *oğul verme* (erkek çocuğu anlamındaki "oğul" değil; kendine özgü bir kelime bu – az sonra izah edeceğiz).

İnsan hayatında doğum ne kadar "mucizevi" ve türün devamlılığı için önemliyse, bal arıları için de oğul verme böyledir. Bal arıları tek bir ana arı içeren on binlerce işçi arıdan oluşan topluluklar halinde yaşarlar ve bu topluluklara koloni denir. Doğal ve dengede bir bal arısı kolonisinde işçi arıların hepsi birbiri ile kardeştir ve ana arının kızlarıdır (mevsimsel olarak erkek arılar da üretilir, fakat kovandaki iş gücüne katkı sunmazlar; yalnızca başka kolonilerin ana arıları ile çiftleşerek eşeyli üremede görev alırlar). Koloni, yaz mevsimindeki bolluktan yararlanıp aşırı büyüdüğünde ana arının varlığının kanıtı olan ana arı feromonu artık bazı bireylere ulaşamamaya, miktar bakımından yetersiz kalmaya başlar. Bunu takiben işçi arılar, peteklerde bulunan (ve ananın yumurtlamış olduğu) yavrulardan bazılarını yüksek besin değerine sahip bir karışım olan arı sütü ile beslemeye başlarlar. Arı sütü alan yavrular daha çabuk gelişir ve daha büyük bir bedene sahip olurlar. Bunlar, yeni "ana" adaylarıdır. Yeni ana adaylarından gelişimini ilk tamamlayan (ve kendisini çevreleyen balmumu kozadan ilk çıkan) kovanda gezip hâlâ balmumu ile çevrili diğer ana adaylarını iğnesiyle sokarak öldürür (tarihimizdeki çeşitli örneklerden tanıdık geldi mi?). Ana arının iğnesi kancalı olmadığından bu sokma gezisi için kendisi bir bedel ödemez. Bütün bunlar olup biterken işçi arılar eski anayı bir tür diyete sokarlar ve o esnada uçamayacak kadar ağır olan anayı rahatlıkla uzun mesafeleri geçebilecek kadar "zayıflatırlar".

Eski ana, yeni ana tarafından imha edilme sırası kendine gelmeden önce, tebasının bir kısmını (işçi arıların yaklaşık üçte ikisini) da yanına alıp kovanı terk eder. Binlerce işçi ve bir ana arıdan oluşan bu öbeğe "oğul", bu kovanı terk etme eylemine de "oğul vermek" denir. Oğulun ilk yapacağı, çok da uzakta olmayan bir yerdeki bir ağaç dalına konmaktır. Tabi insan etkisiyle doğal bitki örtüsünün kaybolduğu alanlarda oğul bulabildiği herhangi bir nesnenin üstüne konacaktır: bisikletiniz, arabanız, evinizin balkonu gibi... Oğul, kovandan ayrılırken işçi arılar karınlarına doldurabildikleri kadar bal doldururlar. Bu besin, oğulu 2-3 gün kadar yaşatmaya yetecektir. Eğer bu sürede oğul temelli yerleşecek bir yer bulamazsa, ne yazık ki sonları ölüm olacaktır. Bu da doğal seçilimin fıtratında vardır: Oğul verme sürecini besin bitmeden tamamlayabilecek olan arılar, bunu yapamayacaklara göre daha başarılı olacak ve genleri geleceğe miras kalabilecektir.

Peki bir ağaç dalında toplanmış binlerce arı, kendilerine yeni bir yuvayı nasıl bulabilir? Biz olsak herhalde şöyle (Nuri Bilge Ceylan filmlerindeki insanlar gibi) ufka doğru bakıp gözümüze bir kovuk kestirebilir ya da göğe bir ok atıp düştüğü yeri yeni vatanımız ilan edebilirdik. Ne yazık ki bal arılarının böyle seçenekleri yoktur. Bal arılarının, bir kovuğun uygunluğunu belirleyebilmesi için önce kovuğun içine girip dört bir yanını içerden teftiş etmeleri gerekir. Bu nok-

tada *"Evrim, ne yaptın! Zavallı evsiz barksız arıları oradan oraya koşturup ev aramaya göndermeye utanmıyor musun? Binlerce arıyı köşe bucak gezdirmenin ne âlemi vardı!"* diyebilirsiniz. Eğer siz de evsiz bal arılarının yeni yuvalarını ararken kullandıkları yöntemin henüz keşfedilmemiş olduğu zamanlarda doğmuş olsaydınız, bu serzenişinizde haklı olurdunuz. Fakat Karl von Frish'in öğrencisi olan Martin Lindauer, hocasının izinden giderek, arı dilinin ev aramada da kullanıldığını bulmuştur. Şimdi gelin biraz da bu keşifin tarihine bakalım, zira tarihî bağlam içinde bilim daha da bir şahanedir.

1949 yılının Mayıs ayında Münih Üniversitesi'nde bir biyolog olan Lindauer, Münih Zooloji Müzesi'nin bahçesindeki bir çalıya konmuş bir oğul ile karşılaşır. Biraz yakından baktığında (biz entomologlar, özellikle de arı bilimciler arılara yakından bakmayı çok severiz – bazen yüzümüz gözümüz sokulup sonradan pişman olsak da, alışmışızdır bir kere) oğulun dış yüzeyinde sallantı dansı yapan bir grup arı dikkatini çeker. Okurlarımızın artık bildiği üzere sallantı dansını yapan arılar, buldukları bir besin kaynağının yerini kovandaki kardeşlerine anlatmaya çalışmaktadır. Fakat Lindauer'in gözüne kestirdiği bu oğulda dans eden arıların hiçbiri çiçek tozu taşımamaktaydı (çiçeklerden dönen arıların bacaklarındaki özel keselerde sıklıkla kolayca görülür bir çiçek tozu topu bulunur)! Dahası, dans eden arıların çoğu siyah bir is ya da kiremit kırmızısı bir tozla kaplıydı. Bu oğulu izledikçe Lindauer'in aklına bir fikir geldi: Belki de bu arılar o dönem hâlâ yıkıntılar içinde olan (İkinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'daki önemli şehirler neredeyse taş üstünde taş kalmayana kadar bombalanmıştı) Münih'te kullanılmayan bacalar ve yıkık kiremit duvarlar arasında olası yeni yuva yerleri bulmuş kâşif arılardı.

Bu gözleminden yola çıkarak Lindauer altı yıl boyunca çalışıp gerçekten de oğulun üzerinde dans eden pasaklı dansçıların ev aramaya gitmiş kâşif arılar olduklarını ve "uygun" bir ev bulduklarında bunu, oğuldaki diğer işçi arılara anlatmak için dans dilini kullandıklarını gösterdi. Tıpkı besin kaynaklarının yeri için yapılan danstaki gibi yerçekimini güneşin tersi yön için bir simge olarak kullanarak dans eden arılar, oğuldaki kardeşlerine buldukları yeni yuvanın reklamını yapıp, onları da kendileri ile bu yuvayı teftişe çağırıyorlardı!

Tabii ki aynı anda her yöne gidip bilgi toplayan bu kâşif arılar bazen anlaşmazlığa düşüyorlardı. Kimin bulduğu yuva diğerine göre üstündü? Hangi yuvaya gidileceğine dair son kararı vermek için her bir arının, her bir aday konumu tek tek incelemesi mi gerekliydi? Bu soruların yanıtını, dünyanın yaşayan arı davranışı araştırmacıları arasında en etkili ve ünlülerinden biri olan Thomas Seeley'nin 1970'lerde yaptığı bir dizi muhteşem deney ve gözleme kadar kimse tam olarak bilmiyordu.

Bu noktada, Lindauer'in pasaklı dansçıları üzerinden bir kez daha evrimin verimliliğine vurgu yapmayı uygun görüyoruz. Evrimsel süreçte geliştirilen özellikler, uzuvlar, süreçler ya da davranışlar çok değerlidir ve her birinin üretimi ve sürdürülmesinin canlı açısından büyük maliyeti vardır. Bu bakımdan,

bir taşla iki kuş (ya da çok daha fazla kuş) vurma şansı belirdiğinde, türlerin bu şansı elinin tersiyle itmesi seçilimde geriye düşmeleri anlamına gelir. Arı dansının, hiçbir temel ilke ve yönteminde değişiklik yapılmaksızın hem besin hem de yuva ile ilgili bilgilerin işçi arılar arasında paylaşılmasında kullanımı da bu bakımdan beklendik bir durum olmakla beraber yine de evrimsel süreçte geliştirilmiş muhteşem çözümlere ve evrimde sıklıkla karşılaştığımız *"bir sistem güzel çalışıyorsa, yenisini üretmektense çalışanı tekrar tekrar, yeni amaçlar için kullan"* ilkesine iyi bir örnektir.

Daha önce de anlattığımız üzere, halihazırda kurulu kovanı terk eden oğul, bir cismin üzerinde geçici olarak konaklarken bir an önce yeni evlerini bulmak ve yerleşmek durumundadır, zira bal arıları kovuklarda yaşar ve açıkta çok uzun süre hayatta kalamazlar. Lindauer'in uzun soluklu gözlemlerle ortaya çıkardığı üzere kâşif arılar yakınlarda uygun bir kovuk bulup oğula geri döndüklerinde dans stilini kullanarak bunu, oğuldaki diğer işçi arılara anlatmaktadır. Oğuldaki kardeşlerine buldukları yeni yuvanın reklamını yapıp onları da kendileri ile bu yuvayı teftişe çağıran bu arılardan bazen yüzlercesi aynı anda ve onlarca farklı konumu işaret edecek biçimde dans etmektedir.

Bu noktada durumu olduğundan da ilginç kılan işte bu birbiriyle çelişen bilgilerin binlerce arıdan oluşan bir oğul tarafından işlenip sonunda (2-3 gün kadar bir sürede) ortak bir karara varılıyor olmasıdır. İnsanlar, tüm o "üstün" zekâlarına rağmen karşılaştıkları eften püften sorunları bile sıklıkla yumruk yumruğa ve namlu namluya gelmeden çözemezken; arılar gibi insanların gözünde "düşük seviyeli" olan böcekler, kimi zaman ölüm-kalım meselesi olacak kadar riskli anlaşmazlıkları nasıl "bir damla kan dökmeden" çözmektedirler? Thomas Seeley'nin 1970'lerde yaptığı bir dizi akıllıca tasarlanmış deney ve gözlem, bu sorunun yanıtı olmuştur. Seeley, bu süreci *Honey Bee Democracy (Bal Arısı Demokrasisi)* adlı kitabında son derece zevkle okunabilecek bir biçimde açıklamaktadır. Biz de burada son derece özet bir biçimde onun bulduklarının üzerinden geçelim.

Oğulun geçici konaklaması sırasında yakın çevrede yuva adayları bulan yüzlerce kâşif arı, oğula döndüklerinde keşiflerini anlatıp diğer kâşif arıları da kendi buldukları yuva adaylarını yoklamaya davet ederler. Bu durumda elinde iyi bir yuva adayı olmayan arılar karşılaştıkları bilgili kâşiflerin işaret ettikleri yuvaları kolaçan etmeye giderler. Davet edildikleri yuva adaylarını beğenmeleri halinde, bu kâşifler de kendilerini davet etmiş olan kâşif ile aynı yeri işaret edecek şekilde dans etmeye başlar. Bu durumda iyi yuva adaylarının hızla destekçi toplarken kötü yuva adayları için dans eden arıların kendilerine taraftar bulması pek zordur. Buraya kadar olanlar pek de şaşırtıcı sayılmaz. Daha da ilginç olan ve belki de Seeley'nin büyük keşfi olan ise başta belli bir yuva adayını destekleyen arıların, ilerleyen zamanda (ve daha iyi seçenekler belirdikçe) nasıl olup da "fikir değiştirdikleri" ve görece daha iyi olan yuva adayı için dans etmeye başladıklarıdır.

Bir adada yaptığı kontrollü deneylerle Seeley, kâşiflerin bulduğu yuva adayı ideale yaklaştıkça (arılar seçenekleri olduğunda 40 litrelik boşlukları seçmektedir) daha "şevkli" dans ettiklerini göstermiştir. Kendisi buna "dürüst reklamcılık" adını vermiştir (bugünlerde insanların da bolca ihtiyacı olan bir şeydir bu). Buna ek olarak, buldukları yuva adaylarına dair bilgiyi diğer arılarla dürüstçe paylaşan arıların kendi taraflarına çekebildikleri arı sayısının buldukları yuva adayının kalitesi ile doğru orantılıdır. Bulunan yuvanın kalitesi ile kaliteli bir yuva bulan arıların yanlarına daha çok arı çekebilmesi bir tür çarpan etkisi yaratarak iyi yuva adayları için dans eden arı sayısının hızla artmasına ve dolayısıyla (toplam kâşif arı sayısı sınırlı olduğu için) diğer yuva adayları için dans eden arı sayısının azalmasına neden olmaktadır.

Burada kesin bir karara erişilmesinin önündeki tek engel aslında çok da iyi olmayan yuva adaylarından vazgeçmeyen arılardır. Bunun nedeni, belli bir kâşif arının daha iyi bir yuva adayından haberi olmaması gibi görünmektedir. Peki hiç görmediği bir yuva adayı yüzünden bilgi eksikliği yaşayan bu arılar nasıl ikna edilebilirler? Burada "çoğunluk etkisi" (ya da "demokrasi") devreye girer ve arıların büyük bir kısmı belli bir yönü işaret ederken başka yuvaların reklamını yapan arılara "nazikçe" kafa atılır (evet arılar birbirine kafa atıyor!). Ah be, ne de güzel gidiyordu arılar, ta ki birbirlerine girene kadar! Ancak yine de arılarda kavgalar bile insanlarınkinden medenidir. Belli bir kanat çırpma sıklığı ile eşleştirilen bu kafa atma hareketine maruz kalan arılar, genellikle ortalığı kızıştırmak adına işi inada bindirmezler ve kısa bir süre sonra ısrarlarından vazgeçerler. Böylece dans eden arıların daha da büyük bir kısmı eldeki en iyi seçeneğe odaklanırlar.

Birkaç güne yayılan bu "fikir beyanı" ve "tartışma" sonucunda artık dans eden arıların tamamı tek bir yuvayı (ve eldekiler içinde en iyisini) işaret etmektedir. Bunun üzerine oğul, bulunduğu geçici konumdan ayrılıp kâşif arıları takip ederek yeni yuvanın yolunu tutar.

Arıların belki de yarısı kadar olabilseydik, çok daha üstün bir komünite yaşantısına sahip olabileceğimizi düşünüyoruz. Ne dersiniz?

Böcekler çevreleriyle böylesine aktif bir şekilde ilişki halindeyken, Ekoloji bölümünde de sözünü ettiğimiz karşılıklı (veya birlikte) evrim kavramının karşımıza çıkmaması imkânsızdır. Bu nedenle şimdi gelin biraz da bu konuya bakış atalım ve özellikle de böcek-bitki ilişkisi üzerinden konuyu anlamaya çalışalım.

BÖCEKLER VE BİTKİLER: BİRLİKTE EVRİM

"Birlikte evrim" terimi ilk olarak 1964'te kelebekler ve konak bitkileri üzerine yaptıkları bir çalışma esnasında P. R. Ehrlich ve P. H. Raven tarafından ortaya atılmış ve daha sonra da bu konuda çalışmalara başlanmıştır. Bu bağlamda çeşitli evrim tipleri belirlenmiştir. Bunun bir alt başlığı olan "ikili evrim", özel bir evrim

çeşidi olarak doğada sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Kabaca, bir türün bir özelliğinin eğer başka bir türün bir özelliğine yanıt olarak evrimleşmesi söz konusuysa burada ikili evrimden bahsedilebilecektir. Burada olan şey bir nevi silahlanma yarışıdır; ancak bu silahlanma yarışında elde edilenler, tarafların birbirine karşı gelmesine değil, birbirini bütünlemesine yaramaktadır. Bu da, bir çeşit mutualistik ilişkiyi doğurmaktadır. Örneğin bir bitki kendisini savunmak için bir zehir üretiyor olabilir. Ancak bu bitkinin tozlaşması da gerekmektedir ve bu, genellikle böceklerin yapabildiği bir iştir. Bu durumda, bu bitkiyle aynı ortamda yaşayan böceklerden bazıları (genellikle sadece 1 veya belki 2 tür), özel kimyasallar salgılayacak şekilde evrimleşerek bitkinin bu toksik etkisini etkisizleştirebilirler. Böylece sadece o böcek bitkiye dokunup, üzerinde gezinebilecek, çiçekleri arasında dolanabilecektir. Bu sayede bitki tozlaşmayı başarabilecektir; böcek ise bitkinin zehri sayesinde kendi avcılarından korunabilecektir. Bu nedenle bitkinin evrimsel geçmişinde bu böceği durdurmaya çalışan ek adaptasyonlar avantajlı olmayacaktır; çünkü en azından 1 böceğin bitkiye ulaşabilmesi avantajlıdır.

Bunun bir benzer örneğini incir arıları ve incir arasında görmekteyiz. İncirler, aslen tropik bitkilere girerler ve gezegenimizde yaklaşık 850 tür ile temsil edilirler. Moraceae familyası altında, *Ficus* cinsi olarak bilinmektedirler. Biz insanlar, tarımda kendimizi geliştirirken daha önce de sözünü ettiğimiz gibi, çoğu zaman farkında olmadan biyolojiden sıklıkla faydalanmaktayız. Bu sayede de, kendi kendini dölleyebilen, kültür edilmiş ve yenilebilir incirler üretmeyi başarmışızdır. Biz insanlar bunu yaparken yapay yöntemlere başvurduğumuz için, incirler de biyolojik tozlaştırıcılara ihtiyaç duymaz hale gelmişlerdir. Ancak doğal incirler aslında bir değil, birden çok tozlaştırıcı canlının devreye girdiği, karmaşık ve zorunlu bir mutualistik ilişki içinde yaşamaktadırlar.

Bu ortak yaşam formunda da karşımıza incir arıları çıkar. Bu arılar, diğer arılar gibi Hymenoptera takımında yer alırlar. İncir arıları, bu takım altındaki Agaonidae ailesindendir. Bu aile içinde 20 ayrı cins bulunmaktadır. Olayın gidişatına geçmeden önce, bereketli incir ağacımıza kısa bir geri dönüş yapmamız gerekmektedir. Bu ağaçlar genellikle yılda iki defa olmak üzere 500 bin ila 1 milyon meyveden oluşan ürün verebilmektedirler. Çiçeklerine "sikonyum" denen bu ağaçlar, tohum oluşturmak için en az bir arı türünün tozlaştırmasına ihtiyaç duymaktadırlar.

Dişi arı, incirin çiçek pulcuğundan sikonyuma giriş yapar. Aslında amacı yavrularının güven içinde dünyaya gelebilmesini sağlamaktır. Meyvenin içinde boynu kısa olan dişi çiçeklerin içine yumurtalarını bırakır. Kendisi orada ölür; ama kendisinden sonra neslini devam ettirmeyi de garantilemiş olur. Dişi arı meyveye girdiği anda, yumurtanın konmadığı diğer çiçeklerin de döllenmesine vesile olur. Çünkü kendisi meyvenin içerisine girerek farkında bile olmadan tozlaşma sürecinde rol oynar. Yavru arılar ise incirin ovaryumu haline gelen bölgesinde gelişirler. Arıların yumurta bırakmadığı çiçekler de tohum oluştururlar. Kanatsız formda olan erkek arılar tohumlarından çıktıktan bir süre son-

ra incirin ovaryumunda dişi partnerlerini bulurlar ve orada çiftleşirler. Kısa bir süre sonra da dişi arılarımız incirden çıkıp diğer incirleri dolaşır ve polen toplar. Yeterince polen topladıktan sonra da başka bir incir ağacını bulur ve oraya yumurtalarını yerleştirdikten sonra ölür. Döngü, bu şekilde yoluna devam eder.

Burada ilginç noktalardan biri, vahşi doğada bulunan incir ağaçları ya dişidir ya da erkektir. Yani dişi arılar taşıdıkları polenler erkek ve dişi incirleri bir araya getirmektedirler. Bu durumda, dişi arıların bitkilerde cinsiyet ayrımını nasıl yaptıkları ilginç bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Cevap ise basittir: Bu arılar, incirler tarafından üretilen belli kimyasalları tespit ederek doğru incir ağaçlarını bulabilmektedirler. Dolayısıyla anlamış olabileceğiniz üzere, biz insanlar incirleri yiyerek hem arıların aşk yuvalarını heba etmekteyiz, hem de iki incir ağacının arasına girerek izdivaçlarına engel olmaktayız. Ne de harika bir türüz, öyle değil mi? Tabii tekrar belirtmekte fayda var: Bizim genelde yediğimiz incirlerin çoğu kültür edilmiş vaziyettedirler. Dolayısıyla arılara ihtiyaç olmadan da kendi kendilerini dölleyebilirler.

Bu ortak evrim neticesinde bir çeşit üreme izolasyonu sağlanmıştır. Sadece arıların uçabildiği yerlerde incirler yayılım gösterebilmiştir. Aslında başka böceklerle de mutualist bir ilişki kurmak ve böylece daha geniş alanlara yayılmak mümkündür; ancak bu evrimsel açıdan masraflıdır da. Dolayısıyla sadece incir arılarıyla birlikte evrimleşen incirler, evrimin en iyi örneklerinden biri haline gelmişlerdir. Öyle ki, bu ilişkinin ilk kökenlerinin 70-90 milyon yıl öncesine kadar gittiği bilinmektedir.

Peki türler arası "işbirliği" her zaman bu şekilde "kardeş kardeş" mi süregelir? Elbette ki hayır. Doğa, görüp görebileceğiniz en vahşi savaş alanlarından birisidir. Dolayısıyla şimdi bunların en ilginç örneklerinden bazılarına bakma vakti!

BÖCEK PARAZİTLİĞİ: SUÇA YATAKLIK EDENLER

Yavaş yavaş bölümü bir sonuca bağlamadan önce son olarak sizlere böceklerdeki parazitliğin evrime ne gibi etkileri olmuştur, bundan bahsetmek istiyoruz. Uzun uzadıya parazitliği anlatmayacağız; çünkü bu çok uzun bir konu. Bunu Santa Barbara'daki Kaliforniya Üniversitesi'nden ekolog ve parazitolog Dr. Kevin D. Lafferty'nin şu kısa ve öz açıklaması güzelce özetlemektedir:

"Parazitlerin doğa için ne kadar önemli olduğundan emin değiliz; ancak emin olduğumuz bir şey var: Parazitlik, doğadaki en popüler yaşam şeklidir. Hayvan türlerinin çoğu muhtemelen asalaktır. Sadece insanlara özgü olan 100 civarında parazit türü bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, bugüne kadar tanımladığımız tüm türlerin resmi olarak %40'ının asalak olduğunu öngörse de, bu gerçekte olandan çok ama çok daha azdır. Gerçekte bu oran çok daha yüksektir."

Bu nedenle parazitizmin tüm detaylarına girmek yerine burada, bu yaşam biçiminin özellikle konaklarında meydana getirdiği değişiklere odak-

lanmak istiyoruz. Çünkü bu, entomoloji dahilinde oldukça ilgi çekici bir konudur.

Ağustos böceklerinin bazı türleri yıllarca toprağın altında nimf halinde saklanarak büyürler ve erginler 13 veya 17 yılda bir defa gözükebilirler. Böylesi bir yaşam döngüsüne sahip olmaya onları zorlayan avcılar ve parazitler olmuştur. Yani parazit yaşam konakların da yaşamlarını tamamen etkileyebilmektedir, bu da doğal bir sonuç olarak evrime yansımıştır.

Parazit ve konak arasında birbirlerine alt etmeye yönelik bir silahlanma yarışı vardır. Bu da ortaya evrimsel bir modelin ortaya atılmasını sağlamıştır. Modelin adı Kırmızı Kraliçe hipotezi olarak geçer. Bu model, *Alice Harikalar Diyarında* isimli eserden esinlenerek geliştirilmiştir. Orada Alice ve Kırmızı Kraliçe arasında birbirlerini alt etmek için sürekli, nefes nefese bir yarış olmaktadır. Parazitler ve konaklar arasında da buna benzer bir ilişki vardır.

Parazit yabanarıları türlerinin bazılarında, parazitlik haricinde bir de ilginç bir mutualistik ilişki görülmektedir. Bu yabanarıları konaklarına sadece yumurtalarını değil, aynı zamanda önemli miktarda virüs de enjekte etmektedir. Polidna virüsleri olarak bilinen bu virüsler, çok parçalı ve çift zincirli DNA taşımalarıyla karakterize edilirler. Virüsler, nesiller arasında eşey hücreleri yardımıyla aktarılmaktadır. Burada virüsler ve yabanarıları arasında karşılıklı faydaya dayalı bir ilişki vardır. Konağa aktarılan yumurtanın savunma mekanizmaları tarafından yok edilmesini önleyen virüsler, böylelikle yabanarısı sayesinde de yaşamını sürdürebileceği bir ortam bulabilmektedir. Başka türlü olsa dışarıda kaldıklarında kristalize olacak virüsler, bu yolla üremeyi başarabilmektedirler. Bu değişik örnekte üç ayrı ekolojik ilişki görülebilir. Yabanarılarının konaklarına yumurtalarını bırakmaları parazit yaşama, virüslerin yabanarıları ile arasındaki durum mutualistik yaşama ve virüslerin konak içinde gösterdiği etkiler de patojenlere yani hastalık yapıcılara örnektir.

Kabul edin, gerçekten heyecan verici bir saha! Ancak parazitlerin tuhaflıkları daha yeni başlıyor. Şimdi sizi bir adım öteye taşıyalım ve böceklerde parazitizmin tuhaf evrimine dair daha da ilginç bir örnek verelim:

HİPER PARAZİTLİK: BİR NEVİ "PARAZİTCEPTİON"!

Bilmeyenler için, bu alt başlığımız, Leonardo DiCaprio'nun meşhur "Inception" filmine göndermede bulunmaktadır. Film, "rüya içinde rüya" konseptini işlemektedir. Biz ise burada, "parazitik böcekler içindeki parazitik böceklere" göz atacağız. Önce bir alıntı yapalım:

"(...) [Evrimle ve doğanın sözde kusursuzluğu ile] ilgili teolojik görüşlere gelirsek... Bu hep bana acı verici gelmiştir. Beni şaşkına çeviriyor. Aslında ateist bir dilde yazmaya hiç niyetim yok; ancak dört bir yanımızın tasarım ve mutlak iyiliğe dair kanıtlarla çevrili olduğuna dair izleri, diğerlerinin görebildiği gibi

doğrudan göremiyorum. Keşke görebilseydim. Dünyada çok fazla gizem var gibi. Mutlak iyi olan ve her şeye gücü yeten bir Tanrı'nın, canlı tırtılların vücudundan beslenen Ichneumonidae yaban arılarını ya da fareyle oynayan bir kediyi yarattığına kendimi ikna edemiyorum. Buna inanmayan biri olarak, gözün de açık bir şekilde tasarlanmasına gerek olduğunu düşünmüyorum. Öte yandan bu harika evrenin ve özellikle de insan doğasının saf kaba kuvvetin bir sonucu olduğuna inanmak zorunda olduğumuzu da düşünmüyorum. Her şeyin tasarlanmış yasaların etkisi altında olduğunu; detayların ise iyi veya kötü, şans diyebileceğimiz bir sürecin sonucu olduğunu düşünmeye eğilimliyim. Bu nosyon beni tamamen tatmin ediyor değil. Tüm bu konunun insan zekâsı için çok derin olduğunu hissediyorum. Bir köpek de Newton'un zekâsı hakkında spekülasyonda bulunabilir. Bırakın herkes istediğini umsun ve istediğine inansın."

Charles Darwin; 22 Mayıs 1860 tarihinde Asa Gray'e attığı bir mektubunda bunları yazıyordu. Doğada herhangi bir tasarımın olduğu konusunda son derece şüpheciydi. Evet, kendini tekrar eden yasaların olduğu kesindi: kütleçekimi veya evrim gibi... Ancak bunların sonuçları pek de tasarlanmış gibi değildi. Nasıl olurdu da iyiliğin en üst doruğu olarak nitelendirilen bir güç, daha yavru tırtılların vücuduna larvalarını bırakarak onları diri diri, hem de içlerinden yiyen canlıları var edebilmişti? Bu tasarımın eseri olabilir miydi? Tıpkı insanın organlarını içeriden, canlı canlı yiyen halka solucanları gibi... Bunlar dini ve felsefi sorulardan ibaret değildir; bilimsel olarak da araştırılmayı hak eden soru işaretleridir. Parazitizmin mide bulandıran ve iç burkan sonuçlarından doğan bu sorular Darwin'in "şaşkına çeviriyordu". Hatta bu sonuçlarına ulaşmak üzere, belki de tarihte hiç kimsenin yapmadığı kadar detaylı bir şekilde yapmayı başardığı doğa gözlemleri sonucunda *"Doğa bir savaş alanıdır"* sonucuna varmıştı. Ancak Darwin'i daha da şaşkına çevirecek, belki de onu allak bullak edecek bir diğer gerçek vardı: hiper parazitlik!

Darwin'in belirttiği gibi, bazı yaban arıları larvalarını canlı tırtılların vücuduna bırakırlar. Bu tırtıllar, hiçbir şeyden habersiz, kendilerini besleyerek büyümeye çalışırlar. Ancak kendileri cüsselenip etli dokuları arttıkça, içinde istemeden taşıdığı larvalar için de ziyafet çanları çalar. Larvalar aktive olurlar ve yavaş yavaş tırtılın iç organlarını yiyerek kendilerini beslerler ve büyürler. Nihayetinde o kadar irileşirler ve tırtılın o kadar büyük bir kısmını bitirirler ki, tırtıl daha fazla dayanamaz ve ölür. Tırtılın ölümüyle birlikte larvalar da "bir peçete gibi kullanıp attıkları" konaklarını terk ederler ve büyüyerek gelecekteki kendi yavruları için yeni tırtıl yavruları ararlar. Bu, bildiğimiz, klasik parazitizmdir. Yani yaban arısı tüm menfaatleri kendine saklar, tırtıl ise bu ilişkiden tamamen zarar görür.

Ancak doğa bundan da acımasız olabilmektedir: Hiper parazitoidler olarak bilinen bir diğer yaban arısı grubu, parazitik olan yaban arılarının vücutlarını hedef alırlar. Öncelikle tırtılların lahana yaprakları üzerinde bıraktıkları kimyasal izleri takip ederler ve tırtılların yaşam alanlarını bulurlar. Sonrasında, parazitik yaban

arıları tarafından enfekte edilmiş tırtılları özellikle seçerek bunları hedef alırlar. Larvalarını, zaten enfekte olmuş bu bahtsız tırtılların içerisine bırakırlar. Bu hiper parazit larvaları, sadece tırtılın vücudunu içten dışa, diri diri yemekle kalmaz, aynı zamanda bunu yapmaya çalışan diğer parazitik yabanarısı yavrularını da yiyerek beslenirler.

Doğanın acımasızlığı bu kadarla kalıyor mu? Elbette hayır. Doğada, hiperparazitleri hedef alan hiperparazitler de var! Bu da rekabetçi evrimin kaçınılmaz bir sonucu. Bazı hiperparazitler, diğer hiperparazitlerle mücadele ederek onlarla aynı tırtılı paylaşan parazitleri paylaşıyorlar. Ancak daha güçlü olan hiperparazitler diğerlerini elimine ediyorlar ve mücadeleyi kazanıyorlar.

Evet... "Parazitception"!

Doğa, "herkesin kusursuz bir ahenk içinde yaşadığı müthiş bir sistem" olmaktan çok uzak; entomoloji de, "mutluluk içinde uçuşan kelebekçiklerden" çok ama çok fazlasıdır.

SONUÇ: BÖCEKLER VE EVRİM

Böceklerle ilgili yapılan evrimsel çalışmalara bakıldığında henüz aydınlatılamayan daha birçok nokta olduğunu görmekteyiz. Bu ortaya atılan sorular, elbette ki Evrim Kuramı'nı çürütmemekte veya zayıflatmamaktadır. Bilim, sorular ve onlara yanıt aranmasıyla devam eden bir süreçtir. Gelecekte gelişen teknolojiler fosiller hakkında daha fazla inceleme yapılmasına olanak verdikçe burada bahsedilen bazı hipotezlerin doğrulanması ya da onlarını yerini alacak, daha da açıklayıcı hipotezler geliştirmek mümkün olabilecektir.

Üstelik bir sahada sadece bilinmeyenlere odaklanmak da insanı hataya düşürecektir. Dikkat edilirse entomolojinin sunduğu veriler evrimle neredeyse her zaman harika bir şekilde uyuşmakla birlikte, evrimsel biyolojinin ışığıyla çok daha net bir şekilde izah edilebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında evrimsel biyoloji, entomoloji sahasında yeni hipotezler geliştirebilmemiz için ufkumuzu genişleten bir araç olarak görev yapmaktadır bile diyebiliriz. Bize sordurduğu yeni sorular ve sunduğu evrimsel yaklaşımlar sayesinde yepyeni keşifleri doğurabilir. Bu ilişkiden doğan sonuçlar, aynı zamanda evrimsel biyolojinin gelişimine de katkı sağlamaktadır.

Entomoloji, sadece zoolojinin sistematik alanında değil, biyolojinin diğer alanlarında ve başta ziraat olmak üzere gıda, medikal, adlî gibi bir sürü alanla içli dışlı olmasıyla disiplinler arası çalışılan karmaşık bir çalışma alanıdır. Bu nedenle, genel olarak hangi bölümde uzmanlaşmak isterseniz isteyin, böceklerden anlamak sizin yararınıza olacaktır. Nerede, ne düzeyde karşınıza çıkacağını asla öngöremezsiniz. Şu anda yatağınızın altından çıkabilecekleri gibi, bir tez savunmasında sizi terleten bir soru olarak da karşınıza çıkabilirler! Davis'te bulunan Kaliforniya Üniversitesi Entomoloji ve Nematoloji Bölümü'nden Karl

Kjer, 2014 yılında *Science* dergisinde yayınladıkları ve böceklerin atalarının ilk olarak karalarda evrimleştiklerini (ve bunu yaparken halihazırda var olan karasal bitkilerle karşılıklı bir evrim sürecinden geçtiklerini) genetik olarak ispatladıkları makaleleriyle ilgili verdikleri bir demeçte şöyle demektedir:

"Böceklere dair elimizde öylesine fazla veri vardır ki, tüm sistemi çökertmeksizin bu verilerin tamamını tek bir seferde bilgisayara yüklemekte büyük zorluk çektik. Böcekler dünyada ve karasal ortamlarda öylesine yaygın bulunurlar ki, biyokütle[12] *olarak omurgalıların toplamından daha fazla kütleye sahiptirler. Aslına bakarsanız böcekler, gezegenimizde öylesine baskın bir grupturlar ki, dünya üzerinde yaşayan karasal herhangi bir canlının varlığının böcekler tarafından şekillendirilmemiş olması çok zordur. En azından ben, herhangi bir karasal canlı düşünemiyorum... Penguenler belki? Antarktika'da böceklere ihtiyaç olmayabilir belki, ancak sanırım geri kalan her şeyin böceklere ihtiyacı vardır."*

Bu bölümde anlattığımız her bir konunun, ele aldığımız her bir alt başlığın ayrı ayrı koca birer kitaba dönüştürülebileceğini belirtmek isteriz (ki bunların çoğu ayrı kitaplara konu olmuşlardır bile!).

İstesek de, istemesek de, böcekler hayatınızın bir parçasıdır. Bu yüzden böceklerin varlığını kabullenmemiz gerekiyor. Onları sevmeseniz de, hayranlık duyulası canlılar olduğunu lütfen unutmayın.

Her birimiz gibi...

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Askew, R.R. (1971). Parasitic Insects. Heinemann, London.
- Austin, J.J., Ross, *et al*. (1997). Problems of reproducibility – does geologically ancient DNA survive in amber-preserved insects? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 264, 467–74.
- Beckage, N.E. (1998). Parasitoids and polydnaviruses. *BioScience* 48, 305–11.
- Biswas, K., & Turner, S. J. (2011). Microbial Community Composition and Dynamics of Moving Bed Biofilm Reactor Systems Treating Municipal Sewage. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(3), 855-864. doi:10.1128/aem.06570-11
- Carriere, Y., *et al*. (2012). Large-scale, spatially-explicit test of the refuge strategy for delaying insecticide resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(3), 775-780. doi:10.1073/pnas.1117851109
- Crozier, R.H. & Pamilo, P. (1996). Evolution of Social Insect Colonies: Sex Allocation and Kin Selection. Oxford University Press, Oxford.
- Demirsoy, A., (2006). *Yaşamın Temel Kuralları*, Cilt: 2, Kısım, 2, Omurgasızlar/Böcekler, Entomoloji, Dokuzuncu Baskı, Ankara
- Enter the hyperparasites – wasps that lay eggs in wasps that lay eggs in caterpillars. (2012). Alındığı site: http://goo.gl/vtTDQX
- Grimaldi, D. & Engel, M.S. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, Cambridge.

12 Biyokütle, bir canlı grubuna ait tüm bireylerin dünyadaki toplam kütlelerine verilen isimdir.

- Gullan, P, Cranston, P. (2010). *The Insects - An Outline of Entomology*, 4th ed.
- Hall, J. P., *et al.* (2004). Extinction and biogeography in the Caribbean: New evidence from a fossil riodinid butterfly in Dominican amber. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1541), 797-801. doi:10.1098/rspb.2004.2691
- Heming, B.S. (2003). *Insect Development and Evolution*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- How Long Do Butterflies Live? (2014). Alındığı site: http://www.thebutterflysite.com/how-long-butterflies-live.shtml
- If the Bee Disappeared Off the Face of the Earth, Man Would Only Have Four Years Left To Live. (2013). Alındığı site: http://quoteinvestigator.com/2013/08/27/einstein-bees/
- Lepidoptera Diversity. (1999). Retrieved July 01, 2016, from http://www.ucl.ac.uk/taxome/lepnos.html
- Lihoreau, M., *et al.* (2010). Collective foraging decision in a gregarious insect. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(10), 1577-1587. doi:10.1007/s00265-010-0971-7
- McCafferty, W. P. (1998). *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives.* Boston: Jones and Bartlett.
- 'Parasitism is the most popular lifestyle on Earth'. (2013). Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/mg21929270.300-parasitism-is-the-most-popular-lifestyle-on-earth#.Ufl8kY21HL_
- Planas-Sitja, I., *et al.* (2015). Group personality during collective decision-making: A multi-level approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1802), 20142515-20142515. doi:10.1098/rspb.2014.2515
- Pritchard, G., *et al.* (1993). Did the first insects live in water or in air? *Biological Journal of the Linnean Society* 49, 31–44.
- Trueman, J.W.H. (1990). Evolution of insect wings: a limb-exite-plus-endite model. *Canadian Journal of Zoology* 68, 1333–5.
- Truman, J.W. & Riddiford, L.M. (1999). The origins of insect metamorphosis. *Nature* 401, 447–52.
- Truman, J.W. & Riddiford, L.M. (2002). Endocrine insights into the evolution of metamorphosis in insects. *Annual Review of Entomology* 33, 467–500.
- Thompson, J.N. (1989). Concepts of coevolution. *Trends in Ecology and Evolution* 4, 179–83.
- Vršanský, P., *et al.* (2013). Cockroaches Probably Cleaned Up after Dinosaurs. *PLoS ONE*, 8(12). doi:10.1371/journal.pone.0080560
- Wagner, M., & Loy, A. (2002). Bacterial community composition and function in sewage treatment systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(3), 218-227. doi:10.1016/s0958-1669(02)00315-4
- Why are there no insects in the sea? (2011). Alındığı site: https://whyevolutionistrue.wordpress.com/2011/06/19/why-are-there-no-insects-in-the-sea/

BÖLÜM VIII

ANTROPOLOJİ

İnsanı Anlamak...

Gülşah Güler - Çağrı Mert Bakırcı

İnsan...

Kant'ın, *"kendisine dışarıdan bakabilen ve salt gerçekleri görebilme yetisine sahip tek canlı"* olarak tanımladığıdır.

Malinowski'nin, *"kültür yaratıcı tek canlı"* olarak tanımladığıdır.

Gerasimov'un, *"anatomik noktalarıyla diğerlerinden öznel farklılıklar gösteren bir canlı"* olarak tanımladığıdır.

İyi de, nedir bu insan? Hangi tanıma göre hareket etmeliyiz? Çoğunlukla halk meclisinde *"düşünebilen tek canlı"* olarak söylenen midir insan? Yoksa iki ayak üzerine kalkarak ellerini boşta bırakmayı başarabilen bir canlı mıdır? Yoksa el başparmağını diğer parmaklarıyla karşılaştırabilen canlı mıdır? Konuşabilen hayvan mıdır? Medeniyetlerin yapıcısı ve yıkıcısı olan mıdır? Yoksa bilim dışı kaynakların iddia ettiği gibi, özenile bezenile, Tanrı suretinde yaratılmış yüce bir mahlûk mudur insan?

Bu sorulara bölüm boyunca yanıtlar arayacağız; ancak tüm bu sorular sayesinde de anlayabileceğimiz gibi, net olarak bildiğimiz bir şey var: İnsan, dünya üzerinde görülmesinden bu yana, kendisini merak eden, nereden gelip, nereye gittiğini ve davranışlarının nedenini bilmeyi isteyen bir canlıdır.

İnsan, kültür yaratıcısıdır. Toplum oluşturucusu, psikoloji, hatta ekonomi yaratıcısıdır. Kimi zaman savaşlar çıkarıcı, kendi türünü köleleştirici, asimile edicidir. Kimi zamansa yaşam verici, hayat kurtarıcıdır. Gidilmemişe giden, görülmemişi görendir. Devlet kurucusu, sömürgeci, katliamcıdır. Yaratıcı, üretken, var edendir. Nasıl tanımlarsanız tanımlayın insan belki de, Stated Clearly (Açıkça Açıkla) bilim ekibinin de tarif ettiği üzere *"Bu dünyanın başına gelen en güzel ve en çirkin şeydir"*.

"İnsan"ın ne olup, ne olmadığı konusunda, birçok tanım olduğu bir gerçektir. Ancak bu kadar çok tanım arasında paylaşılan ortak payda, insanın bir şeylere yanıt aradığıdır. Bu yanıt arama güdüsü, sahip olduğumuz her şeyi bize vermeyi başarmış olan bilimi doğurmuştur.

Bilim soru sormayla başlar. Üzerinde yaşanılan yerküre ve evren hakkında sorulan geçerli sorulara verilen güvenli cevaplardan doğa bilimleri; insanın kendisiyle ilgili geçerli sorulara verdiği güvenli cevaplardan ise sosyal ve beşeri bilimler doğmuştur. Bazı bilim insanlarına göre, insanlık tarihinin önemli bölümü bu temel sorulara yanıt bulmaya yönelik çabalarla var olmuştur. Tabii ki bilgisinin ve teknolojisinin sınırlı oluşu nedeniyle ya da felsefecilere göre içinde barındırdığı içsel çelişki[1] sebebiyle, insan kendi davranışları ve özgeçmişi ile ilgili bilgiyi güvenilir bir biçimde toplamakta pek de başarılı olamamıştır. Ancak son yüzyılda gelişen bir bilim dalı insana kendi kendisi hakkında sorduğu soruları bilimsel yöntemlerle nasıl cevaplayacağını göstermiştir: Antropoloji.

ANTROPOLOJİ NEDİR? HANGİ ALT BAŞLIKLARDAN OLUŞUR?

Antropoloji (İng: "Anthropology") terimi, iki Yunanca kelime olan "*Anthropos*" (insan) + "*logos*" (bilim) kelimelerinden türetilmiş, "İnsanbilim" olarak Türkçeleştirilmiştir. Antropolojinin çıkış noktasının kafatasçılık olduğunu savunan sığ bakış açısına sahip insanlarca yeriliyor olması bile bu sahanın öğrenilmesinin ve öğretilmesinin önemini göstermektedir. İddia edilenin aksine, antropolojinin var oluş nedeni insanı kategorize etmek değil, insanı incelemektir. Çok disiplinli (multidisipliner) bir araştırma sahasıdır.

Antropoloji, insanı biyokültürel bir canlı olarak ele alır ve bu canlıyı biyokültürel bir evrimle açıklamaya çalışır. Biyolojik ve kültürel çeşitliliği bütüncül bir yaklaşımla inceler. Bu bilimde bütünsellik, görecelik ve karşılaştırma ilk sırada gelir.[2] İnsanın biyokültürel evrim sürecinde, farklı ekolojik ortamlara uyumuyla birlikte geliştirdiği biyolojik özellikleri, bipedalizmi[3], kazandığı konuşma yeteneğini, başparmaklarını işlevsel kullanışını ya da omnivor[4] diş yapısını farklı zaman ve ortamlarda ele alır. Bunu yaparken de tüm bu özelliklerin or-

1 Birbirinden başka olay ya da nesneler arasındaki çelişkiyi dile getiren, gelişme sürecinde belirleyici rol oynayan temel çelişkilerdir.

2 Özbek, M., 2011, *"50 Soruda İnsanın Tarih Öncesi Evrimi"*, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, 2. Baskı.

3 Bipedalizm, insanları diğer yakın akrabalarından ayırt eden önemli bir özelliğidir ve basit anlamı ile "iki ayak üzerinde dik duruş ve yürüyüş" hareketidir. Kısaca "iki ayaklılık" olarak da bilinir. Ancak "iki ayağa sahip olmak" anlamına gelmez; arka iki ayak üzerinde yürüyebilme anlamındadır. Bu özellik insanın soy ağacında çok erken bir dönemde kazanılan evrimsel adaptasyonlardan bir tanesidir. Hominid (insansı) evriminde oldukça kritik bir aşama olarak hominoid-hominid (insanımsı-insansı) ayrımının temel özelliklerinden biridir. Bipedalizm ile birlikte iskelet yapısında büyük morfolojik değişmeler gözlenir. Bipedalizm bir sürekliliği ifade eder.

4 Hem et, hem de ot ile beslenen canlılara verilen isimdir. Türkçede "hepçil" olarak da bilinir. İnsan; etçil ya da otçul bir hayvan türü değil, hepçil bir hayvan türüdür.

taya çıkışı ve birbirleriyle ilişkisini bir süreç olarak değerlendirir. Hangi dalda olursa olsun, antropoloji eğitimi, kişilere nesnel bir bakış açısı sağlayarak, onları kendi kültürlerine bağımlı (etnik-merkezci) düşünme tarzından uzaklaştırmayı, toplumlar ve insanlar arasındaki farklılıkların her birinin özgün yaşam koşullarının sonucunda ortaya çıktığını kavratmayı ilke edinmektedir.[5] Dolayısıyla antropoloji kafatasçılık olmak bir yana dursun, kafatasçıların karşısına dikilmemizi mümkün kılan en temel bilimsel araştırma sahalarından birisidir.

İNSANSILARIN EVRİMİNİN TERMİNOLOJİ ÜZERİNDEN KISA ÖZETİ

Antropolojik araştırmaların kalbinde insan evrimi yattığı için ve bu bölümde de sıklıkla bu evrimden söz edeceğimiz için, öncelikle bazı temel terimleri netleştirmekte fayda vardır. Bu terimleri ezberlemenize ya da adınız gibi bilmenize gerek olmasa da, bölümün bu kısmını önemli bir referans olarak gerek duydukça kullanabilirsiniz.

Bölüm başında da gördüğümüz gibi "insan", bilimsel açıdan oldukça muğlak bir terimdir. Bunun 2 temel nedeni vardır: İlki, "insan" sözcüğünün aslında bilimsel bir terim olmamasıdır. Bu, bir canlının halk arasındaki ismidir. Örneğin "çayır köpekleri" ismi, bir canlının halk arasındaki adıdır. Fakat canlı esasen bir köpek türü değildir; *Cynomys* cinsi sincaplara halkın taktığı bir isimden ibarettir. Bunun birçok örneği vardır: Dağ keçisi, keçi değildir. Yeleli kurt, kurt değildir. Kral kobra, gerçek bir kobra değildir. En fenası, "tavuskuşu mantis ıstakozu" ne bir tavuskuşudur, ne bir mantistir, ne de ıstakozdur. Bu sorun nedeniyle bilim camiasında türler, tür isimleriyle anılırlar.

İnsan da bundan ayrı değildir. İnsan sözcüğü halk arasında kullandığımız bir isimdir ve hepimiz "insan" derken ne kastettiğimizi biliriz. Ancak bilimsel terminolojide dikkatli olmak gerekir; zira terimler çok iyi tanımlanmazlarsa, iletişimde ve araştırmalarda büyük sorunlar çıkacaktır. Buna az sonra döneceğiz.

İnsan sözcüğünün bilimsel olarak pek anlamlı olmamasının ikinci nedeni ise evrimdir. Evrimsel süreçte canlılar çok yumuşak bir şekilde değişirler. Bir tür, yeni bir türe son derece ufak basamakların birikimiyle geçer. Dolayısıyla canlıları keskin isimlendirmelerle sınıflandırmak çok güçtür. Bu nedenle taksonomlar, paleontologlar, arkeologlar ve antropologlar sürekli birbirleriyle kavga ederler. Türler arası geçiş öylesine yumuşak, evrim öylesine kademeli bir süreçtir ki, türleri net çizgilerle birbirinden ayırmakta zorlanırız. Ne zaman ki araya yeterince zaman koyarız, o zaman iki tür arasındaki fark daha belirgin hale gelir. Fakat bu defa da eklediğimiz zamandan ötürü kimi zaman aradaki geçişte bulunan türleri atlayabiliriz. Bu nedenle bilim insanları son derece titiz

5 Demirel, A., 2011, *"Türkiye Antropolojisinin Tarihçesi ve Gelişimi Üzerine"*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 3 Sayı: 4.

bir şekilde çalışarak türleri isimlendirmeye ve birbirinden ayırmaya çalışırlar. Böylelikle evrimsel süreçte hangi türün hangisinin atası olduğu, kimin kimden evrimleştiği, hangi türlerin daha yakın, hangi türlerin daha uzak akraba oldukları anlaşılabilir.

Gelelim insana... "İnsan", halk arasında "bildiğimiz insan"ı tanımlamak için kullanılan bir sözcüktür. Bu makuldür, zira yaşayan tek insan türü biziz. Fakat aynı genellemeyi diğer türlere yapmaya kalktığımızda, komik senaryolarla karşılaşılır. Örneğin "yarasa" bizim için spesifik bir canlıya işaret ediyor gibi gözükür. Halbuki dünyada 1.240 farklı yarasa türü an itibariyle yaşamaktadır. Entomoloji bölümünde de gördüğümüz gibi *"Kelebek işte"* deyip geçtiğimiz canlılar, dünyada 20 bin ayrı türle temsil edilirler! *"Hepsi balık işte!"* der geçeriz; halbuki "balık" sözcüğüyle kastettiğimiz hayvan grubu içinde en az 30 bin ayrı türü barındırmaktadır!

Üstelik genellikle bu canlılar, yalnızca şu anda halen yaşamakta olan türlerdir. Bunların evrimsel süreçteki ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri de işin içine dahil edildiğinde, işler iyice karışır. Öyle karışır ki, antik fosilleri çıkarıp, tür adlarını belirtmeksizin üzerine "balık", "kelebek", "yarasa" yazarak bugünkü türlere nazaran hiç değişmemiş olduklarını iddia eden tuhaf insanlar türeyebilir. 30 milyon yıl önce yaşayan bir balığın dış hatlarının kabaca bugünküne benzemesi, bu ikisinin aynı tür olduğu anlamına gelmez. Bu canlıların değişmediği anlamına hiç gelmez.

İnsan da, her zaman "insan" değildi. Hatta "insan" sözcüğü bilimde, halk arasındaki anlamından farklı kullanılır. Tıpkı "teori" sözcüğünün bilim ve halk için anlamlarının tamamen farklı (ve çoğu zaman 180 derece zıt) olması gibi... İnsan, çoğu zaman *Homo* isimli hayvan cinsini karşılamak için kullanılan bir sözcüktür. Ancak tek *Homo* türü, biz "anatomik olarak modern insanlar" (bilimsel adıyla *Homo sapiens*) değilizdir. Bugüne kadar *Homo* cinsi altında 14 civarında farklı tür tanımlanmıştır. Bunların (bizler hariç) hepsinin soyu tükenmiştir. Ancak, örneğin halk arasında Neandertaller olarak bilinen *Homo neanderthalensis* isimli insan türü, sadece 30 bin yıl önce aramızdaydı! Benzer şekilde, bir diğer insan türü olan Flores İnsanları (bilimsel adıyla *Homo floresiensis* türü), sadece 13 bin yıl öncesine kadar dünyada, biz modern insanlarla birlikte yaşamaktaydı! Bu, Ekoloji bölümünde de değindiğimiz gibi, akıl almaz olsa da son derece net bir şekilde bilinmesi gereken bir gerçektir. "İnsan", var olmuş tek insan türü değildir. Muhtemelen son da olmayacaktır.

Bilim insanları *Homo* cinsi çevresinde taksonomik bir gruplar piramidi inşa etmiştir. Örneğin "insansı" olarak Türkçeleştirebileceğimiz Hominoidler, biz modern insanlara kadar gelecek evrimsel soy ağacının, şempanzelerle olan ortak atamız da dahil olmak üzere, yaşayan en yakın kuzenlerimiz şempanzelere gidecek soy hattından ayrıldığımız son 6 milyon yılda yaşamış bütün atalarımız ve kuzenlerimizin ortak adıdır. İnsan, bir hominid türüdür (insansı türüdür). Hominid sözcüğünün Türkçesinin "insansı" olması, insanın "insan

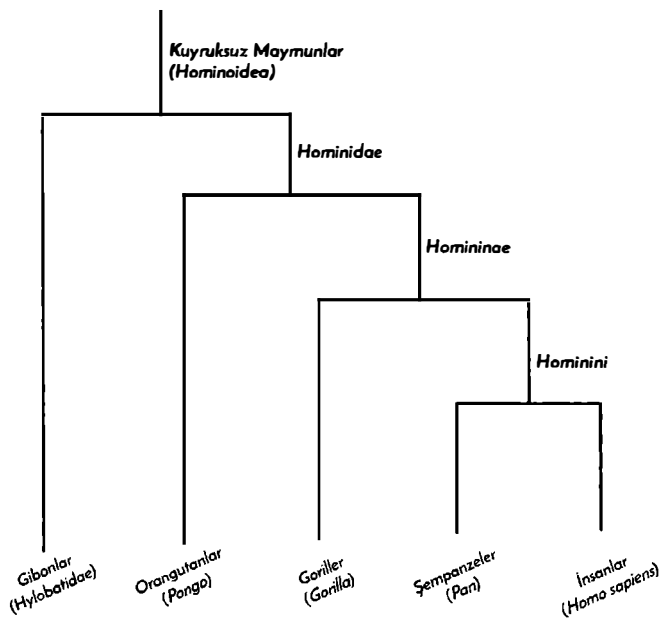
benzeri olan ama insan olmayan" bir tür olduğu anlamına gelmez. Taksonomide büyük bir gruba isim verilecekken, içinde bir temsilci seçilir. Kargagiller, İnsangiller, Gülgiller bunun örnekleridir. Örneğin aslanpençesi, üvez, boruçiçeği, dağ muşmulası, böğürtlenler, ahududular, kiraz, karayemiş, kayısı, şeftali, badem, erik gibi sayısız bitki Gülgiller ailesi altında bulunan bitki türleridir. İnsansılar da, bu grup içindeki alt gruplardan sadece birisidir.

İşte "insan" merkezli "insan ve akrabaları" grubu, *Homo* sözcüğünden türetilen birçok terimle karşılanır. Hominidler bunlardan bir tanesidir; ancak daha birçok taksonomik seviye vardır. Bunları daha genelden, daha özele doğru sırayla derleyecek olursak:

- *Hominoidea:* Kuyruksuz Maymunlar üst ailesinin (üst familyasının) adıdır. "İnsanımsılar" ya da "Hominoidler" olarak da geçebilir. Kimi zaman "insansı maymunlar" ve "insaymunlar" olarak da anılır; ancak bunlar çok geçerli terimler değildir. İngilizce karşılığı "ape" sözcüğüdür. İçerisinde insanlar, şempanzeler, bonobolar, goriller, orangutanlar, gibonlar, siyamanglar ve tüm bu canlıların bütün türleri, ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri bulunur.
- *Hominidae:* "Hominidler" ya da "insansılar" olarak da bilinen taksonomik ailedir (familya). Türkçede Büyük Kuyruksuz Maymunlar, İngilizcede "great apes" olarak geçer. Bunlara kimi zaman "hominid" denmekteyse de bu çok doğru bir kullanım değildir. Bu hatanın sebebi, İngilizcede halk arasında "insan ve ataları" kalıbının "hominid" sözcüğüyle karşılanmasıdır. Halbuki "hominid" sözcüğü, Hominidae ailesinin tamamına ait türlerin adıdır. Bu türler arasında insanlar, şempanzeler, bonobolar, goriller, orangutanlar ve tüm bu canlıların bütün türleri, ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri bulunur. Yani Hominoidea seviyesine kıyasla sadece gibonlar, siyamanglar ve bunların soyu tükenmiş ataları ve kuzenleri dışlanır.
- *Homininae:* Bu noktadan sonra artık Türkçe ve İngilizce karşılık bulmak zorlaşır (kimi zaman "homininler" olarak bahsedilse de). Homininae, taksonomik bir alt ailedir (alt familya). İçerisinde insanlar, şempanzeler, bonobolar, goriller ve tüm bu canlıların bütün türleri, ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri bulunur. Yani Hominidae seviyesine kıyasla sadece orangutanlar ve bunların soyu tükenmiş ataları ve kuzenleri dışlanır.
- *Hominini:* Taksonomik olarak bir oymak veya tribü olan bu grup içinde insanlar, şempanzeler, bonobolar ve tüm bu canlıların bütün türleri, ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri bulunur. Yani Homininae seviyesine kıyasla sadece goriller ve bunların soyu tükenmiş ataları ve kuzenleri dışlanır.
- *Hominina:* İşte gerçek "insansı"lara geldik. Genelde tanıdığımız

"insanın ataları" olarak bilinen türler bu grup içinde yer almaktadır. Bunlar artık Kuyruksuz Maymunlar (Hominoidea) içinde yer alan şempanzelerle olan ortak atamızdan ayrıldıktan sonra modern insanlara (*Homo sapiens*) kadar evrimleşmiş ve yok olmuş her canlı türüdür. Antropolojinin genel odağında da bu türler bulunmaktadır. İçerisinde insanların bütün türleri, ataları ve soyu tükenmiş kuzenleri bulunur. Hominini seviyesine kıyasla şempanzeler, bonobolar bunların soyu tükenmiş ataları ve kuzenleri dışlanır. *Sahelanthropus, Orrorin, Ardipithecus, Australopithecus, Paranthropus, Kenyanthropus* ve *Homo* cinslerini içinde barındırır. Tabii bu cinslerin altındaki bütün türleri de... Bu şekilde baktığımızda tutucu bir tahminle 19, muhtemelense 30'un üzerinde tür bu grup içindedir.

- *Homo:* Nihayet *Homo* cinsine geldik... 2 milyon yıldır var olan, taksonomik bir cins. Ama dediğimizi unutmayın: Tek insan türü asla değiliz, yaklaşık 14 ayrı türü barındıran bu cinsin üyelerinden sadece biriyiz. Biz, sadece son 200 bin yıldır var olan *Homo sapiens* türüyüz. Bize kimi zaman "modern insanlar" deniyor, kimi zamansa "anatomik olarak modern insanlar"... Halk arasında sadece "insan" olarak biliniyoruz; halbuki tek insan biz değiliz.



Görsel 8-1: İnsanların en yakın kuzenleri ile ilişkisini gösteren bir Evrim Ağacı. Bu ağacı, ilerleyen sayfalarda göreceğiniz diğer ağaçlarla kıyaslayarak, Evrim Ağacı üzerindeki yerimizi daha iyi anlayabilirsiniz.

Görebileceğiniz gibi terminoloji oldukça karmaşıktır. Özellikle de "insan", "insansı", "insanımsı" gibi Türkçe terimler işi daha da karıştırmaktadır; çünkü bunlar kimi zaman birden fazla grubu tanımlamak için kullanılabilmektedir. Yine de, en azından temel düzlemde bu terimleri birbirinden ayırt etmeyi başardıysak, artık antropolojiye biraz daha derinlemesine bakmaya başlayabiliriz.

ANTROPOLOJİNİN ALT BAŞLIKLARI ÜZERİNDEN EVRİM İLİŞKİSİNİ ANLAMAK

Antropoloji biliminin büyük bir ağaç olduğunu varsayarsak; bu ağacın dört ana dalı[6] olduğunu görürüz. Şimdi bunlar üzerinden giderek antropolojiyi biraz daha yakından tanımaya çalışalım.

Daha önceki bölümlerde sıklıkla yurtdışından araştırmacılara yer vermiştik. Bu bölümde ise büyük oranda ülkemizde araştırmalar yürüten uzmanların ve bilim insanlarının çalışmalarına yer vereceğiz. Çünkü ilerleyen bölümlerde de göreceğimiz gibi, bir ülkenin yapısı ve dokusuyla aşina olmak, bilimin ve ilerleyişin o toplum tarafından nasıl algılandığını öğrenmek antropolojik araştırmalar bakımından büyük öneme sahiptir. Her ne kadar bu Türkiye toprakları veya Anadolu coğrafyasında yetişmemiş birisi büyük emekler sonucunda bu toprakları en az bir yerli kadar iyi tanıyabilecek olsa da, halihazırda ülkemizden çıkmış önemli antropologlar varken, bu kıymetli bilim insanlarımızın çalışmalarına yer vermemek hata olacaktır diye düşünüyoruz. Hazırsanız, başlayalım:

1. Sosyal-Kültürel Antropoloji

İnsanın, biyolojik varlığının dışında yarattığı toplumsal-kültürel alanı, bütün çeşitliliği ve benzerlikleri içinde kavramaya ve anlamaya yönelmiş olan antropoloji dalı sosyal-kültürel antropolojidir. Bu alanın temel malzemesi, belirli bir topluluğun bütün kültürel örüntüsünü gözler önüne sermeye yönelen *etnografya* çalışmalarıdır. Etnografya çalışmaları, bir topluluğu bütün toplumsal-kültürel özellikleriyle betimleyen bir kılavuz gibidir.[7]

Sosyolojiden ayrıldığı ana nokta, sosyologlar sanayileşmiş Batı toplumlarını ele alırken, kültürel antropologlar sanayileşmemiş toplumları da ele alır ve "ilkel" kavramı üzerine yoğunlaşır. Sosyolog "toplumun oluşturduğu insan" gözlüğünü takarken; antropolog "insanın oluşturduğu toplum" gözlüğünü gözünden asla düşürmez.

Sosyal-kültürel antropoloji sadece ilkelleri araştırmakla kalmaz, uygulamalı antropoloji dalları sayesinde günümüzdeki sorunlara da gündelik çözümler arar. Örneğin tıbbi antropoloji, kent antropolojisi, kalkınma antropolojisi gibi

6 Cottak, C. P., 1994, *"Antropoloji-İnsan Çeşitliliğine Bir Bakış"*, Ütopya Antropoloji Dizisi.

7 Aydın, S., Erdal, Y. S., 2007, *"Antropoloji"*, Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi yayını. Yayın no: 912.

alt alanları, modernleşen insan toplumunun ve kültürünün bu süreçte karşılaştığı yeni olgulara uyarlanma zorluklarına yeni çözümler geliştirir. Toplulukların dışındaki güçlerin zemin hazırladığı dönüşümler karşısında savunma geliştirip, toplumun bu tip dönüşümlerle nasıl uzlaştığını anlamaya çalışır. Yerlinin bakış açısını yansıtır. Bunu yaparken karşılaştığı şu 3 sorunun cevapları önemlidir:

1. İnsanlar ve toplumlar neden birbirine benzer?
2. İnsanlar ve toplumlar neden birbirine benzemez?
3. İnsanlar ve toplumlar neden ya da nasıl değişir?

Bu 3 soruya cevaplar ararken keşfedilenler, insan toplumlarını anlamak adına büyük öneme sahiptir. Örneğin, uygulamalı kalkınma antropolojisi sahasında çalışan antropologlar, devletlerin kalkınma ajansları için çalışırlar. Ekonomik kalkınma ve değişimi etkileyen toplumsal ve kültürel özellikleri değerlendirirler.

Bunu şöyle düşünebilirsiniz: Kalkınma ihtiyacında olan ülkeler, genellikle ülkelerini rol model aldıkları yabancı uzmanlarla işbirliği içinde çalışırlar. Bu uzmanlar, söz konusu bölgede çalışmalar yürütürler; ancak bu noktadaki en büyük sıkıntı, bu uzmanların o bölgeyi anavatanları gibi tanımıyor oluşlarıdır. Buna karşılık bir antropolog, halihazırda yerel kültürler üzerine uzmandır ve bu uzmanlıkla kalkınma planlarının başarı ya da başarısızlığını etkileyecek özgül toplumsal koşulları ve yerel gereksinimleri tanımlayabilirler.

Buna bir örnek olarak Afrika'nın kalkınmasıyla ilgili çalışmaları verebiliriz. Modern bir toplumda yaşayan bir planlamacı, Afrika'da pirinç tarımı için gerekli olan emek hakkında az bir bilgi sahibi olabilir (ki genellikle durum budur). Kırsal sahneyi tanıyan bir antropologa bu konuda danışılmazsa, yapılan öngörüler ve proje başarı hesaplamaları gerçekçilikten uzak olacaktır ve hatta uzun vadede muhtemelen başarısızlıkla sonuçlanacaktır.

Söz konusu durum tıbbi antropoloji olarak bilinen uygulamalı antropoloji sahasında da geçerlidir. Bir tıbbi antropolog, hastalıkların sosyo-kültürel bağlamını ve anlamlarını göz önünde bulundurarak çalışmalarını sürdürür. Bu son derece önemlidir; çünkü sanılanın aksine tüm toplumlar her hastalığı aynı şekilde değerlendirmezler. Kültürler arası araştırmalar, iyi ve kötü sağlık anlayışının, güncel sağlık tehlikeleri ve sorunlarının kültürler arasında farklılık gösterdiğine işaret etmektedir. Farklı toplum ve etnik gruplar, farklı hastalıkları ve belirtilerini farklı şekillerde tanırlar ve farklı sağlık sistemleri ile sağaltım stratejileri geliştirmişlerdir. Dolayısıyla bu toplumların hastalıklara bakış açılarını tanımak, o toplumların sağlık sistemlerinin geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir.

Antropolojinin günlük yaşantımızdaki ve insanlığın genel gidişatındaki önemi birçoklarının gözünden kaçtığı için, bu nokta üzerinde bir miktar durmak istiyoruz. Bir tıbbi antropoloji çalışması olarak, Dicle Üniversitesi Tıp Fa-

kültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nuran Elmacı'nın 2000 tarihinde yaptığı araştırmasına bir göz atmakta fayda vardır.[8]

Özellikle tropikal bölge toplumlarındaki hastalık algısı üzerine çalışan uzmanlar, Afrika'daki toplumların hastalıkları "her zaman görülen hastalıklar", "Avrupa hastalıkları" ve "Afrika hastalıkları" olarak üç temel gruba ayırdıklarını tespit etmişlerdir. Yerliler bu hastalık kategorilerinden ilkini evlerde normal şekilde bulunabilen ilaçlarla tedavi etmeye çalışırken, ikinci gruptakilerin sadece batının ürettiği ilaçlar ile çözülebileceğine inanmaktadırlar. Son gruptaki yerli hastalıklar kategorisindeki hastalıklar ise onlara göre hiçbir batılı ilaç tarafından tedavi edilemez ve yalnızca kendi geleneklerine ait unsurlarca tedavi edilebilir.

Afrikalılar bu konuda yalnız değildir. Orta Amerika'da yaşayan Meksika toplumlarının hastalıklara bakış açısı ise Afrika'dakinin aksine coğrafi lokasyona değil, bedendeki etkilerine dayanmaktadır. Genel olarak dört kategoride toplanabilecek hastalık algıları arasında "vücudun sıcak-soğuk dengesinin bozulması", "organ fonksiyon bozuklukları", "nazar değmesi" ve "duygusal hastalıklar" bulunmaktadır. Bunları tedavi yöntemleri de yerel inanç ve geleneklere dayanmaktadır. Örneğin, ilk kategorideki hastalıkları "zıtı ile tedavi" yöntemine gitmektedirler. Yani soğuk kaynaklı olduğuna inandıkları hastalıkları sıcakla, sıcak kaynaklı olduğuna inandıklarını soğukla tedavi etmeye çalışırlar. Yüz çarpılması veya kısırlık gibi "nazar değmesi" sonucu oluşan hastalıkların "büyü temelli" olabileceğine inanırken, bazı psikolojik rahatsızlıkların "kaçak ruhlar" nedeniyle oluştuklarını düşünmektedirler.

Görülebileceği gibi toplumların sağlık algısının bilimsel gerçeklerle hiçbir alakası olmaması sıklıkla görülen bir durumdur. Ancak tüm bunlar, o toplumların "doğru" kabul ettikleri inanışlardır. Bilimle iç içe olanların bu tip durumlarda ister istemez bu yaklaşımları aşağılama ve saçma olduklarını düşünme meyilleri olsa da, bunun o toplumlardaki sağlık anlayışı üzerinde olumlu bir etkisi olmayacaktır. Bu sebeple antropologlar, toplumların algıları ve bu algıların tarihsel sebepleri ile ilgili bizlere önemli veriler sunmaktadırlar.

2. Biyolojik Antropoloji

İnsanın biyolojik çeşitliliğini, canlılar dünyasındaki yerini ve evrimini, eski insan topluluklarının karşılaştıkları sağlık sorunları ve onların demografik özelliklerini inceleyen geniş bir alandır. İnsanlarla ilgili bu araştırmalar dışında, omurgalı hayvan gruplarını da içinde yaşadıkları çevre ile birlikte paleoekolojik veriler ışığında, paleontoloji gibi farklı bilim dallarıyla ortaklaşa çalışmalar yürüterek incelemektedir. İnsanın zaman ve mekân içindeki çeşitliliğine ışık tutar. Bu çeşitlilik, büyük ölçüde genetik ve çevresel etkilerin (veya çevre

8 Elmacı N., 2000, "*Tıbbı Antropolojinin Araştırma Alanları ve Toplum Sağlığına Katkıları*", Folklor/ Edebiyat V111.22-2 Ankara.

baskılarının) bir karışımı sonucunda oluşmakta ve çeşitliliğin maruz kaldığı seçilim baskıları altında türler farklılaşmaktadır.

Söz konusu çevre baskıları arasında sıcaklık, nem, gün ışığı, yükseklik, besine erişimin kolaylığı ve hastalıklar gibi fiziksel değişkenler bulunmaktadır. Ancak antropoloji, insan biyolojisini incelerken sadece biyoloji ile yetinmez. Bir taraftan insan atasal formların fosil kayıtlarını, dünyada yaşayan nüfus içindeki çeşitli genlerin dağılımını, genetik kalıtım mekanizmasını ve çeşitli ülkelerde yaşayan insanların farklı biçim ve renk kompozisyonunu incelerken, öte taraftan insanların ve yakın primat[9] akrabalarının davranış modelini anlamaya ve açıklamaya çalışır.

Bu çalışmaları doğal ve sosyal çevre ile ilişkili olarak evrimsel modelleme ile gerçekleştirir. Bunu yaparken, beş temel ilgi alanı özelinde çalışmalar yürütmekte olduğunu görmekteyiz. Bunları tek tek tanımak, antropoloji-biyoloji ilişkisini tanımamızı kolaylaştıracaktır.

Biyolojik antropolojinin beş alt başlığının en başında gelen *paleoantropoloji* "eski insan bilimi" olarak Türkçeleştirilebilir. Literatürde kimi zaman "insan paleontolojisi" olarak da anılmaktadır. Genel olarak fosil kanıtların ortaya çıkardığı Hominoidea-Hominidae (insan benzeri, insansı) evrimini incelemektedir. Bunu yaparken paleontoloji, jeoloji, arkeoloji, biyoloji, osteoloji[10], odontoloji[11] bilimleri ile birlikte çalışır. İnsan ve atasal bağlarının zaman içindeki evrimini fosil kayıtlara dayanarak açıklar. Türler arası ilişkiyi biyolojik, morfolojik ya da mukayeseli anatomik yapıya bakarak yapar. Paleoantropolojik çalışmalarla taksonomi, insanın evrimsel süreci, arkaik toplumlararası ilişkiler, faunal birlikteliklerle insanın ve birlikte yaşadığı diğer canlıları paleoekolojik özellikleri ile ilgili sonuçlara varılabilmektedir. Bir diğer deyişle biyolojik antropoloji, insanlar olarak tarihimizi bir bütün olarak aydınlatabilmek adına sahip olduğumuz en önemli bilim sahalarından birisidir diyebiliriz. Bir örnekle açıklayalım:

2012 yılında yapılan bir çalışma öncül insan atalarının ağaç kabuğu, meyve, yaprak ve diğer besinlerden oluşan sert besinlere dayanan bir diyete sahip

9 Primat sözcüğü, yüksek zekâları dolayısıyla hayvanlar âleminin Memeliler Sınıfı içinde "birinci seviyeli, birincil" anlamındaki *prima* sözcüğünden türetilmiştir. Ön Maymunlar'ı (Prosimiyenler) ve Maymunlar'ı (Simiyenler) kapsar. Ön Maymunlar içinde lemurlar, lorisler, Afrika lemurları ve tersiyerler bulunur. Maymunlar içindeyse her biri onlarca veya yüzlerce türü barındıran Kuyruksuz Maymunlar, Eski Dünya Maymunları ve Yeni Dünya Maymunları bulunur. İnsanları da içinde barındıran Kuyruksuz Maymunlar, Eski Dünya Maymunları'ndan ayrılarak evrimleşmiş bir gruptur. Dolayısıyla insan, bir Kuyruksuz Maymun türüdür. Dolayısıyla, modern evrim savunucularının bile düştüğü bir hatanın aksine, insan (*Homo sapiens*) maymunlardan evrimleşmekle kalmamıştır; aynı zamanda halen bir maymun türüdür (daha spesifik olarak "kuyruksuz maymun" türüdür). Bu konularla ilgili olarak Çağrı Mert Bakırcı'nın yazdığı *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* kitabı okunabilir.

10 Kemikbilim.

11 Dişbilim.

olduğunu savunmaktaydı. Bu antropologlar için büyük öneme sahiptir; zira atalarımızın ne tür besinleri tükettiğini bilmek, onların alet yapabilme becerilerinden tutun da evrimsel tarihlerine kadar birçok gizemi aydınlatabilmemizi mümkün kılmaktadır. Atalarımızın sert kabuklu besinleri kırıp kıramadığı konusu, kafatası yapımız ve çene basıncımız gibi önemli konularda bizlere bilgiler vermektedir. Son birkaç yıldır *Australopithecus* cinsi atalarımızın sert kabuklu cevizleri kırabilecek kadar güçlü çenelere sahip olduğu düşünülmekteydi. Bu durum, onların yaşam biçimiyle ilgili fikirlerimizi doğrudan etkilemekteydi.

Ancak 2016 yılında yapılan ve *Nature* dergisinde yayınlanan ve matematiksel bilgisayar modellerini, modern antropoloji bulgularıyla bir araya getirerek analiz eden bir çalışma[12], 2 milyon yıl önce yaşayan insanların diyetlerinin sert besinlere dayanmadığını ortaya koymuştur. *Australopithecus sediba* üzerinde yapılan bu çalışma ile, bu türün çenesinin böyle bir beslenme örüntüsüne uygun olmadığı anlaşılmıştır.

Paleoantropolojinin yaşantımıza kattıklarını öğrenmek için çok da uzağa bakmamız gerekmez. Ülkemizde yapılan paleoantropolojik çalışmalardan da örnekler vermek mümkündür. Örneğin, Denizli'de bulunan *Homo erectus* örneklerinden birisi, en eski tüberküloz vakasının Anadolu'da saptandığını ortaya koymaktadır. Bulunan fosil örnek üzerinde araştırmalar yürüten bir grup bilim insanı, kafatasının iç yüzeyinde görülen lezyonların tüberküloz sebebiyle oluştuğunu ve bunun, bireyin koyu derisinin güneş ışınından yeteri kadar D vitamini alamadığı için meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu görüş doğru ise, Denizli'nin Kocabaş ilçesinde çıkarılan insansı fosilin tüberküloz hastalığının bilinen en erken taşıyıcısı olması olasılığı da fosilin önemini arttırmaktadır.

Ancak elbette ki sadece kemiklere bakarak böylesi moleküler konularda kesin yargılara varmak ve bilim camiasını bu konuda ikna etmek son derece güçtür. Tahmin edilebileceği üzere, bazı bilim insanları bu analiz metotlarını eleştirmekte, fosil üzerinde D vitamini eksikliğine dair izlerin bulunduğunu söylemenin mümkün olmadığını ileri sürmekte, mevcut izlerin tüberküloz tanımı yapmak için yeterli olmadığını ve bu lezyonların, beyin zarlarından birindeki çıkıntılardan meydana gelen sıradan kemik değişimleri olduklarını savunmaktadırlar. Bu anlaşmazlıklar da paleoantropoloji hakkındaki kapsamlı çalışmaların değerini arttırmaktadır. Zira bu tartışmalar olmaksızın bilimin ilerlemesini beklemek mümkün olmayacaktır.

Paleoantropolojinin günümüzdeki uzantılarından birisi olan *primatoloji*, biyolojik antropolojinin önemli alt başlıkları arasındadır. Adından da anlayabileceğiniz gibi primatoloji; maymunlar, kuyruksuz büyük maymunlar ve diğer insan olmayan Hominoidea'nın biyoloji, davranış ve toplumsal yaşamını incele-

12 Ledogar, J.A., vd. 2016, *"Mechanical Evidence that Australopithecus sediba was limited in its ability to eat hard foods"*, Nature, 7 (10596).

yen bilim dalıdır. Her ne kadar primatoloji genellikle zoolojinin (hayvan bilimlerinin) bir alt başlığı olarak görülse de, bu alanda yapılan çalışmaların önemli bir bölümünün antropolojik verilere dayanıyor olması onu biyolojik antropolojinin bir parçası kılmaktadır.

Primatlar en yakın atasal bağlarımız olan türleri -maymunları ve kuyruksuz büyük maymunları- içermektedir. Primatologlar, bu hayvanların biyoloji, evrim, davranış ve toplumsal yaşamını, genellikle doğal çevreleri içinde incelerler. Birçok antropolog, primat davranışlarının erken hominid davranışına ve insanın doğası ve insan evrensellerine ışık tuttuğunu düşündüğü için, primatoloji sıklıkla paleoantropolojiye yardımcı olan bir dal olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamlardan dolayı evrim de, primatoloji-paleoantropoloji kesişiminin birincil öznesidir.

Bunu bir örnekle ele almak mümkündür: Ülkemizde yapılan kazılardan biri olan ve 1983 yılında Prof. Dr. Berna Alpagut tarafından başlatılan Paşalar Kazısı'nda, evrimsel süreçteki önemli türlerden olan *Griphopithecus alpani* ve *Kenyapithecus kızılı* türleri keşfedilmiştir. Araştırmada bu türlerin 15 milyon yıl kadar önce Anadolu'da yaşadığı saptanmış ve evrimsel süreçteki göç yollarından birinin de günümüz Bursa ili sınırlarından geçtiği anlaşılmıştır. Bu örnek, primatoloji araştırmalarının ülkemiz coğrafyasının bilimdeki yerini tespit etmek adına ne kadar önemli olduğunu bizlere bir kez daha göstermektedir.

Ülkemizde yapılan önemli primatoloji çalışmaları bununla sınırlı değildir. Prof. Dr. Ayla Sevim Erol tarafından yapılan Çorakyerler kazılarında *Ouranopithecus turkae* olarak bilinen bir primat türünün buluntularına rastlanmıştır. Sadece 3 adet kafatası fosiline ulaşılabilen türün, Geç Miyosen Dönem'de (günümüzden 8.7-7.4 milyon yıl kadar önce) Anadolu'da yaşadığı ve Avrasya topraklarında yaşamış en genç büyük kuyruksuz maymunlardan birisi olduğu tespit edilmiştir. Muhtemelen açık savanada yaşayan bu canlı ve yakın kuzeni *O. macedoniensis* türlerinin orangutanların atalarıyla akraba olduğu düşünülmektedir. Günümüzde orangutanların sadece Asya'nın Borneo ve Sumatra ormanlarında yaşadığı düşünülürse, Anadolu'dan gelen bu fosillerin ne kadar ilgi çekici olduğu anlaşılabilecektir.

Primatoloji alanında yapılan çalışmalara bir de yurtdışından örnek verecek olursak: Duke Üniversitesi'nden araştırmacılar, bilimsel kaynakları tarayarak babunlardan insanlara kadar 21 farklı primat türünün uyku özelliklerini bir araya getirdikleri bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Daha sonra istatistik teknikleri aracılığıyla her bir türün primat soy ağacındaki yerini tespit etmişlerdir. Sonrasında bu evrimsel konum ile çeşitli fiziksel ve davranışsal özellikler arasındaki bağlantıları incelemişlerdir. Bu araştırma sonucunda, insan türünün diğer memeli ve primat akrabalarına kıyasla daha az uyuduğunu; ancak buna rağmen uyuduğu süre zarfında daha verimli bir şekilde uyuyabildiğini ortaya koymuşlardır.[13] Bu durumun insan zekâsının evriminde önemli olduğu düşü-

13 Samson, D. ve C. Nunn. (2015) "*Sleep intensity and the evolution of human cognition*," Evolutionary Anthropology, DOI: 10.1002/evan.21464

nülmektedir. Tahmin edilebileceği üzere, insan evrimini anlamadaki en önemli adımlardan birisi, primatları anlamaktır.

Biyolojik antropolojinin alt başlıkları arasında bulunan diğer önemli çalışma sahalarından birisi de *biyoarkeoloji* adıyla bilinen sahadır. Biyoarkeologlar, eski insan topluluklarının iskelet kalıntılarını inceleyerek onların yaşadıkları sağlık sorunlarını, toplumların demografik özelliklerini, antik bireylerin ölüm nedenlerini ve yaşam koşullarına bağlı fiziksel değişimlerini ele almaktadırlar. Yaptıkları iş, bir nevi "antik ölü dedektifliği" olarak düşünülebilir.

Örneğin ülkemiz paleoantropologlarından Pınar Gözlük Kırmızıoğlu'nun 1998 tarihli araştırmasında, Klazomenai antik kentinde yaşayan toplumun paleodemografik çalışmaları yapılmış ve Anadolu'daki çeşitli dönemlerde yaşamış topluluklarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmayla Klazomenai insanlarında anatomik ve fiziksel özellikler ortaya konarak İyonyalılar'ın, Lidyalılar'ın ve Persler'in varlıklarının yeni bir demografik yapının ortaya çıkmasına olanak sağladığı anlaşılmıştır.[14]

Bir örnek daha verecek olursak[15], North Carolina State University tarafından yapılan bir çalışmada antropologlardan oluşan bir ekip, günümüzde Peru'nun bulunduğu bölgede yaşamış Kolomb öncesi yedi halkın yüz özellikleri arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Böylece bu grupların fiziksel özellikler açısından homojen olduğu yönündeki uzun zamandır süregelen algı çürütülmüştür. Coğrafi uzaklığın gruplar arasındaki yüz özellikleri farklılıklarında bir faktör olduğunu tespit edilmiştir. Bu örnek, göreceli olarak yakın tarihimizle ilgili bile ne kadar az bilgiye sahip olduğumuzu, dolayısıyla biyoarkeoloji sahasında yapılan çalışmaların önemini göstermektedir.

Biyolojik antropolojinin önemli alt başlıklarından bir diğeri *fiziksel antropoloji* sahasıdır. Fiziksel antropologlar, yaşayan insan topluluklarının biyolojik çeşitliliğini, büyüme ve gelişme sorunları incelerler. Bu sahanın ilk dönemlerindeki çalışmaları arasında iskeletler, yaşayan insan toplulukları ve insanın yakın akrabaları üzerinde giderek standartlaştırılmış ölçümleme ve morfolojik gözlemler, bir dereceye kadar basit istatistik analizlerinin uygulanışı gibi araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda insanlara ait boylar, kafatasları, vücut ölçüleri ölçülmüş ve toplumlar bu özelliklerine göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır.[16] Anlayabileceğiniz üzere antropolojinin bu alt sahası, "ırkçılık" ve "kafatasçılık" gibi suçlamaların en çok işitildiği sahalardan birisidir. Bu konudaki tartışmalara ilerleyen sayfalarda bir miktar döneceğiz; ancak şu belirtilmelidir ki, bu sahalarda

14 Gözlük Kırmızıoğlu, P., 1998, *Klazomenai İskeletlerinin Paleoantropolojik Açıdan Değerlendirilmesi*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fizik ve Paleoantropoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

15 Stone, J., *et al.*, "*Craniofacial plasticity in ancient Peru*", *Anthropologischer Anzeiger* 72(2), (2 Mayıs 2015)

16 Erginer, G., 1972, "*Antropolojinin Konusu ve Alanı*", "An Introduction to Antropology, Second printig, New, York. Çevirmen, Erginer.

çalışmalar yürüten insanların yapmaya çalıştığı şey insanları ırklara bölerek dışlamak veya ayırmak değil, insan toplumlarının fiziksel özelliklerinin çevreleriyle ilişkilerini anlamaktır. Yani yapılanın, kelebekler ya da fareleri tanımak ve sınıflandırmak için yaptığımızdan pek bir farkı yoktur. Ne var ki söz konusu denek insan olduğunda, insanların algıları da rahatsızlık verici biçimde değişmektedir. Her ne kadar bilimin toplum üzerindeki etkileri antropolojinin en temel araştırma konularından biri olması bakımından önemliyse de, eğer ki toplumun "duyarlılıkları" bilimin soru sormasının önüne geçiyorsa orada bir sıkıntı var demektir. Dahası, her ne kadar fiziksel antropolojiden gelen veriler bazı fiziksel özelliklerin insan popülasyonlarının kökenlerini belirlemekte belirli hata payları dahilinde kullanılabilir olduğunu gösterse de, genetik ve evrim sahalarından gelen çalışmalar bu kategorilerin hayali veya yüzeysel olduğunu göstermektedir.

Ülkemizde fiziksel antropoloji alanında Şevket Aziz Kansu, Enver Yaşar Bostancı ve Armağan Saatçioğlu'nun yaptığı çalışmalar bu alandaki öncül çalışmaları oluşturur. Armağan Saatçioğlu'nun 1978 yılının Eylül ve Ekim aylarında Ankara ve İzmir'de 7-11 yaşları arasındaki Türk çocuklarında ideal standart antropometrik ölçüleri üzerine yaptığı çalışmalar[17], fiziksel antropolojinin ülkemizde nasıl yer bulduğuna örnek gösterilebilir.

Bu çalışmalar sayesinde elbette ki sadece toplumsal kategorizasyonlar değil, toplumların fiziksel özelliklerinin değişimine dair de çok önemli veriler elde edilebilmektedir. Örneğin, Dr. Saatçioğlu'nun sözünü ettiğimiz araştırması sonucunda ülkemizdeki çocukların büyümeleri sırasında ne tür değişimler sergilediği ve bunların kaynakları daha net bir şekilde anlaşılabilmiştir. Toplumların gelişebilmesinin kendilerini tanımak ile başladığı düşünülecek olursa, bu çalışmaların ırkçılık ile suçlanmasının akıl dışılığı görülecektir. Unutmamak gerekiyor ki bilim gerçekleri ortaya koymak ile ilgilidir. Bu gerçeklerin nasıl yorumlanacağı veya insanlara neler hissettirdiği bilimin genel ilgi alanı değildir. Antropoloji, bu hissiyat ve düşünceler ile ilgilenen bir bilim sahası olsa da, genel bilim prensiplerini ve işleyişini takip eden bir çalışma sahası olması bakımından rahatsızlık verici olabilecek soruları da sorabilmesine izin verilmelidir.

Biyolojik antropolojinin en ilginç çalışma sahalarından birisi *adli antropoloji*dir. Adli antropologlar, çeşitli metot ve teknikler kullanarak iskelet ve iskelete ait parçaları, kemik/kemikler üzerinde özel vurma, çarpma ve oluşmuş olan çiziklere bakarak ve kapsamlı ölçüler alarak iskeletlerin kimliklendirilmesini sağlarlar. Halk arasında *Bones* isimli dizi aracılığıyla ün kazanan bu sahada cinayetler, kazalara ya da katliama kurban gidenler ve doğal felaketler sonucu hayatlarını kaybedenlerin iskeletleri incelenmektedir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler adli alanlarda kullanılabilmektedir.

17 Unat Y. ve Sevim Erol, A. " *Doç. Dr. Armağan Saatçioğlu (1944-1990) Unutulmuş Bir Antropolog*", Eskişehir Orhangazi Üniversitesi Yayınları Yayın No:165 (Türkiye'de Bilim ve Kadın Kongresi Bildiri Kitabı, Yayına Hazırlayan: Dr. Günseli Naymansoy)

Örneğin, Frigler'in Başkenti Gordion'da yapılan kazılarda büyük bir tümülüsten[18] çıkan kafatasının Kral Midas'a ait olduğu kesinleşmiştir. Bu son derece önemli bir bulgudur; çünkü bir kafatasının kime ait olduğunun bilinmesi, o kişiye ait diğer niteliklerden de yola çıkarak bireyin yüzünün yeniden oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede Kral Midas'ın yüzü "yeniden yüzlendirme teknikleri" sayesinde tekrardan bir araya getirilebilmiştir. Bu sayede, mitolojiye de konu olan "eşek kulakları"nın Trak kökenli halklar arasında soyluluk simgesi olarak uzatılıp sivriltilen kulak kıllarından yola çıkarak geliştirildiğini düşündürecek bulgular tespit edilebilmiştir. Bir diğer deyişle Kral Midas'ın kulaklarının iddia edildiği kadar da büyük olmadığı adli antropoloji sayesinde keşfedilebilmiştir.

Her ne kadar günümüzde artık antropolojinin sınırlarının oldukça ötesinde yer alıyor olsa da, *Popülasyon Genetiği* de önemli bir biyolojik antropoloji sahasıdır. Daha önceki bölümlerde de gördüğümüz üzere bu sahada araştırmalar yürüten bilim insanları, belirli bir yerde yaşayan ve birbirleriyle etkileşen aynı tür bireylerden oluşan toplulukların kalıtımsal ilişkilerini incelemektedirler. Popülasyon genetikçileri arasında özellikle insana odaklanan bilim insanlarının çoğu zaman antropolog olması tesadüf değildir. Bu konuya tamamen ayrı bir bölüm ayırdığımız için detaylarına tekrar girmeyeceğiz; fakat o bölümde öğrendiklerimizin birebir insana da uygulanabilir olduğu gerçeği, antropoloji ve evrim arasındaki sıkı ilişkiyi görmemizi sağlayan unsurlardan sadece birisidir.

Görebileceğiniz gibi burada değindiğimiz temel alt birimler, fiziksel antropolojiyi biyoloji, zooloji, jeoloji, genetik, evrimsel biyoloji, anatomi, fizyoloji, tıp ve kamu sağlığı, osteoloji gibi sayısız başka alanlara bağlamaktadır. Bu nedenle antropolojinin sadece kafataslarını ölçmekten ibaret olmadığı görülmeli ve "insana dair olanı anlamak" konusunda sahip olduğumuz en güçlü bilim dallarından birisi olduğu anlaşılmalıdır.

Charles Darwin sayesinde herhangi bir popülasyon içindeki mevcut çeşitliliğin sadece bazı bireylerinin hayatta kalabildiğini ve bunlardan da sadece bir kısmının üremede daha başarılı olduğunu bilmekteyiz. Bu gerçeğin üzerine giden ve bunun altında yatan moleküler sebepleri keşfetmek isteyen bilim insanları sayesinde, söz konusu çeşitliliğin ve bu çeşitliliğin aktarımının genetik yöntemlerle olduğunu keşfetmişizdir.

Burada anlaşılması gereken en önemli unsur, çeşitliliğin tek nedeninin genler olmadığıdır. Bireyin yaşamı süresince biyolojik özelliklerinin gelişiminde genetik ile çevre bir arada etki etmektedir. Bunun düşünmenin en kolay yolu şudur: Ebeveynlerden aldığımız ve evrimsel süreç boyunca şekillenmiş olan genler, bizlerin her bir özelliğinin genel hatlarını belirlemektedir. Bunu, bir çeşit "kalıp" olarak düşünebilirsiniz. Bu kalıp, evrimin çeşitlilik

18 Mezarların bulunduğu bölgelerde bulunan toprağın yükselmesi sonucu oluşan höyüklere verilen isimdir.

mekanizmaları nedeniyle sürekli olarak az veya çok değiştirilir. Bu çeşitlilik içinden en uyumlu olanlar, seçilim mekanizmaları aracılığıyla filtrelenir ve geleek nesillerin kalıplarını belirler. Fakat bu kalıbın içinin nasıl doldurulacağını belirleyen çoğunlukla çevredir. Her ne kadar genlerin bu kalıbın doldurulmasında da söz hakkı bulunuyor olsa da, aslen kalıbın içini dolduracak, onu şekillendirip "ne" olduğunu belirleyecek olan çevresel unsurlardır. Bu çevresel unsurlardan kasıt sadece yaşanılan ortamın fiziksel şartları (sıcaklık, nem, vs.) değil, aynı zamanda türün diğer bireyleriyle olan etkileşimlerdir (ebeveyn-yavru ilişkileri gibi).

Bu nedenle biyolojik antropoloji çevrenin, gelişme süresinde beden üzerindeki etkilerini de araştırır. İnsanın biyolojik ve kültürel evrimi karşılıklı ilişki içindedir ve birbirini daima tamamlar.

3. Arkeolojik Antropoloji

Arkeoloji ile antropoloji arasındaki çizgi son derece muğlaktır. Genel olarak, arkeoloji isimli bilimin antropoloji içinden doğduktan sonra çeşitlendiği ve bugünkü kapsamlı bilim dalı haline geldiği düşünülebilir. Arkeoloji genellikle *Homo* cinsine odaklanmaktadır; buna karşılık antropolojide tüm insansılar, hatta insanımsı türler bile ilginin odağında bulunmaktadır. Bir sonraki bölümde detaylıca ele alacağımız için burada sadece kısa bir özete yer vermek istiyoruz.

Arkeoloji, eski insan topluluklarının bıraktıkları ve bugüne kadar ulaşan, genellikle toprak altından çıkarılan maddi kültür varlıklarının saptanmasını, bunların incelenmesiyle geçmiş kültürlere, yaşam ve geçim biçimlerine ilişkin bilgilerin elde edilmesini amaçlayan bir alandır. Tarih öncesi çalışmaları kapsar ve insan davranışı-kültürel örüntüleri maddi kalıntılar aracılığıyla yeniden inşa eder, betimler, yorumlar. Arkeoloji de kendi içinde Prehistorya, Protohistorya ve Klasik Arkeoloji olmak üzere 3 dala ayrılır.

Tarih öncesi devirleri kendisine konu edinmiş olan arkeoloji, bu devirlerin sırasını, evrimini ve gelişimini inceler. Arkeolojinin incelediği bazı devrelerde sadece kazılarla ele geçirilmiş malzemeler kullanılarak insan kültürüne dair çıkarımlarda bulunulur. Eğer şanslıysak, bu çıkarımlara bazen yazılı dokümanlar da yardımcı olur.

Maddesel kültürü bu yönüyle incelemek son derece önemli ve gereklidir. Çünkü modern sanatın ve teknolojinin gelişimini anlamaya başka türlü olanak yoktur. Maddesel ya da maddeleşmiş kültür ve kültürün tarihsel gelişimi, belli başlı sanatların ve teknolojinin coğrafi dağılımı, bunların uygulanış biçimine teknoloji denilir. Yani arkeoloji, özünde teknolojinin evrimini çalışan bir bilim sahasıdır; ancak bunu yaparken genellikle antik teknolojiye odaklanır ve toplumun şartlarını göz önünde bulundurarak analizler yapar.

4. Linguistik (Dilbilim veya Dil Antropolojisi)

Her ne kadar dilbilim de günümüzde bağımsız ve antropolojiyle ilişkisiz gibi gözüken bir bilim dalı olsa da, aslında antropolojinin alt başlıklarından biri olarak doğmuş ve bu şekilde görülmesi gereken bir bilim dalıdır. Dilbilim, insana özgü haberleşme ve ifade etme sistemlerinin incelenmesi olarak bilinir. Buna rağmen modern dilbilim genellikle dil-lisan üzerinde çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır ve antropolojik tarihi inceleyen dilbilimcilerin sayısı azınlıktadır. Bizim ilgimizi asıl çeken ise bu tip çalışmalardır.

Antropolojik dilbilimciler, hominidlerin tam olarak ne zaman konuşmaya başladığını, dil-mekân-zaman bağlamında ve sosyo-kültürel yönleriyle araştırır. Çeşitli dilleri karşılaştırmalı olarak inceleyen bu bilim, toplumların nasıl birbirleriyle ilişkili olabilecekleri konusuna da ışık tutar.

Bazı dilbilimciler insanların ilk lisanının ne olabileceği konusuna eğilerek haberleşme sisteminin nasıl geliştiği konusunu anlamaya çalışmışlar; diğerleri modern lisanları inceleyerek insan davranışlarının dilde nasıl kodlandığını ve bir gramer biçiminin bir diğerinden nasıl farklılaştığını saptamaya çalışmışlardır. Bir diğer grup ise dil incelemeleri yoluyla insan zihniyetinin yapısını ve işleyişini anlamaya çalışır.

Düşünülecek olursa, kültürlere yaklaşmanın en kısa yolunun muhakkak ki "dil"den geçtiği görülecektir. Dil incelemeleri ile dil-kültür ilişkisini ele alır. Bir toplumun dilini anlamak, onların kültürünü anlamaya giden en önemli basamaktır.

Örneğin son yıllarda dilbilimciler tarafından yapılan çalışmalarla insanların dünyaya yayılımın sırasında dillerin evriminin, biyolojik evrimi etkilediği saptanmıştır.[19] Dillerin insan genetiğine oranla çok daha büyük değişimler geçirmiş olmasından yola çıkılarak yapılan araştırmada sebebinin dillerin genetik miras olmaması ve oldukça kolay bir şekilde değişime uğrayabilmesi olarak belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında araştırmacılar insanın binlerce yıl boyunca yaptığı göçler ile dillerin değişimi arasında ipuçlarına rastlamışlardır. 2.082 dilden 728 sesi, 246 genetik işaretleyici ile bir arada inceleyen bilim insanları, aynı dil ailesinden olmayan dillerin bile eğer ki coğrafi olarak birbirine yakın bölgelerde evrimleşmişlerse, ses bakımından birbirine aynı ailedeki ama coğrafi olarak uzak olan iki dilden daha yakın ve benzer olduklarını tespit etmişlerdir.

Sonuçta antropoloji, tüm bu alt dalları ve alt dallarının geliştirdiği alanları ile kocaman bir ağaç şeklini almaktadır. Antropolojinin yöntem ve tekniklerine baktığımızda ise biyolojik antropolojinin doğa tarihi ve pozitivist bir yöntemle çalıştığını; sosyal-kültürel antropolojinin ise yapısalcı-işlevselci eğilim, alan araştırması ve katılarak gözlem[20] tekniklerini kullandıklarını görmekteyiz. Bu

19 Creanza, N., *et al.*, "*A comparison of worldwide phonemic and genetic variation in human populations*", *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 112(5), 1265-1272 (3 Şubat 2015)

20 Karasar tarafından 2005 yılında yapılan tanıma göre "katılarak gözlem yöntemi"nde gözlemci, gözlenenlerle birlikte olup onlardan biri gibi davranır. Amaç, araştırmacının bir gözlemci olduğunun bilinmemesidir.

bakımlardan antropoloji, bilimsel her perspektifi bünyesinde barındırmayı başaran, en kapsamlı bilim dallarından birisidir diyebiliriz.

İNSANA GİDEN EVRİMSEL YOL

Canlılığın biyolojik evrim sürecinde, doğal çevre sayesinde evrim mekanizmalarının işleyişi konusundaki çalışmalar, moleküler biyolojinin de gelişmesiyle ivme kazanmıştır. 4,54 milyar yıldır var olan yerkürede primat takımının ilk temsilcileri doğal ortamları olan ağaç yaşantısına adapte halde biyolojik evrimini sürdürmüşlerdir. Evrim sürecinin önemli bir unsuru olan rekabet faktörü, primat takımı ve diğer memeli hayvanlar arasında çevreye uyumda önemli bir rol üstlenmiş ve zekâ açısından üstün sayılabilecek bir role sokmuştur.[21]

Primat benzeri canlılar ilk olarak 65-53 milyon yıl önce Paleosen Dönem'de karşımıza çıkar. Günümüzde literatüre göre bilinen en eski öncül primat kalıntısını *Purgatorius* cinsinin dişleri oluşturur. *Purgatorius*'a ait ilk bulgular 1965 yılında, günümüzdeki Doğu Montana'nın Purgatory Tepesi'nden ele geçmiştir ve ismini bu tepeden almaktadır. Paleosen primatlarına ilişkin fosiller Kuzey Amerika'nın Batısı ile Avrupa'nın Batısında bol miktarda bulunmaktadır. Her iki kıtada bulunan primat faunası birbirine çok benzemektedir. Paleosen primatları Paramomyidae, Picrodontidae, Carpolestidae ve Plesiadapidae olmak üzere 4 temel ailede toplanabilir. Yaklaşık 100-5000 gram arasında değişen vücut ağırlığına sahip olan bu canlılar, genelde hepçil beslenme tipine sahiptirler.

İlk gerçek primat örneklerini ise Eosen Dönem'de 53-37 milyon yıl önce Kuzey Amerika (batısı) ve Batı Avrupa'dan görürüz. Asya'nın güneyinden ve doğusundan da bazı primat fosilleri de ele geçirilmiştir. Eosen primatları genel yapıları açısından ön maymunlara[22] benzerler. Göz çukurlarının yapısı bazılarının diurnal[23]; bazılarının nokturnal[24] olduğunu gösterir. Eller kavrayıcıdır, tırnaklar yassıdır, görüş yeteneği gelişmiştir. Öne doğru uzanan burun kısmında belirgin bir kısalma vardır, bu da koku alma duyusunun gerilediğinin belirtisidir. Göz çukurlarının yanlardan daha öne doğru gelmesi iki gözün görme alanının çakışmasına neden olmuştur. *Plesiadapis* gibi primat-benzeri memelilere göre daha iri beyine sahip olmalarına karşın, günümüz ön maymun formlarına oranla daha küçük beyine sahiptirler. Bu özellikleriyle primatların evrimi bakımından harika birer geçiş grubu oldukları söylenebilir.

---

21 Keleş, R., 1992, "İnsan Çevre Toplum" Derleme, İmge Kitabevi ve Berna Alpagut, "*Doğal Çevre ve İnsanın Evrimi*".

22 Ön maymunlar, ya da prosimiyenler (İng: prosimian), maymun olmayan primatların genel adıdır. Maymunlardan daha ilkin yapılı olan bu canlılar arasında lemurlar, loris-benzerleri, adapiformlar, tarsiyerler ve soyu tükenmiş omomiformlar bulunmaktadır.

23 Diurnal: Gündüz saatleri boyunca etkin olan canlı

24 Nocturnal: Gece saatleri boyunca etkin olan canlı

Oligosen Dönem ile birlikte, yani 37-25 milyon yıl önce, antropoidler görülmeye başlar. Antropoid, ön maymunlar haricinde kalan primatların iki alt takımına verilen genel bir isimdir, "Antropoidea" olarak da bilinen bu grup içinde Platyrhini (Yeni Dünya Maymunları) ve Catarrhini (Eski Dünya Maymunları) bulunmaktadır. Oligosen primatlarının bulunduğu önemli buluntu yeri, Mısır'daki Fayum fosil yataklarıdır. Fayum'da bulunan *Apidium, Propliopithecus* ve *Aegyptopithecus* isimleriyle bilinen 3 cins, insanın evrimsel tarihinde önemli yere sahip olan canlılardır. Örneğin "Mısırlı maymun" olarak da bilinen *Aegyptopithecus* 34 milyon yıl kadar önce yaşamıştır ve Eski Dünya Maymunları'ndan ayrılan Kuyruksuz Maymunlar'ın evriminde geçiş özellikleri göstermektedir.

İnsana giden yolda bizim için Antropoidea Eski Dünya Maymunlarını içermesi açısından önemlidir. Antropoidler, çok iyi gelişmiş stereoskobik görme yeteneğine, direkt öne doğru yönelmiş gözlere ve elde/ayakta gelişkin parmaklara sahip canlılardır. Gelişkin parmak ve bilek hareketleri ise karakteristik özellikleridir. Pençe yerine tırnaklara sahiptirler. Avuç içindeki el yastıklarının parmaklarda bitip elin tamamını kapsamaması parmaklarını becerikli bir şekilde kullanmalarını sağlar. Antropoidlerde diğer memelilere göre burunda küçülme gözlemlenmektedir. Kafatasında ise göz çukurları hizasında öne doğru bir ilerlemeyle karşılaşılmaktadır.

Antropoidlerin Yeni ve Eski Dünya Maymunları'nı içerdiğini söylemiştik. Yeni Dünya Maymunları yani Platyrhini'ler 36 adet diş sayısıyla karakterize edilen, kavrayıcı uzun kuyrukları olan, arboreal[25] canlılardır. İsimlerinden de anlaşılabileceği gibi bu maymunlar "yeni dünya"da, yani Amerika'nın merkezinde ve Güney Amerika'da yayılım göstermektedirler. Öte yandan "eski dünya" olarak bilinen Afrika-Avrasya'da yaşayan Eski Dünya Maymunları (Catarrhiniler) 32 adet diş sayısıyla karakterize edilirler. Sadece bu bilgilerden yola çıkarak, insanın bu maymun gruplarından hangisiyle daha yakın akraba olduğunu tahmin edebilir misiniz?

Miyosen Dönem ile birlikte, yani günümüzden 23 milyon yıl öncesinden başlayan ve 5 milyon yıl öncesine kadar devam eden zaman diliminde ise ilk Hominoidler görülmeye başlar. Bu dönem Kuyruksuz Büyük Maymunlar'ın diğer primatlara karşı baskın (dominant) hale gelmesinden ve ilk insanımsıların (hominoidlerin) ortaya çıkmasından dolayı önemli bir dönemdir. İnsanımsıların Miyosen Dönem'de Asya, Avrupa ve Afrika olmak üzere çok geniş bir alana yayıldıkları bilinmektedir. Bu durum hem onların baskınlığını, hem de ne kadar farklı coğrafi koşullara adapte olabileceklerini göstermektedir.

Miyosen insanımsılarının dağılımına bakacak olursak; Erken Miyosen Dönem'de sadece Afrika'dan bilinen insanımsı buluntuları, Orta ve Geç Miyosen'de Avrupa ve Asya'da yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunun ana nedeni

25 Ağaçlar üzerinde yaşayan canlılara verilen isim.

iklimde meydana gelen değişikliklerdir. Erken Miyosen hominoid lokalitelerinin genelde birbirine benzer şekilde ormanlık veya ağaçlık arazi olduğu görülür. Erken Miyosen insanımsıları meyve ya da yapraklarla beslenen canlılardır ve iskelet morfolojilerine bakıldığında arboreal, quadrupedal[26] ve süspansiyon[27] yaşama uyum sağladıkları görülür. Orta Miyosen hominoidleri ise ormanlık ya da çalılık arazilerde yaşamaya uyum sağlamışlardır. Geç Miyosen'e doğru ise savanalarda yaşam daha yaygındır. Yani atalarımız, eskiden ağaçlık alanlarda yaşarlarken belli bir noktadan sonra savana yaşantısına geçerek bu koşullara adapte olmaya başlamışlardır. Ayrıca Erken Miyosen hominoidlerinin dişleri ince enamelliyken[28] Orta Miyosen hominoidlerinin birçoğunun dişleri kalın enamelidir. Enamel kalınlığındaki bu değişiklik de, daha nemli ve ormanlık araziden daha kuru ve çalılık araziye geçiş ve buna bağlı olarak diyetin (beslenme biçiminin) değişmesiyle ilişkilidir.

Erken Miyosen Dönem'in en önemli coğrafi oluşumlarından birisi Büyük Tetis Denizi'dir. O zaman diliminde Anadolu topraklarının da içinde gömülü bulunduğu bu geniş su birikintisi, Avrasya ile Afrika arasında coğrafi bir bariyer oluşturmuştur. Bu durum, primatların Afrika'dan çıkışına engel olmuştur. Bu yüzden Erken Miyosen dönem boyunca Avrasya'da primat fosiline rastlanmamaktadır. Yaklaşık 20-15 milyon yıl önce ise Afrika'dan Avrasya'ya ilk büyük memeli göçü yaşanmıştır. Bu dönemde çoktan su üzerine çıkmış olan Anadolu coğrafyası, bu göçün yaşandığı önemli kara parçalarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tamamen Avrasya coğrafyasına adapte olmuş insanımsılar ise ilk defa 16 milyon yıl öncesine ait fosillerden ele geçirilmiştir.

Buraya kadar olan kısımda da gördüğümüz gibi, Hominidae (insansılar) ailesi öncesi "insan"a giden yolda, insansıları da kapsayan Hominoidea (insanımsılar) üst ailesi karşımıza çıkar. Hominoidea gibonları, hilobatları ve tüm insansıları (insan, şempanze, goril, vs.) kapsar. Hominoidea üst ailesinin morfolojik özelliklerine baktığımızda kuyruğun olmadığı ilk gözümüze çarpan özelliktir (bu nedenle "kuyruksuz maymunlar" olarak da anılmaktadırlar). Beyin büyüklüğündeki görece artış, kol ve omuz eklemindeki esnek olması, daha dik duruşa sahip olmaları, kollarının uzamış olması, geniş göğüs kafeslerinin olması ve sırt bölgelerinin görece daha kısalmış olması dikkat çeken diğer anatomik özelliklerindendir.

Eğer ki somut fosil örneklerin vermemiz gerekirse, insanımsılara ait ilk örneklerin 35-32 milyon yıl öncesine *Aegyptopithecus* cinsinden geldiğini görmekteyiz. Daha önce de söz ettiğimiz gibi *Aegyptopithecus*, adından da anlaşılabileceği üzere[29] Mısır'daki Fayum fosil yataklarından çıkarılan, şempanze ve gorillerin ortak atasından da daha eski olan bir cinstir. Doğu Afrika koruluk-

26 4 ayak üzerinde hareket etme eylemine verilen isim.

27 Ağaçlardan asılmak suretiyle hareket etme davranışına verilen isim.

28 Dişin üst kısmını kaplayan bölge, diş minesi

29 Egypt: Mısır

larındaki *Dendropithecus* ve Afrika tropikal ormanlıklarındaki *Proconsul* ilkin primatlardandır. Bu ilkin primatlar Erken Miyosen'e (23-15 milyon yıl öncesi) aittirler ve yaşayan kuyruksuz büyük maymunlarla benzerlikleriyle dikkat çekerler. Hint Tanrısı Şiva'dan adını alan *Sivapithecus* ise 13-7 milyon yıl öncesi zaman diliminde yaşamıştır ve günümüz orangutanlarının atası olarak bilinir. Bu örneklerin dışında *Griphopithecus, Ouranopithecus, Dryopithecus* gibi insanımsı primat örnekleri de vardır. *Griphopithecus* Erken – Orta Miyosen yaşıtlı Anadolu ve Orta Avrupa'dan bilinen bir cins; *Ouranopithecus* ise Geç Miyosen yaşıtlı Anadolu, Yunanistan ve Bulgaristan'dan bilinen bir cinstir. *Dryopithecus* ise Geç Miyosen yaşlı bir cinstir ve insansılar ile arasında evrimsel ilişkiler olup olmadığı tartışmalıdır. Ancak net olan bir şey, primatların içinde yaşanan dallanmada insana, hatta insanın en yakın kuzenlerinin tümünün ortak atasına giden evrimsel yolakta yaşadığını bildiğimiz sayısız antik tür bulunmaktadır. Bunların fosillerinin analizi, evrimin yumuşak ve kademeli geçişlerle ilerlediğini bizlere net bir şekilde göstermektedir.

Miyosen Dönem itibariyle Anadolu plakası ve Arap Yarımadası çarpışarak sular çekilmeye başlar, Anadolu coğrafyası yükselir ve türler için kıtalar arası geçiş sağlanabilecek bir kara köprüsü konumuna ulaşır. Gerek 23 milyon yıl önceki Memeliler Göçü için gerekse 17 milyon yıl önceki Hominoid Göçü için Anadolu bir geçiş hattıdır ve toprakları içinde Alt Miyosen Dönem'den başlayan çok geniş yelpazede oldukça iyi korunmuş fosil yataklarıyla kendisini gösterir.

Bu fosil yatakları üzerinden yapılan araştırmalarda Anadolu üzerinde oldukça geniş bir yelpazede fosil çeşitliliğiyle karşılaşırız. Anadolu üzerinde bulunan Hominoidea fosil yataklarından bahsedecek olursak, 4 coğrafi bölge (lokalite) ve 4 Hominoidea türüyle bu sınır çizilebilir:

Alt-Orta Miyosen ile tarihlendirilen (15 milyon yıl önce) Bursa ili Mustafakemalpaşa ilçesi Paşalar Köyü yakınlarındaki Paşalar fosil yatakları en eskisidir. Paşalar'ı Orta Anadolu'da Ankara ili Kalecik ilçesi Çandır Köyü'nün kuzeydoğusundaki Çandır fosil lokalitesi takip eder. Bu iki yataktaki insanımsı fosilleri, Paşalar'da *Griphopithecus alpani* ve *Kenyapithecus kizili*[30] olmak üzere 2, Çandır'da *Griphopithecus alpani*[31] olmak üzere tek türle tanımlanırlar. 9,8 milyon yıl öncesi ile Ankara ili Kazan ilçesinin Yassıören Köyü yakınlarındaki Sinap[32] Formasyonu da *Ankarapithecus meteai*[33,34] ile karşımıza çıkar. *Ankara-*

30 Alpagut, B., Andrews, P., Kelley, J., 2008, "*A New Hominoid Species From The Middle Miocene Site Of Paşalar*", Turkey, Journal Of Human Evolution.

31 Tekkaya,İ., (1974), "*Türkiye'de Yeni Bulunan Omurgalı Fosiller Ve Fosil Yatakları*" , Maden Teknik Ve Arama Enstitüsü, Sayı 83.

32 Sinaptepe Formasyonu olarak da anılır.

33 Türün adında hem "Ankara"ya, hem de Maden Tetkik Arama'nın kısaltması olan MTA'ya gönderme olduğuna dikkat ediniz.

34 Alpagut, B., Andrews, P., Fortelius, M., Kappelman, J., Temızsoy, I., Çelebı H., ve Lındsay, W.,

pithecus meteai küçük boyutlu (yaklaşık 27-30 kg ağırlığında), meyve ile beslenen bir primattır. Son olarak Çankırı ili Yapraklı mevkiinde yer alan Çorakyerler lokalitesi 8-7 milyon yıl öncesi, *Ouranopithecus turkae*[35] *türü ile kendisini gösterir. Çorakyerlerde bulunan bu tür açık ağaçlıkların ve savanalık bir ortamda yaşamış bir holotiptir.*[36]

Erken hominid evriminde ise insanın en eski temsilcisi *Sahelanthropus tchadensis*[37] türüdür. Doğu Afrika Büyük Rift Vadisi'nden yaklaşık 2500 kilometre uzaklıkta Kuzey Çad'da yer alan Djurab Çölünden elde edilen bir fosildir. 350 cm^3 beyin hacmine sahip olduğu saptanan bu tür, bir takım anatomik özellikleri sebebiyle hem modern hem ilkin karakterleri birlikte taşır. İnsansı (Hominidae) kladına[38] *dahil edilmesinin sebebi, sahip olduğu büyük kaş kemerleri, kafatasında bulunan foramen magnum*[39]'un önde yer alması ve subnasal prognatizma[40] gelişimidir. Bu özellikler onu iki ayak üzerinde yürümeye iten anatomik özelliklerdir. Dolayısıyla da *Sahelanthropus tchadensis*, şempanzeler ile diğer tüm hominidlerin (insan-şempanze ayrımında insana doğru gelen koldaki tüm türlerin) son ortak atası durumundadır. Moleküler çalışmaların 6 milyon yıl olarak öngördüğü insansı-şempanze ayrımının çok daha önce başladığının göstergesidir.[41]

Şüphesiz ki insanın evriminde en dikkat çekici fosil örneklerden biri de Etiyopya Hadar bölgesinde Orta Awash'ın kuzeyinde bulunan ve Afar'dan gelen

1996, "*A new specimen of Ankarapithecus meteai from the Sinap Formation of central Anatolia*", *Nature* 382, 349 - 351 (25 July 1996)

35 Sevim ve arkadaşları, 2007, "*A new great ape from the late Miocene of Turkey*". In: Anthropological Science, Band 115, Nr. 2, 2007 , S. 153–158,

36 Holotip, belli bir türe ait örnekler arasında, üzerinde ilk defa fosilin tür tanımının yapıldığı örneklere verilen isimdir.

37 Brunet, M. Guy, F., Pilbeam D., ve diğ., 2002, "*A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa*", Nature 418, 145-151

38 Klad, taksonomik sınıflandırmada resmi bir kategoriye yerleştirilemeyen (örneğin "familya" ya da "üsttakım" gibi) veya bunun henüz kesin olmadığı kategorizasyon kümelerine verilen isimdir. Ayrıca genel olarak "taksonomik grup, kategori, seviye" anlamında da kullanılmaktadır.

39 Foramen magnum, kafatasını omurga ile bağlayan anatomik deliktir. Boyun omurlarından atlas ile doğrudan eklem yapar. Bu anatomik noktanın kafatasındaki konumu bipedalizm açısından önemlidir. Çünkü görece daha önde yer alan bir foramen magnum omurganın konumunu doğrudan yansıtır.

40 Subnasal prognatizma, kafatasının burnun alt kısmının öne doğru çıkık yapısı, dolayısıyla çene gelişimi gözlenmesi.

41 www.timetree.org gibi bilim sitelerinden de inceleyebileceğiniz gibi, yüzlerce moleküler evrim araştırması ve bu araştırmalar sonucu yazılan makaleler, insan ile yaşayan en yakın kuzenimiz olan şempanzelerin evrimsel süreçteki ayrımını ortalama 6-6.3 milyon yıl öncesine tarihlemektedir. Ancak elbette evrim *"Tamam, şimdi türleşme olsun!"* diye çalışan ve bir anda türleşmeyle sonuçlanan bir süreç değildir. Muhtemelen insanlar ile şempanzeler arasındaki ayrışma daha öncelerde başlamış, ortalama 6 milyon yıl öncesinde ise genetik olarak da bariz hale gelmiştir. 13 Haziran 2014 tarihli bir *Science* makalesi, bu ayrışma başlangıcını 13 milyon yıl öncesine tarihlendirmektedir. Türleşmenin gerçek anlamıyla belirginleşmesi ise 6 milyon yıl kadar önce olmuştur.

güneyli maymun olarak adlandırılan türdür: *Australopithecus afarensis.*[42] Leğen ve uzun kemiklerine bakıldığında dik yürümekteydi. Ancak vücut kemikleri ve parmakları ağaç yaşamına ilişkin bazı özellikleri de taşıyordu. 3.7 milyon yıl öncesine tarihlendiriliyor, ayaklarındaki dik durmaya yarayan ark dikkati çekiyordu. Aslında tür ismiyle ya da anatomik özelliklerini saydığımızda çok da tanıdık gelmemiş olabilir. Çünkü bu türün özellikle nam salmış bir bireyi var: Lucy![43] Antropolog Donald Johanson ve arkadaşları bir gece yaktıkları ateşin çevresinde yeni fosil buluntularını kutlarken teypte *çalan The Beatles'ın "Lucy in the Sky with Diamonds"* şarkısından adını alan Lucy... Gökyüzündeki elmaslardan daha parlak, daha güzel Lucy... Öyle ünlü bir kadın ki o, nasıl olmasın?

Lucy'nin iskeletinin %25'i bulunmuştur. Yani toplam 207 kemikten 47 adedi... Fakat sağ tarafa ait bir kemik, bulunamayan sol taraf hakkında da bilgi verdiği için (ve tam tersi de geçerlidir), fosile ait elde edilen bilgi %40 dolayına yükselmiştir (çünkü omurgalı hayvanların tamamı, dolayısıyla insanlar ve ataları da bilateral olarak, yani çift yanlı simetriktir). Yine de uzun kol ve bacak kemikleri, kaburgaların leğen kemiğinin yarısı ve kuyruk sokumuyla Lucy, 3 milyon yıl öncesinden büyük oranda korunarak kalabilen iskelet olma özelliğini sürdürmektedir.

Antropologlar arasında klasik olarak *Homo* cinsini birbirini izleyen 3 türe bölünme eğilimi gelenekselleştirilmiştir. *Homo habilis*, *Homo erectus* ve *Homo sapiens* tek bir genetik soy hattını sergilemektedir. Böylelikle zaman sürecinde atadan toruna doğru yavaş yavaş ve dereceli bir değişim söz konusu olmaktadır. Ancak son yıllarda giderek artan yeni buluntular durumun bu kadar basit olmayabileceğini göstermektedir. Örneğin modern çalışmalar, *Homo* cinsi altında sayıları 15'e kadar çıkabilecek sayıda türün evrimleşmiş olabileceğini düşündürmektedir ve bu fikri fosillerle desteklemektedir. Bunlar arasındaki ilişkiler oldukça karmaşıktır ve eldeki verilerin kimi zaman yetersiz olmasından ötürü, birbiriyle çelişiyor gibi gözüken açıklamalar ve fosillerin kategorizasyonu hakkında bolca tartışma bulunmaktadır. Eh, bilimi güzel kılan ve ileriye götüren de bu tartışmalar, çarpışan fikirler, yeni verilerle önceki teorileri desteklemeye veya çürütmeye çalışma çabası değil midir?

Homo cinsi kendini 1,9 milyon yıl önce, adı "becerikli insan" anlamına gelen *Homo habilis*[44] ile göstermeye başlar. Tanzanya, Olduvai Gorge, Kenya Koobi Fora, Batı Turkana, Etiyopya'dan bulunan örnekler, bipedalizmin tamamen evrimleştiğini gösteren fosillerdir. Ancak bulunan fosil örneklerin ayak bilek ve ayak tarak kemiklerinin hâlâ kavrama yeteneğini kaybetmemiş olması da dikkat çekicidir. Bu, oldukça "maymunsu" bir özelliktir. Metin Özbek tarafından

42 Kimbel, W. H., Johanson D. C., ve Rak, y., 1994, "*The first skull and other new discoveries of Australopithecus afarensis at Hadar, Ethiopia*" Nature 368, 449 – 451.

43 Jungers, W. L., 1982, "*Lucy's limbs: Skeletal Allometry And Locomotion in Australopithecus afarensis*", Nature 297, 676 - 678

44 Leakey, L. S. B., Tobias P. V. ve Napier J. R., 1964, "*A New Species of the Genus Homo From Oldwai Gorge*" Nature.

2000 yılında yapılan bir çalışma, *habilis*'lerin ayak iskeletlerini bipedalizmi kanıtlayan en başarılı örnek olarak tanımlamaktadır.

Homo habilis, "yetenekli" ya da "becerikli" adını alet yapabilme becerisini sergilemesinden ötürü almaktadır. Etiyopya'nın Omo vadisinde ilk kez gün ışığına çıkarılan taş aletler, *Homo habilis*'e atfedilir. Özbek, ayrıca *H. habilis*'lerin çok iyi birer gözlemci olduğuna da dikkati çekmektedir. Örneğin doğada bulunan her taşı alet yontmak amacıyla rastgele seçmediklerini, çevrelerinde var olan taşları araştırdıklarını, kendilerine en uygun olanları tercih ettiklerini söylemektedir. İlk atalarımızın bunun bilincinde olarak, gerek avlanma, gerekse toplama işinde, doğanın kendilerine sunamadığı teknolojiyi zekâları ile yaratmaya çalıştığını ve bunda da başarılı olduğunu nitelemektedir.[45]

Buna rağmen, yapılan bazı araştırmalar *Homo habilis*'ten önce alet kullanımının *Homo gautengensis*[46] ismindeki bir diğer insan türü tarafından başlatılmış olabileceğini tartışmaktadır. Bu tartışmanın tarafları yalnızca "habilisçiler" ile "gautengensisçiler" değildir. 2015 yılının Mayıs ayında yayınlanan bir makale, taş aletleri ilk olarak kimin kullandığına dair tartışmaya yeni bir boyut kazandırmıştır. Harmand'ın *Nature* dergisinde yayınladığı makaleye göre[47] son bulunan taş aletler 3,3 milyon yıl öncesine tarihlendirilmektedir. Bu tarih bırakın *Homo habilis* veya *Homo gautengensis* türlerini, *Homo* cinsinin bir bütün olarak evriminden öncesine denk gelmektedir! Yani eğer ki Harmand'ın bulguları doğruysa, alet kullanmaya başlayan ilk canlı cinsi *Homo* olmayabilir! West Turkana Archaeological Project kapsamında Kenya'nın Batı Turkana Havzası'nda bulunan bu en eski taş aletlerin bir insan atası tarafından yapılıp yapılmadığı henüz bilinmiyor.

Görülebileceği üzere yeni bulgular, Evrim Ağacı'nın dallarına dair anlayışımızı gözden geçirmemizi gerektirebilmektedir. Her ne kadar bu alandaki her yeni bulgu *"Tarih yeniden yaz*ılıyor" ya da eğer ki evrim karşıtı fanatikler tarafından aktarılıyorsa *"Evrimcilere şok darbe!"* şeklinde bildiriliyor olsa da, bunun bilim adına kötü veya sorunlu hiçbir tarafı bulunmamaktadır. Zira antropoloji sahasından gelen veriler, geçmişe dair algımızı ve bildiklerimizi tarih boyunca tekrar tekrar değiştirmiştir; ancak bu değişimlerin hiçbiri Evrim Kuramı'nı yıkmamış, "evrimcileri" şoke edip "inim inim inletmemiştir". Stony Brook Üniversitesi Turkana Havzası Enstitüsü'nden Sonia Harmand şöyle söylüyor[48]:

45 Özbek, M. 2000, "*Dünden Bugüne İnsan*" İmge Kitabevi.

46 Darren; C., 2010, "*A review of early Homo in southern Africa focusing on cranial, mandibular and dental remains, with the description of a new species (Homo gautengensis sp. nov.).*", HOMO - Journal of Comparative Human Biology, sayı 61.

47 Harmand, S. et al. 2015, "3.3 Million-Year-Old Stone Tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya", Nature, published online May 21, 2015

48 *"3.3-Million-Year-Old Stone Tools Unearthed in Kenya"* Alındığı site: http://www.sci-news.com/archaeology/science-lomekwi-3-oldest-stone-tools-02822.html

*"Bu aletler, hominin davranışlarının beklenmeyen ve daha önce bilinmeyen dönemini aydınlatıyor ve atalarımızın, sadece fosillerden anlayamayacağımız bilişsel gelişimleri hakkında bilgi veriyor. Bunların hominin*lerin yaptığı *ilk aletler olmadığına şüphem yok. Bu aletler, onları yapan insanların çoktan taşların nasıl kasıtlı olarak kırılacağına dair bir fikirleri olduğunu gösteriyor. Yanlışlıkla iki taşı birbirine çarpan ve keskin bir taş elde eden ilk hominin*in *sahip olacağından daha fazla bilgiye sahipler. Bence orada bir yerde daha eski, daha da ilkel aletler de var."*

Görülebileceği gibi atalarımızın alet yapma becerisine ait bulgular, aynı zamanda insan beyninin evrimini anlamamıza da yardımcı olmaktadır. Bu konuya Arkeoloji bölümünde ve özellikle de kitabımızın son bölümünde tekrar döneceğiz, o nedenle burada detaylarına girmeyi gerekli bulmuyoruz. Şimdi, atalarımızın yolculuğuna devam edelim:

İnsanın evrim sürecinde çıkış noktası Afrika'yı ilk terk eden *Homo erectus*[49]'un ise bunu kontrollü ateş kullanımı ile sağladığı bilinmektedir. Peki, *Homo erectus* neden Afrika'nın dışına çıkma ihtiyacı duymuştu? Yapılan analizlere göre, evrimsel gelişimlerinin zirve noktalarından birini yaşayan bu türlere Afrika bir noktadan sonra adeta "dar" gelmeye başlamış, azalan su kaynakları ve çoraklaşan çevre onları bu göçe itmişti. Bu göçü takip ederken kullandığımız yöntemlerden birisi, türlere ait olduğunu bildiğimiz aletlerin kalıntılarını takip etmektir. Örneğin, Avrupa'da Aşölyen Endüstri[50] geleneğinde yer alan el baltası ve diğer iki yüzeyli aletler potansiyel olarak *Homo erectus*'a atfedilir. Bu aletlerin kalıntılarını takip ederek, *Homo erectus*'un göç yollarını ortaya çıkarabilmekteyiz. Hatta bu göç yollarının paleoekolojisine bakarak, bu canlıları göçe sürükleyen faktörleri tespit edebiliriz – ki *Homo erectus*'un göç nedenlerini de bu şekilde tespit etmiş bulunmaktayız. Bu göç sırasında *erectus*, Anadolu coğrafyasından da geçmiştir. "Kocabaş"[51] ismiyle tanınan bir örnek, *Homo erectus*'ların Anadolu örneklerindendir. 2002 yılında Denizli'nin Kocabaş beldesinde bulunan bu fosil örnek *Homo* cinsine ait Türkiye'de bulunmuş en eski örnek olmakla birlikte, göç yollarını tanımlayan önemli örneklerdendir.[52] Yaşadığımız topraklardan, başka bir türe ait atalarımızın yürüyerek upuzun yıllar boyunca geçmiş oldukları gerçeği, umuyoruz ki okurlarımızda da bizlerde yarattığı gibi tuhaf bir hisse neden olmaktadır.

Ateşin kontrollü kullanımının ne zaman başladığı her zaman tartışmalı konulardan bir tanesidir. Ancak 2014 yılında İsrail Qesem Mağarası üzerin-

49 Brown, F., Harris, J., Leakey R. ve Walker, A., 1985, "*Early Homo erectus Skeleton From West Lake Turkana, Kenya*" Nature, vol. 316.

50 Bu farklı endüstri tiplerine Arkeoloji ile ilgili bölümümüzde detaylıca gireceğiz; o nedenle burada bunların ne olduğunu izah etmeyeceğiz.

51 Lebatarda A. E., ve arkadaşları, 2014, "*Dating the Homo erectus bearing travertine from Kocabaş (Denizli, Turkey) at at least 1.1 Ma*", Earth and Planetary Science Letters, Volume 390, 15 March 2014, Pages 8–18.

52 Aytek, A. İ., 2014, "*Kocabas Fosil İnsan Kalıntıları Üzerine Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi*" Ankara Üniversitesi, Antropoloji Dergisi, Sayı 27.

de yapılan çalışmalarda, mağaradan ele geçen, kemik ve toprak kalıntıları ile karışmış küller üzerinde yapılan araştırmalar bu tarihi 300 bin yıl öncesine taşımaktadır. Mağaradaki kalıntıların çok yüksek ısılara maruz kaldığı saptanmış ve küllerin mikromorfolojisi incelenmiştir. Kalıntılar üzerinde birçok katman tespit edilmiş olup, bu da ateş korunun birden fazla kez kullanılmış olduğunu göstermiştir. Yine bu buluntuların çevresinde bulunmuş taş aletlerin de etleri kesmek için kullanıldıkları tespit edilmiştir. Bu keşif ateşin 300 bin yıl önce sistemli bir şekilde kullanıldığını göstermekle beraber sosyal ve bilişsel gelişimin de 300 bin yıl önce önemli bir seviyede olduğunu göstermektedir.[53] 2015 yılındaki bir *Homo naledi*'ye ait bulgular ise bu tartışmalara yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu boyutu ilerleyen kısımlarda daha ayrıntılı bir biçimde ele alacağız.

ŞİMDİ GELELİM İNSAN EVRİMİNDE EN POPÜLER TÜR OLAN NEANDERTALLER'E!

Homo neanderthalensis, 350 bin ile 40 bin yıl öncesinde Avrupa ve Asya'da geniş bir yayılım göstermiştir.[54] Neandertaller ile doğrudan ata-torun-kuzen ilişkimiz tartışıladursun (şimdilik görünen o ki, onlarla doğrudan kuzenizdir, *Homo heidelbergensis* ortak atamızdır ve daha önce Ekoloji bölümümüzde sözünü ettiğimiz gibi, biz insanlar Neandertaller ile çiftleşmişizdir), 2013 yılında yapılan bir çalışmada fosil hyoid kemiği (dil kemiği) üzerinde yapılan yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu analizler, Neandertaller'in iletişim için kompleks bir dil kullandığı tezini desteklemektedir. Yani kuzenlerimiz belki de bizler gibi karmaşık bir dil kullanabilmektedir. Önceki yıllarda yapılan modern insan ile Neanderthal arası karşılaştırmalarda bu yakın kuzenlerimizin bize benzer bir dile sahip olmasının mümkün olmadığı iddia edilirken, daha önceki çalışmaların aksine bu çalışmada Kebara hyoid kemiğinin içyapısının modern insanlar ile birebir aynı olduğu ortaya çıkmıştır.[55]

Neandertaller'e ait bir diğer tartışma konusu da güçlü anatomik yapılarına karşın modern insanlar karşısında nasıl yenildiklerine dâirdir. Bunu da Ekoloji bölümünde masaya yatırmıştık. Hatırlayacak olursanız, savunulan önemli hipotezlerden biri modern insanların sahip olduğu geniş beslenme örüntüsünün Neandertaller'e karşı önemli bir avantaj sağladığı yönündedir. Fosiller üzerinde yapılan kimyasal analizler bu beslenme farklılıklarını doğrulamaktadır. 2014 yılında yapılan bir araştırmada, güneybatı Fransa'da bulunan ren geyiği, alage-

53 Shahack-Gross, R. F. Berna, P. Karkanas, C. Lemorini, A. Gopher, R. Barkai, 2014, "*Evidence for the Repeated Use of A Central Hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel*", Journal of Archaeological Science,

54 Villa, P., Roebroeks W., 2014, " *Neandertal Demise: An Archaeological Analysis of the Modern Human Superiority Complex*" PLOS ONE, 2014; 9 (4).

55 D'Anastasio R, Wroe S, Tuniz C, Mancini L, Cesana DT ve diğ., 2013, "*Micro-Biomechanics of the Kebara 2 Hyoid and Its Implications for Speech in Neanderthals*". PLOS ONE 8(12).

yik, at ve bizon gibi otçul hayvanlar ile kurt gibi etçil hayvan fosilleri üzerinde izotop çalışması yapılmış ve modern insanın orada görüldüğü dönemde önemli miktarda izotop değişimleri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu değişim aynı dönemlere yaşamış insan fosillerinde de görülmekte olup, Neandertaller ile modern insanın beslenmesi arasında bir farkı değil, aynı besin kaynaklarında iklimsel şartlardan meydana gelen izotopik bir değişim göstermektedir. Bu bilgi de Neandertallerin yok olma sebebinin beslenme farklılıklarından daha karmaşık sebeplerden dolayı olduğunu düşündürmektedir.[56]

2013 yılının Mayıs ayında İngiltere'nin Happisburgh kıyılarında bulunan ayak izleri ile insanın evrimine ilişkin dikkat çekici bir haber duyulmuştur. Happisburgh kıyılarında bulunan bu ayak izleri deniz suyunun silme tehlikesi ile karşı karşıyadır ve bu nedenle bilim insanları fotoğraflama yöntemlerini kullanarak bu kalıntıları hemen korumaya ve incelemeye almışlardır. Fotoğraflar üzerinde yapılan analizlerle izlerin, muhtemelen 5 kişilik çocuk ve yetişkinlerden oluşan antik bir topluluğun ayak izleri olduğunu doğrulanmış, izlerdeki ayak tabanı, topuk ve hatta başparmaklar bile tanımlanmıştır. Analizlerde ayak izlerinin uzunlukları ve genişlikleri ölçülerek birey boylarının 90 santimetre ile 1,7 metre arasında değiştiği de belirlenmiştir. Bölgedeki çalışmalarda ele geçen taş aletler ve fosillerle aynı tabakada olan bu ayak izleri, 800 bin yıl öncesine tarihlendirilmiştir. Böylece bu buluntular, Avrupa'da rastlanılan en eski insan ayak izleri olmaktadır. Bilim insanları bu yaşın İspanya'nın Atapuerca bölgesinde bulunan *Homo antecessor* ile de bağlantılı olduğunu düşündürmektedir.[57]

Son yıllarda insanın evrim ağacına yeni dallarla yeni türler eklenmeye devam etmektedir. Bunlardan biri 2015 yılında *Nature* dergisinde yayımlanan Etiyopya'da 3,3 ila 3,5 milyon yıl önce yaşamış olan *Australopithecus deyiremeda*[58]'dir. *Australopithecus deyiremeda,* ismini Afar dilinde "yakın akraba" anlamına gelen "*deyiremeda*" kelimesinden almıştır. Cleveland Doğa Tarihi Müzesi[59] bilim insanlarından Dr. Yohannes Haile-Selassie tarafından bulunan bu tür, Lucy ile yakın akrabadır ve aynı zaman diliminde, hatta belki de yan yana yaşamıştır. *Australopithecus afarensis*'ten farklı olarak, beslenme adaptasyonu sebebiyle dişleri daha kalın mineli, alt çenesi daha güçlü ve ön dişleri de oldukça küçüktür. Bu türün yeni bir tür olarak açıklanması, insan evrim ağacına eklenip eklenmemesi ve nereden bağlandığı konusunda tartışmaları da beraberinde getirmiştir.

---

56 Hervé Bocherens, Dorothée G. Drucker, Stéphane Madelaine. 2014, "*Evidence for a 15N Positive Excursion in Terrestrial Foodwebs at The Middle to Upper Palaeolithic Transition in South-Western France: Implications For Early Modern Human Palaeodiet and Palaeoenvironment*", Journal of Human Evolution.

57 Ashton N, Lewis SG, De Groote I, Duffy SM, Bates M, et al., 2014,"*Hominin Footprints from Early Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK*", PLOS ONE 9(2).

58 Haile-Selassie, Y.; Gibert, L.; Melillo, S. M.; Ryan, T. M.; Alene, M.; Deino, A.; Levin, N. E.; Scott, G.; Saylor, B. Z. (2015). "*New species from Ethiopia further expands Middle Pliocene hominin diversity*". Nature 521 (7553): 483–488. doi: 10.1038/nature14448

59 "*Curator Discovers New Human Ancestor Species*", Alındığı site: https://www.cmnh.org/nature2015

Australopithecus deyiremeda'nın tartışmalarının ne zaman bir sonuca kavuşacağı henüz belli değildir. Ancak 2015'in Eylül ayında ilan edilen yeni bir tür *Australopithecus deyiremeda*'nın tartışmalarını bir kenara bıraktırarak tüm dikkatleri üzerine toplamıştır: *Homo naledi.*[60]

Güney Afrika Cumhuriyeti'nde Johannesburg yakınlarında, "Rising Star" (Yükselen Yıldız) isimli bir mağaranın, Dinaledi adlı bir odasının içinde, bu türün 15 bireyine ait fosiller bulundu ve henüz netleşmemiş olsa da 2,5 milyon yıl öncesinde yaşadığı belirlendi. *Homo naledi,* Güney Afrika'da konuşulan Sesotho yerel dilinde "yıldız" anlamına gelen "naledi" kelimesinden adını aldı.

Oldukça gelişmiş bir kafatasına sahip olan bu türün beyin kapasitesi neredeyse bir gorilinki ile eşdeğer boyuttadır. Bireyler arasındaki cinsiyet farkına bakıldığında erkekler ve dişilerinin boyutları arasında neredeyse fark yok gibidir. Her iki cinsiyete sahip bireyler de yaklaşık olarak 150 santimetre boyunda, 45-50 kilogram ağırlığındadır. Bacak kemiklerinde iki ayak üzerinde durma özelliğini belirten güçlü kas bağlantıları mevcuttur ve dolayısıyla bacak kemikleri modern insana oldukça benzerdir. Hafif eğimli ayak başparmakları haricinde, ayakları da tartışmasız modern insanla birebir özellikler göstermektedir. Omuzların anatomik olarak tırmanmayı ve ağaç dalları benzeri şeylere asılmayı kolaylaştıracak biçimde konumlandırılmış olduğunu görürüz.

Homo naledi ile birlikte ölü gömme âdetine dâir diğer olası açıklamaların çürütülmesiyle de karşı karşıyayız. Çünkü türün bulunduğu mağarada 15 bireye ait iskelet kalıntılarına rastlandı. Mağara incelendiğinde hiçbir taş alet, iz ya da yemek kalıntısı bulunmadığı, dolayısıyla bu türün bu mağarada yaşamadığı, açıklanan bilgiler arasındadır.

Mağara oldukça küçük/dar bir girişe sahip ve tek giriş 17,5 santimetre genişliğindedir. Dolayısıyla da bu kadar fazla bireyin bir arada bu mağarada bulunması bazı bilim insanlarının akıllarına ölü gömme âdetine dair bir takım fikirler uyandırmıştır. Elbette bir grup *Homo naledi* bireyi bu mağaraya gelip topluca ölmüş de olabilirlerdi ancak bunun olma ihtimali, ölülerin buraya kasıtlı olarak bırakılma ihtimalinden daha düşüktür. Çünkü iskeletlerin uzun bir zaman dilimi içinde buraya atılıp fosilleştiği bulgular arasındadır. Bazı bilim adamları da bu bireylerin başka etçil hayvanlar tarafından avlanıp getirmiş olabileceğini öne sürmektedirler. Ancak iskeletler üzerinde herhangi bir diş izi ya da kemirme izine de rastlanılmamıştır. Kimi bilim insanları ise iskeletlerin akan bir suyla mağaraya taşınmış olabileceklerini düşünmektedir; fakat mağaradaki bulgular arasında iskeletlerle birlikte suyla gelen taşlar ve döküntü de bulunmalıdır. Fakat bu tarz bir bulguyla da karşılaşılmamıştır. Berger bu noktada şöyle bir soru yöneltmektedir.

60 Berger, Lee R., 2015, "*Homo naledi, a new species of the genus Homo from the Dinaledi Chamber, South Africa*". eLife 4. DOI:10.7554/eLife.09560. Erişim tarihi: 10 Eylül 2015

"Bu bizler için ne ifade ediyor? Zaten yaşam ağacımızda var olan ölüyü gömmek bizlere miras mı kaldı? Ya da şöyle soralım, ölüyü gömmeyi onlar mı icat etti?"

Homo naledi ölülerini kasıtlı olarak bu mağaraya mı bıraktı yoksa bu tesadüfî bir durum mu bunu şu anda kesin olarak bilmenin bir yolu bulunmuyor. Ancak bu tür de ateşi kontrollü olarak kullanmış da olabilir! Berger bu durumu şöyle açıklıyor:

"Ateşin kontrol edildiğine dair bulguların bu bölgeden sadece 800 metre ötede olması bir tesadüf mü? Bu bir spekülasyon. Ancak hayvanlar karanlığa girmekten çekinir."

Homo naledi beraberinde birçok tartışmayı getirmiş olsa da, anatomik özellikleriyle insanın evrim ağacında *Homo* cinsinin ilk türü olmaya oldukça güçlü bir adaydır.

ANTROPOLOJİ VE KAZILAR

Bu bölüm boyunca sözünü ettiğimiz tüm veriler, antropolojik kazılar sayesinde ele geçirilen fosil materyallerin analiziyle elde edilir. Dolayısıyla Antropoloji'de evrim bir amaç, kazılar ise birer araç olarak kullanılır. İnsanın geçmişten günümüze "varlığı"nı gerçekleştirdiği kazılardan elde ettiği fosil malzemeler vasıtasıyla açıklar.

Kazılar, her zaman bilgi ve belgelendirmeye dayalı bir şekilde, sistematik olarak gerçekleştirilir. Ülkemizde kazı yapılacak alan yüzey araştırmalarıyla saptanır ve 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'yla arkeolojik sit alanı olarak tanımlanır. Kazı alanları çoğunlukla kuzey/güney doğrultulu grid (ızgara, plankare) sistemi[61] ile bölümlere ayrılır. Bu plankareler sayesinde, bulunacak olan fosil materyalin koordinatları saptanır. Kazı malzemeleri olarak fosilli tabakaya ulaşmadan önce el kazmaları, fosil tabakalarında ise ince uçlu dişçi aletleri, ince uçlu fırçalar, keskiler, küçük malalar kullanılmaktadır. Kazı esnasında çıkan fosil materyalin ızgara sistemine göre koordinatları ve fotoğrafları alınarak belgelenir ve envantere işlenir. Çizimleri yapılır. Gerek görülürse fosillerin kırılmaması ya da çatlamaması adına çeşitli kimyasal malzemeler kullanılır. Bundan sonraki aşama fosil materyalin laboratuvarda çalışılma aşamasıdır. Öncelikle fosiller temizlenir, gerek varsa korunması (konservasyonu) ve düzeltilmesi (restorasyonu) yapılır. Sonrasında ise fosil materyalin incelemesi/tanımlaması yapılması için bir bilim insanına teslim edilir. İşte bu noktadan sonra bulunan fosil materyalden doğa ve fen bilimleri kullanılarak yapılan tanım ve çıkarımlar evrimsel alanındaki literatürüne birer birer eklenir.

61 Grid (plankare) sistemi, alanın 1x1 m; 5x5m; 10x10m vb. gibi karelere bölünerek koordinatlarının belirlenmesine dayalı bilimsel bir sistemdir.



Görsel 8-2: Bir kazı sonrasında buluntuların yıkanıp ayıklanmasına yönelik bir fotoğraf. Görsel, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Kazılar yapılırken dikkat edilmesi gereken husus çok ince ve dikkatli kazı yapılmasıdır. Kazılardan elde edilen fosil materyallerin kullanım alanının sadece "müze sergisi" olduğu asla düşünülmemelidir. Ne yazık ki ülkemizde fosil deyince akla ilk gelen, sergilerde cam vitrin ardındaki devasa ve dikkat çekici iskeletler olsa da, bir antropolog için küçük bir fosil parçasının dahi önemi çok büyüktür. Çünkü o küçük fosil parçası, zamanın engin derinliklerinde bir noktada yaşayıp yok olmuş bir canlının sayısız özelliği hakkında bilgi verebilmektedir. Örnek olarak, tek bir tane olarak çıkarılmış izole bir diş ya da dişin taç kısmından bir parçası bile, canlının beslenme adaptasyonu, boyutları, yaşam biçimi ve buna bağlı olarak yaşadığı coğrafyanın iklimi, bitki örtüsü, yani yaşam tarzı ile ilgili çok fazla bilgi verebilmektedir. Dolayısıyla evrimsel süreçle ilgili olarak kazılarda bulunabilecek en küçük parçaların bile çok fazla bilgi verebileceği gerçeği unutulmamalı, en küçük parçaların bile değerlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bunların yapılabilmesi için de çok ince dikkatli kazı yapılması şarttır.

Belki bu noktada, bir fosilden yola çıkarak canlıların genel görünümlerine nasıl ulaştığımızı merak ediyor olabilirsiniz. Çünkü bilim düşmanları tarafından fosillerin yeniden yapılandırılmasının (buna "rekonstrüksiyon" denmektedir) tamamen hayal ürünü ve gerçeğe dair hiçbir şey yansıtmayan bir uğraş olduğu iddia edilmektedir. Bu, elbette ki asılsızdır. Bu nedenle, fosilleri nasıl "canlandırdığımızı" öğrenmek, bilimseverler için önemli bir gelişme olacaktır. Kısaca bundan bahsedelim:

BİR FOSİLİ "YENİDEN YARATMAK": REKONSTRÜKSİYONLAR VE BİLİM RESSAMLIĞI

İlk olarak bu konu, son derece kapsamlı ve aslında bir o kadar da "eğlenceli" bir konudur. Eğer ki sanata ve bilime eşit derecede ilgi duyuyorsanız, bu alanda uzmanlaşmanız mümkündür. Tabii ki, söylemeye gerek yok, bir bilim dalının ya da bilimin bir parçasının kısmen eğlenceli olması, ciddiyetinden hiçbir şey kaybettirmez. Ancak şu da gerçektir ki, bu konuda çalışan bilim ressamları, tam bir dedektif gibi çalışmakta ve en iyi sonuçlara ulaşmak için bulabildikleri tüm verileri toplamaktadırlar. Şimdi onların nefes kesen hayatlarına bir göz atalım.

Ne yazık ki, çok ekstrem durumlar hariç (reçine fosiller gibi), fosillerin üzerinde yumuşak dokulara rastlamak mümkün olmamaktadır. Bu sebeple de çıkarılan kemikler, çok ayrıntılı analizlere tutulmak durumunda kalmakta ve bunun sonucunda bazı çıkarımlar yaparak, karşılaştırmalı bazı metotlara başvurularak, canlılar yeniden yaratılmaktadır. Bu işi yapan kişilere *bilim ressamı* denmektedir. Bu kişiler, normal birer ressamdan farklı olarak, bilimle iç içe yaşamaktadırlar ve genellikle amatör veya profesyonel olarak bir bilim dalında görev almaktadırlar. Bu kişilerin görevi, fosilleri inceleyerek ve uzmanlardan gerekli bilgileri alarak fosillerin sahibi olan canlıları bir kağıda (ya da modern teknolojileri kullanarak bilgisayarlara) dökmektir. Görevleri, kimi zaman sadece canlıları da içermez; çoğu zaman, günümüzde var olan bir ortamın çok eski zamanlardaki (örneğin bundan 700 milyon yıl önce, bugünün Ankarasının neye benzediği gibi) çizimlerini de yaparlar. Kimi zaman da bu ikisini birleştirerek; hem canlıyı, hem de ortamını tek bir resimde sunarlar.

Bu iş, temel olarak polis ressamlarının yaptıkları işe benzer. Onlar da, tanıklardan veya eldeki bulgulardan yola çıkarak katillerin veya zanlıların resimlerini (genellikle portrelerini) çizerler. Bu, çok ciddi bir dedektiflik öyküsüdür. Burada görev, ressamın kabiliyetiyle birlikte, davayı takip eden polislerin çıkarım yeteneklerine de düşmektedir. Polisler, ressama gerekli bilgileri verirler ve ressam da buna göre çizimini yapar. Filmlerden izlediğimiz veya gerçek hayatta kimi zaman tanık olduğumuz üzere, bu ressamların çizimleri gerçekten çok başarılıdır ve orjinaliyle neredeyse tıpatıp aynıdır.

Bu noktada, iki tanımdan bahsetmekte fayda görüyoruz: Restorasyon, bir fosildeki eksikleri kapatmak amacıyla yapılan bir işlemdir. Genellikle anatomik ilişkilere bakılarak yapılır ve fosilin eksik kısımları tamamlanır (birkaç sayfa önce sözünü ettiğimiz Lucy için yapılan budur). Örneğin, elinizde ön kola ait bir kemik ve eklemlerin yapısı varsa, diğer bir kemiğin anatomisini bunlara bakarak çıkarabilirsiniz; fosil olarak elinizde bulunmasa bile. İşte bu işleme restorasyon denir. Bu işlem de yine bilim insanları ve sanatçılar tarafından yapılır. Rekonstrüksiyon ise, az sonra işlem basamaklarını vereceğimiz, fosillere bakarak canlının neye benzediğini ortaya çıkarma işine verilen isimdir.

Restorasyon genellikle omurgalılarda yapılır; çünkü omurgalıların tüm kemiklerinin fosilleşmesi çok seyrek gerçekleşebilmektedir. Omurgasızların vücut yapısı ise genellikle tamamen korunur. Bu, hareket miktarının farklı olmasına bağlanmaktadır; omurgalılar çok aktif hareket ettikleri için, fosilleşmeye uygun alanlarda ölmeleri düşük ihtimal olmaktadır. Omurgalılar çift-yönlü simetrik oldukları için, ortadan ikiye bölündüğünde elde edilen iki kısımdan birindeki kemikleri bilmek, diğerini de bulmak için yeterlidir, çünkü daha önce de belirttiğimiz gibi, iki taraf birbirinin ayna görüntüsüdür.

Bilim ressamları da, benzer şekilde çalışırlar. Paleontologlar, arkeologlar, fizyologlar, anatomistler gibi bilim insanlarından gerekli bilgileri alır, yorumlarını dinler ve çizime dökerler. Çalışmaları, genellikle 5 basamaktan oluşur:

İlk basamak, araştırmadır. Araştırma, bilim insanı ile sanatçının fikir alışverişiyle başlar. Bilim insanı, sanatçıya bazı temel bilgileri verir: fosilin yaşını, bulunduğu bölgeyi, bölgenin fosilin oluştuğu dönemdeki iklim ve doğa koşullarını, bu canlıyla etkileşmiş olabilecek diğer canlıların ayrıntılı bir listesini, bilim insanının kendi sahne/ortam görüşünü, örneğe ait malzemelerin bilgisini, eldeki tüm fotoğrafları, konuyla ilgili bilimsel tanımları, ilgili makaleleri ve bunun gibi arkaplan bilgilerinin tümünü... Ayrıca eğer biliniyorsa fosilin akrabalarına ya da evrimsel tarihine dair bilgileri de ressama ayrıntısıyla aktarır. Aslında bu araştırma ve konu üzerinde tartışma basamağı, çizim süresince devam eder ve sürekli geri bildirimlerle desteklenir.

İkinci basamak kompozisyon olarak bilinir. Sanatçı, yeterince bilgi edindikten sonra, kabaca kafasında oluşan şekli uzun düşünmeler ve analizler sonrasında kağıda (veya bilgisayara) döker. Bu kompozisyon, ortamın genel hatlarını, ışığın geliş açısı ve miktarını, ortamda bulunabilecek canlıları ve yerlerini, vb. içerir. Eğer ki çizilecek olan bir ortam değil de, tek bir canlıysa, eldeki fosillere bakılarak ve edinilen bilgiler ışığında neye benzeyebileceği, kas yapısı, büyüklüğü, vb. göz önüne alınarak bir çizim yapılır. Daha sonra bilim insanları bu çizimi inceleyerek gerekli değerlendirmeleri ve yorumları yapar.

Üçüncü basamak, boyamadır. Genellikle boyama, akrilik boya ile yapılır; çünkü bu boya, hataları kapatmak konusunda en kolay kullanılabilecek boyadır. Çoğunlukla, bilim insanının yönlendirmeleri dahilinde, çizim üzerinde düzenlemeler yapılır. Renklendirme, genel olarak dönemin ortam koşulları göz önüne alınarak yapılır. Her ne kadar renkler çok fazla önemli olmasa da, bu tip çizimlerde kara kalem çalışmalara da yer verilerek, hata payını en aza indirmek hedeflenir.

Renklendirmeyi yapmanın en kolay yolu, fosili bulunan canlının günümüzdeki akrabalarının renklerine bakmaktır. Çoğu zaman renklendirmeler, yapılabilecek hatalar göze alınarak, bu akrabaların renklerine benzer veya eski ortam koşulları biliniyorsa, bunlar göz önüne alınarak yapılır.

Dördüncü aşama, bilimi "bilim" yapan eleştiri aşamasıdır. Çizimin her aşamasında ve neredeyse her bir fırça darbesinde, bilim insanı ve sanatçı kar-

şılıklı olarak çizimi eleştirirler. Renkler düzenlenir, boyutlar ayarlanır, çizim ile gerçek ortam koşullarının uyumu incelenir, vb. Gerekli düzenlemeler adım adım yapılır ve her seferinde geriye ve ileriye dönük eleştiriler yapılır.

Son olaraksa bitiriş aşaması gelir. Genellikle çizimler, başka bilim insanlarına gösterilerek, doğrulukları test edilir. Kimi zaman, birden fazla bilim insanı ve sanatçı birbirlerinden bağımsız olarak çizimler yaparlar ve sonra bu farklı çizimler üzerinde düşünülerek en doğrusunun bulunması hedeflenir.

Uzun lafın kısası, fosillerden canlıyı yaratmak son derece titizlik gerektiren ve kapsamlı bir iştir. Bilim insanları, hiçbir iddalarını "uydurma" veya "sallama" yoluna başvurarak yapmazlar ve bir çizim, yanlış olsa dahi, mutlaka bilimsel dayanaklar çerçevesinde "o şekilde" çizilmiştir. Yeni veriler ışığında çizimler güncellenir ve gerçeği daha fazla yansıtacak biçimde değiştirilir. Kimi zaman bilim dışı kaynaklar ve genellikle bilim düşmanları, bilim insanları ve çizimlerine, *"Bakın, her çizim birbirinden farklı, bu bilim insanları ne anlarlar ki, uyduruyorlar!"* gibi içi boş söylemlerle saldırmaktadırlar. Farklı çizimlerin sebebi, eldeki bulguların yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Bilim, düzgün ve sistematik biçimde, veri-odaklı olacak şekilde desteklendiği sürece farklı yorumlara açıktır. Bu yorumlar birbiriyle çarpışır ve hangisinin gerçeği en iyi yansıttığı belirlenir. İki çizim arasında yüzeysel farklılıklar bulmak, sistemin eksikliğini göstermez.

İşte bu noktada, antropoloji ve ilgili bilim dallarıyla ilgili bazı bulguları, konuları ve çeşitli örnekleri daha yakından incelemeye de başlayabiliriz. Tabii ki bakmamız gereken ilk ve en önemli konu, insan-maymun ilişkisi olacak...

EVRİMİN IŞIĞINDA ANTROPOLOJİ, ANTROPOLOJİNİN IŞIĞINDA İNSAN!

İnsan, birçok şekilde tanımlanabilir.

Yetenekleriyle, farklarıyla, özellikleriyle, üstünlükleriyle, alçaklıklarıyla...

Ancak bilim, insanı sıradan bir tür olarak, taksonomik olarak ("sınıflandırma bilimi" çerçevesinde) tanımlar. İnsan (*Homo sapiens*) türü, Memeli Hayvanlar (Mammalia) sınıfı altında bulunan, Plasentalı Hayvanlar (Placentalia) infrasınıfı içinde yer alan bir hayvan türüdür. Tıpkı diğer tüm plasentalı memeli hayvanlar gibi, doğurarak çoğalır. Doğumu, diğer doğuran memeliler ile birebir aynıdır.

Memeliler sınıfı içinde, 3 büyük klad (taksonomik grup) bulunur. Bunlar, Yumurtlayan Memeliler (Monotremata takımı), Keseli Memeliler (Marsupialia infrasınıfı) ve Plasentalı Memeliler (Placentalia infrasınıfı) gruplarıdır. Keseliler ve Plasentalı Memeliler, soyu tükenmiş Multituberculata ve Eutriconodonta gibi bazı ara tür grupları ile hep birlikte, Doğuran Memeliler (Theriiformes) kladını oluştururlar. Adlarından da anlaşılabileceği gibi bu hayvanlar "doğururlar". İnsan da, bu hayvanlardan birisidir.

Eğer taksonomik[62] basamaklardan biraz daha aşağı doğru inecek olursak, insanın ait olduğu bir sonraki grubun, Plasentalı Memeliler altında bulunan Primatlar Takımı (Primata) olduğu görürüz. Daha spesifik olarak insan, Primatlar Takımı içindeki, Kuru Burunlu Maymunlar (Haplorrhini) alt takımı içinde yer alır. Tıpkı memelerimiz (süt bezlerimiz) olduğu gibi, belli bir grup primatlarda olduğu gibi burunlarımız kurudur (tahmin edebileceğiniz gibi diğer grubun burunları ıslaktır).

Peki, taksonomide alt gruplara inmek ne demektir? Öncelikle bunun ne demek olduğunu öğrenmemiz gerekiyor: Taksonomide daha alt birimlere inildikçe, giderek artan sayıda ortak özellik, giderek spesifikleşen gruplar tarafından ortak olarak taşınmaya başlar. Yani daha alt taksonomik birimlerin içindeki tür sayısı daha azdır; ancak bu türlerin birbiriyle benzerlikleri daha fazladır. Örneğin Memeliler sınıfı içinde birbirinden farklı 5500 civarında tür varken, taksonomik olarak daha alt bir basamakta bulunan Maymunlar infratakımında 260 tür, cins seviyesinde ise (örneğin *Homo* cinsi içinde) sadece 13-14 tür yer almaktadır. Ancak insanın diğer *Homo* cinsi içindeki soyu tükenmiş diğer türler ile paylaştığı ortak özellik sayısı, insanın diğer maymun türleriyle (örneğin Mangabey maymunları ya da şempanzelerle) paylaştığından kat be kat fazladır. Fakat aynı şekilde, insanın şempanzelerle paylaştığı ortak özellik sayısı, bir diğer memeli hayvan olan inek ile paylaştığından çok daha fazladır. İşte bu, evrimsel akrabalık ilişkisine ve bu türlerin evrim ağacı üzerinde birbirinden ne kadar uzakta olduklarına işaret eder.

İşte bunu yaparak, daha da alt birimlere inecek olursak, insanın Kuru Burunlu Primatlar içinde yer alan Maymunlar (Simiiformes) infratakımı içinde yer aldığını görürüz. *Yani insan, bir "maymun" türüdür.* Peki bu "maymun" neyin nesidir, ne demektir? Bunu öğrenmek, insanın doğadaki yerini anlamak açısından oldukça geniş bir bakış açısı sağlayacaktır. Gelin şimdi, maymunların kimler olduğunu öğrenelim. Bunu yapmak için, taksonomide yukarıdan aşağı gitmek yerine, aşağıdan yukarıya gidelim: Yani tür seviyesinden, daha büyük taksonomik gruplara doğru gidelim.

Bileceğiniz üzere, insanın evrimi söz konusu olduğunda hep sözü edilen türler şempanzeler ve gorillerdir. Şanslılarsa, bonobolar ve orangutanların da birazcık lafı edilir. Ancak evrimle ilgili tartışmalarda tarafların evrimsel biyolojiyle ilgili teknik donanımı oldukça eksik olduğundan bundan pek öteye geçilemez. Uzaktan veya yakından akrabası olduğumuz yüzlerce maymun türü olsa da, şempanze, bonobo, goril ve orangutan dışındakilere *"Maymun işte..."* deyip geçeriz. Ancak bu maymunları tanımaksızın, kendimizin ne olduğunu anlamamız mümkün değildir. Ne var ki maymunları da incelemek için, çok bütüncül bir analiz yapmak gerekecektir – bu, bölümün sınırlarını fazlasıyla aşmamız demek olurdu. Bu nedenle bu kısımda sadece yaşayan akrabalarımız-

62 Taksonomi, biyolojik türlerin sınıflandırılması bilimidir.

dan söz edeceğiz; çünkü soyu tükenmiş ve fosilleşmiş akrabalarımız, ayrı bir kitap bölümünü hak edecek kadar geniş bir konu! Kitabımızın bu kısmında, en yakın kuzenlerimizden bahsederken, halen varlığını sürdüren türlere odaklanacağımızı lütfen unutmayın. Dolayısıyla bu yazıda "en yakın" diyerek sözünü edeceğimiz türlerden bize daha yakın olan, ancak soyları tükendiği için bu kısımda yer vermeyeceğimiz (fakat bölüm içinde farklı noktalarda) sözünü ettiğimiz birçok başka tür bulunuyor; bunu lütfen unutmayın.

İnsan, yani *Homo sapiens* türünün en yakın akrabaları şempanzeler ve bonobolardır. Bilimsel olarak *Pan* cins ismiyle bilinen şempanzeler ve bonobolar, akrabalık bakımından bize olduklarından çok, birbirlerine yakındırlar. Yani onları kardeş türler, bizi ise onların kuzeni olarak düşünebilirsiniz. Bunlarla ortak atamız 6-7 milyon yıl öncesine dayanır. Onlardan sonra en yakın akrabalarımız sırasıyla goriller, orangutanlar, gibonlar ve Siyamang maymunlarıdır. Sırasıyla diyoruz, çünkü bunlarla olan en son ortak atalarımızı tespit etmek için, evrim tarihinde hep daha geriye gitmeniz gerekir. Örneğin gorillerle 8 milyon yıl, orangutanlarla 15 milyon yıl, gibonlar ve Siyamanglar ise 20 milyon yıl kadar önce yaşamış ortak ataları paylaşırız.

İşte bizimle birlikte tüm bu yakın kuzenlerimizi içine alan süperaileye "Kuyruksuz Maymunlar" denir. Bunun bilimsel adı, daha önce de birkaç defa sözünü ettiğimiz gibi, Hominoidea'dır. İngilizcede "ape" olarak bilinen grup budur. Dolayısıyla *Planet of the Apes*, aslında maymunlarla ilgili değil, kuyruksuz maymunlarla ilgili bir filmdir. O nedenle filmde kendilerine "ape" yerine "monkey", yani "maymun" dendiğinde alınıp bozulurlar. Evrimsel olarak kuyruksuz maymunlar, diğer maymun türlerinden zekâ ve çeşitli fiziksel özellikler bakımından farklıdır.

Richard Dawkins'in kitaplarının çevirmenlerinin tercihinden ötürü Türkçe popüler bilim dilinde bunlara "İnsansı Maymun" ya da "İnsaymun" da denmektedir. Biz Evrim Ağacı olarak Kuyruksuz Maymun kalıbını tercih ediyoruz, çünkü bize göre bu kullanım insanların maymunlarla olan ilişkisini daha net ve tarafsız bir şekilde ortaya koyuyor. Buna az sonra daha detaylı bir şekilde döneceğiz.

Biz Kuyruksuz Maymunlar'ın en yakın akrabası, Cercopithecoidea adı verilen ve Asya ile Afrika'da yaşayan Eski Dünya Maymunları'dır. Biz Kuyruksuz Maymunlar, bu Eski Dünya Maymunları'ndan ayrılarak evrimleşmiş bir canlı grubuyuz. Bu evrimsel yol ayrımının günümüzden 25 milyon yıl kadar önce başladığı düşünülmektedir.

Peki, kim bu Eski Dünya Maymunları? Babunlar, makaklar, vervetler, kolobus maymunları, lutunglar, surililer, langurlar, doklar, proboskisler... Ve daha birçok tür! Görebileceğiniz gibi, şu anda öyle hep sözü edilen şempanzeler gibi çok yakın akrabamız olan tekil türlerden söz etmiyoruz. Epey büyük taksonomik gruplardan bahsediyoruz. Ama yine de bu canlılar, uçsuz bucaksız Evrim Ağacı üzerinde bize göreceli olarak çok ama çok yakın türler!

Kuyruksuz Maymunlar ve Eski Dünya Maymunları'nı bir arada toplayan gruba Catarrhini deniyor. Catarrhini, "aşağı burunlu" anlamına gelmektedir. Bunlara böyle deniyor; çünkü bu maymunların burnu çıkıntılıdır ve aşağı doğru bakmaktadır. İnsan da bir Catarrhini türüdür. İsterseniz şimdi okumaya birkaç saniyeliğine ara vererek kendiniz de test edebilirsiniz. Burnunuzu inceleyecek olursanız, çıkıntılı ve aşağı doğru baktığını göreceksiniz. Tıpkı memeli[63] ya da omurgalı[64] bir hayvan olduğumuzu kolaylıkla test edebileceğimiz gibi, aşağı burunlu bir maymun türü olduğumuzu da kolaylıkla test etmemiz mümkündür.

Eski Dünya Maymunları'nın en yakın akrabaları ise, genel olarak Orta ve Güney Amerika'da yaşayan Yeni Dünya Maymunları'dır. Bunlara bilimsel olarak Platyrrhini denmektedir, çünkü bu kelimenin anlamı "düz burunlu" demektir. Bu kuzenlerimizin burunları bizimkisi gibi çıkıntılı değildir; daha ziyade düz veya düze yakındır. Yeni Dünya Maymunları arasında marmosetler, tamarinler, kapuçin maymunları, sincap maymunları, baykuş maymunları, titiler, saki maymunları, uakariler, örümcek maymunları, bağıran maymunlar gibi canlılar bulunmaktadır. Bu canlıları araştırmanızı tavsiye ederiz; çünkü her birinin ayrı bir dünya olduğunu göreceksiniz. Burada ne yazık ki bu türlerin detaylarına ve primatolojisine giremiyoruz. Belki bir başka kitabımızda bunu yapabiliriz. Çünkü onlardan öğreneceğimiz çok ama çok fazla şey var!

Eski Dünya Maymunları sadece ismen değil, aynı zamanda evrimsel süreç bakımından da daha eski olan bir parvtakımdır. Parv, ya da *parvus*, Latincede "küçük veya önemsiz" anlamına geliyor. Parvtakım, taksonomik hiyerarşide infratakımın hemen altında yer almaktadır. Taksonomi çok derin bir konu olduğu için onun da tüm detaylarına burada giremiyoruz. Ancak zaten bu, konuyu anlamanız için olmazsa olmaz bir bilgi değil; o nedenle endişelenmeyin. Burada bilmeniz gereken tek şey, Eski Dünya Maymunları'nın ilk evrimleşen grup olduğu gerçeğidir. Yeni Dünya Maymunları, Eski Dünya Maymunları'ndan ayrılarak evrimleşmiştir. 2003 yılında Molecular Biology & Evolution dergisinde yayınlanan bir araştırmaya göre bu ayrım, günümüzden 35 milyon yıl kadar önce başlamıştır. Görebileceğiniz gibi, daha uzak kuzenlerimizi inceledikçe, zamanda da hızla geriye gitmemiz gerekmektedir. Aynı araştırmaya göre bu ayrımın en temel sebebi, Afrika'daki maymunların bazılarının Atlas Okyanusu'nu aşarak Güney Amerika'ya ulaşmasıdır. Bu da kulağa çok uçuk bir fikir gibi geliyor; ancak daha önceden birçok türün, özellikle de susuzluğa direnci yüksek bazı

63 Erkek veya dişi olmanızdan bağımsız olarak memelerinizin varlığını kontrol edebilirsiniz. Eğer memelere, yani süt bezlerinin bulunduğu yağlı dokuya sahipseniz, bir "memeli hayvan" olmak zorundasınız demektir!

64 Sırtınızda boydan boya uzanan omurganın varlığını birazcık eğilip bükülerek kolayca test edebilirsiniz. Bu omurganın varlığı, sizin "omurgalı hayvan" olduğunuzu ispatlamaktadır.

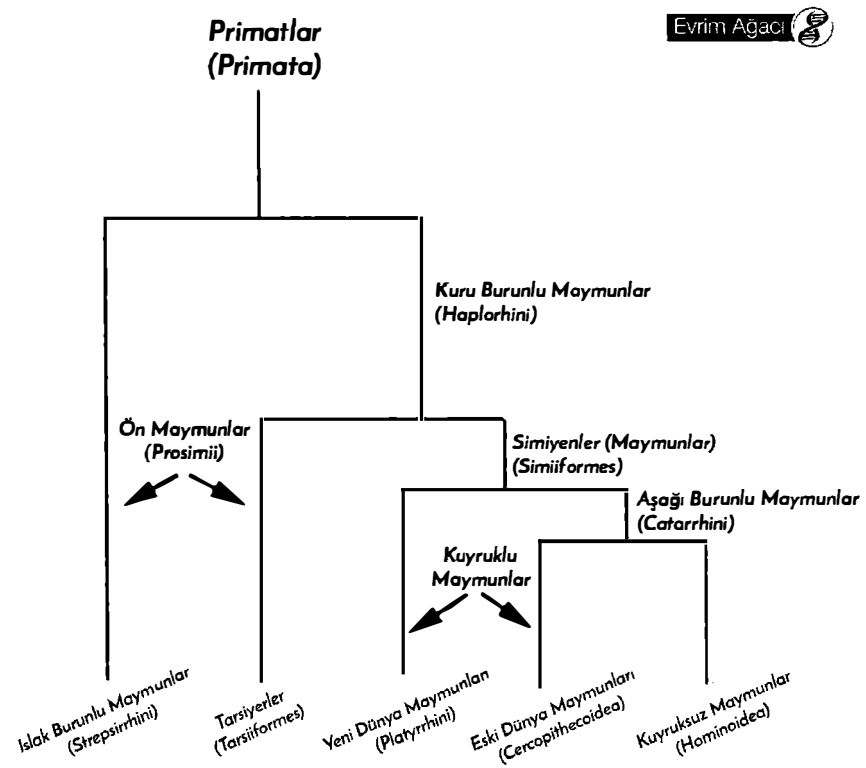
memeli ve sürüngenlerin okyanusları aşabildiğini bilmekteyiz. Bu nedenle maymunların da böyle bir şeyi başarmış olması olası; fakat bu konuda soru işareti olan birçok nokta bulunmaktadır. Bu kitabın okurlarından biri, belki de evrimsel biyolojinin bu gizemini çözecek araştırmalardan birini yürütecektir, kim bilir?

Peki, şimdi elimizde Kuyruksuz Maymunlar, yani biz; Eski Dünya Maymunları, yani en eski maymun gruplarından birisi ve Yeni Dünya Maymunları bulunuyor. İşte bu üçünü bir arada toplayan gruba, daha önceden de sözünü ettiğimiz Simiiformes denmektedir. Bunu Türkçeye "Simiyenler" olarak çevirmek mümkün. Ancak tamamen pratik nedenlerle, bunlara basitçe "maymun" da diyebiliriz. Bunun iki sebebi var:

Birincisi, tamamen dilbilimsel bir sebep: Simiyenler, iki gruba ayrılıyor: *Kuyruklu* maymunlar, ya da kısaca *maymun* denen canlılar ve *kuyruksuz* maymunlar, yani İngilizcedeki "ape"ler. Dilimizde, İngilizcedeki gibi "ape" ve "monkey" gibi bir ayrım olmadığı için, kuyruklu maymun ve kuyruksuz maymun gibi bir ayrıma gitmekteyiz. Fark edebileceğiniz gibi, bu ikisinin toplamına da kısaca "maymun" demek oldukça mantıklı bir adım olacaktır. Zira bizlerin "kuyruksuz *maymun*" olup da, "*maymun*" olmamamız dilbilimsel açıdan oldukça anlamsız olurdu.

Simiyenlere doğrudan maymun diyebilecek olmamızın ikinci nedeni ise, taksonomik bir sebeptir. Simiyenlerin dışındaki primat gruplarının tamamı, "maymun" olmayan canlılardır. Simiyen olmayan primatlara, "prosimiyen" adı verilmektedir. Bu, Türkçeye "ön maymun" olarak çevrilmektedir. Yani erken primatlardan, maymunlara giden evrimsel yolakta bir ara geçiş grubu olarak düşünebilirsiniz. Görülebileceği gibi yine, "simiyen" ile "maymun" eş anlamlı olarak karşımıza çıkmaktadır ("pro-simiyen" = "ön-maymun"). Dolayısıyla kuyruklu ve kuyruksuz maymunların toplamına simiyen, ya da daha Türkçe bir isimle, kısaca "maymun" demekte bir sakınca yoktur. Bu durumda insan ve diğer yakın akrabaları sadece kuyruksuz maymun türleri değillerdir; aynı zamanda birer maymun türüdürler! Buna yine az sonra daha detaylıca döneceğiz.

Simiyenlerin, ya da maymunların en yakın akrabası ise tarsiyerler olarak bilinen Tarsiiformes grubudur. Bu canlılar, evrimsel geçiş özellikleri ve evrimsel biyoloji çalışmaları bakımından oldukça ilginç hayvanlardır. Uzun bir süre boyunca önmaymun mu, yoksa maymun mu oldukları tartışılmıştır ve güncel araştırmalar, tarsiyerlerin ön maymunlardan çok maymunlara yakın olduğunu göstermektedir. Görebileceğiniz üzere evrimsel biyolojideki tartışmalar genellikle bu şekildedir: *"Bir canlı bu gruba mı ait, yoksa şu gruba mı ait?"* Evrimsel biyologlar ya da genel olarak bilim insanları, evrimin geçerliliğini ya da temellerini artık tartışmamaktadır. Bu nedenle okurlarımızın bu muassır bilim düzeyine erişmeleri, Türkiye'nin bu tartışmalarda bir itici güç olabilmesi için büyük önem taşımaktadır.



Görsel 8-3: Görsel 8-1'de gösterilen Evrim Ağacı'ndan buna geçmek için, Kuyruksuz Maymunlar'ın konumunu tespit edebilirsiniz. Bu ağaç, bir öncekine nazaran çok daha geniş bir grubu kapsamaktadır.

Her neyse, tarsiyerlere geri dönelim: Tarsiyerlerin bizim için şu anda önemi, diğer tüm simiyenlerle birleşerek Evrim Ağacı üzerinde Haplorhini adı verilen bir grubu oluşturmasıdır. Bu grubun popüler bilimdeki adı "kuru burunlu maymunlar"dır. Bu grup, biz Kuyruksuz Maymunları da içeren simiyenleri de bünyesinde barındırmaktadır. Dolayısıyla, bu isimlendirmeyi de test edebilmemiz gerekmektedir (tıpkı memeli, omurgalı ve aşağı burunlu maymun olduğumuzu test edebilmiş olmamız gibi). Durmayın, hemen test edin! Evet, burunlarımız gerçekten de kurudur (eğer nezle falan değilseniz).

Peki, bu durumda kimin burunları ıslak? Kuru burunlu maymunların en yakın akrabası olan Strepsirrhini grubunun.... Yani "ıslak burunlu maymunlar"ın. Bu grup içerisinde Madagaskar Adası'ndaki lemurlar ve galagolar, Afrika'da yaşayan pottolar ve Güneydoğu Asya'da yaşayan lorisler bulunmaktadır.

İşte kuru burunlu maymunlar ve ıslak burunlu maymunlar bir araya gelerek, o meşhur taksonomik takımı oluşturuyorlar: Primatlar! Primat deyip geç-

meyin... Bu devasa grup içerisinde, biz insanlar da dahil olmak üzere toplamda 350 civarında yaşayan tür bulunmaktadır. Soyu tükenmiş türleri de eklediğimizde bu sayı binlerle ifade edilecek kadar artmaktadır. Bu taksonomik grup içerisindeki her bir canlının kendine özgü bir evrimsel geçmişi, biyolojisi ve davranışsal özellikleri bulunmaktadır. Dolayısıyla bu kısımda, yer sınırından ötürü bunlara sadece çok yüzeysel bir bakış atabildik. Ancak unutmayın ki bu canlıların her biri, ayrı ayrı analizi ve detaylı bir incelemeyi hak etmektedir.

Fakat halen inceleyebileceğimiz bir konu kaldı: Bizim maymunlarla olan ilişkimiz... Ya da *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları*'nda adlandırdığımız gibi, "maymun meselesi"... Kuzenlerimizi tanıdık, iyi güzel ama; bizim bu kuzenlerle ilişkimiz nedir? İnsanlar maymundan geldiyse, şimdiki maymunlar neden insan olmuyor? İnsan maymundan mı evrimleşti? Maymunlarla sadece ortak atalarımız mı var? Biz, maymun muyuz? Sahi, insanın maymunlarla ilişkisi nedir? Gelin, şu soruları modern bilimin ve evrimsel biyolojinin ışığında detaylıca ele alalım ve artık bir açığa kavuşturalım.

Eğer ki evrimsel biyolojiyle herhangi bir noktada az da olsa ilgilendiyseniz, insanların diğer maymunlarla yakından bir akrabalık ilişkisi olduğunu duymuşsunuzdur. Kuvvetle muhtemel, evrimi anlayan bilimseverlerin sıklıkla sözünü ettiği *"İnsanlar maymundan gelmiyor, sadece ortak ataları var"* lafını da işitmişsinizdir.

Peki durum böyle mi? Hayır! Ne yazık ki bu hatalı argüman, evrimsel biyolojiye destek olanlarca da halen inatla sürdürülmektedir. İnsanların maymunlardan gelmediği, bunun yerine sadece ortak atalarının olduğu yönündeki hatalı iddianın yaygın bir şekilde sürdürülmesinin birkaç sebebi olduğunu düşünüyoruz. Bunlardan ilki, bilimseverlerin içtenlikle ve azimle "karşı tarafa" evrimi anlatma ve öğretme çabasıdır. Bu çok önemli bir çaba; ancak karşıt fikirdekilere yaranmak ve onları konunun içerisine çekmek için verilen çaba, insanın maymunlardan evrimleşmediği gibi naif iddiaların doğmasına neden olabilmektedir. *"İnsan maymundan evrimleşti"* demek, her nedense kulağa çok kaba gibi gelmektedir. Sanıyoruz ki eğer aslan veya kaplandan evrimleşmiş olsaydık, bu tartışmanın "karşı tarafa" aktarılması çok daha kolay olacaktı; hatta belki de bir gurur kaynağı olarak görülecekti...

Dahası insanın maymunlardan evrimleştiği iddiası, sanki evrimin "zincir" şeklinde değil de, "ağaç" şeklinde ilerleyen şemasına da ters düşüyor gibi algılanmaktadır. Bu hiç doğru değil; ancak bunu birazdan izah edeceğiz. Hatalı algının sürdürülmesinin arkasında yatan üçüncü bir neden ise, "maymun" sözcüğünün ne anlama geldiğinin pek de bilinmiyor olmasıdır. Herkesin aklında bir maymun tanımı vardır; ancak neredeyse hiç kimse bunun tam olarak ne olduğunu bilmemektedir. Kimisi için maymunlar şempanze ve goriller gibi hayvanlardan ibaretken, kimisi için "şapşal, şebelek, kıllı hayvan" gibi anlamlara gelmektedir.

Dördüncü ve son bir neden ise, taksonomlar ile antropologlar arasında bitmek bilmeyen bir kategorizasyon kavgasıdır. Özellikle de insanın Evrim Ağacı

üzerindeki sınıflandırması konusunda... Bir taraf insanın maymun olduğunu söylerken, diğer taraf insanın maymunlardan ayrı bir grup olduğunu söylemektedir. Bu tartışmanın temelinde "Evrim Ağacı" olarak da bilinen filogenetik ağaçların yaratılma sürecinde dikkate alınan veri grupları ve kategorizasyon yöntemleri yatmaktadır.

Peki işin aslı nedir? İşte bunu izah etmemiz gerekiyor – ki bu sorun artık kökünden ve tek seferde çözülsün. Olayın aslı şudur: Birkaç sayfa önce de detaylıca ele aldığımız gibi, maymun sözcüğü iki anlama gelmektedir: Bunlardan ilki, birkaç on yıl öncesine kadar yaygın bir şekilde kabul edildiği üzere, "ön maymun olmayan; ancak kuyrukları bulunan primatlar" anlamındaki kullanımdır. Bu tanım, insanın da içerisinde bulunduğu "kuyruksuz maymunlar" grubunu *itinayla* dışlamaktadır. Bunun temelinde insanın ve insanın en yakın yaşayan akrabalarının yüksek zekâları nedeniyle özel bir kategoride olması gerektiği düşüncesi yatmaktadır. Türleri daha bütüncül bir çerçevede ele alan kladistler ve genel olarak evrimsel biyologlar ise, bu tanımı reddetmektedir. Dolayısıyla, kuyruklu ve kuyruksuz maymunları aynı kategoride toplayarak, bunların hepsine maymun demektedirler. Bu durumda maymun ile Simiiformes, ya da "simiyen" sözcüğü eş anlamlı hale gelmektedir.

Bu tanımlardan hangisini tercih edeceğiz? Aslında bu birazcık size kalmış; çünkü kiminle iletişim kurmaya çalıştığınıza bağlı olarak bu tanımlardan herhangi birisini kullanmanız gerekebilmektedir. Giderek artan sayıda bilim insanı, "maymun" sözcüğünü tamamen dışlayarak, simiyen sözcüğünü tercih ettiğini söyleyebiliriz. Ancak ne yazık ki "maymun" sözcüğü, sırf bilim insanları artık kullanmıyor diye toplumdan silinmemektedir. Bu nedenle bir tercih yapmamız gerekmektedir. Bu durumda, insan maymun değil midir?

Öncelikle şunu tekrardan vurgulayalım: İnsan bir Kuyruksuz Maymun türüdür. İyi ama bunu nasıl biliyoruz? Yani neden bize güvenesiniz ki? Çünkü insanın Kuyruksuz Maymun, yani Hominoidea süperailesinden olduğu konusunda bilimsel bir anlaşmazlık ya da tartışma bulunmamaktadır. Tüm kanıtlar gün gibi açıktır. Bu grubun bütün özelliklerini istisnasız olarak taşımaktayız: Uzun kollarımız ve geniş bir göğsümüz vardır. Kuyruklarımız yoktur; ancak kuyruklarımızın evrimsel süreçte köreldiğini gösteren kuyruk sokumu gibi anatomik kanıtlara sahibizdir. Tüm kuyruksuz maymunlar gibi, hayatta kalabilmek için öğrenilmiş davranış kalıplarına diğer memelilere ve maymunlara göre daha fazla muhtacızdır. Buna bağlı olarak, diğer kuyruksuz maymunlar gibi vücutlarımıza oranla oldukça iri beyinlerimiz vardır. Kuyruklu maymunların aksine, apandisimiz vardır. Azı dişlerimizde, tüm Kuyruksuz Maymunlar'daki gibi Y-5 deseni görülmektedir; yani dişlerimiz Y şeklinde ve üzerlerinde 5 öğütücü çıkıntı vardır. Kuyruklu maymunların azıdişlerinde ise 4 çıkıntı bulunmaktadır. Omuz anatomimiz de Kuyruksuz Maymunlar'ın ağaçlarda rahat hareket edebilmesini sağlayan eşsiz tarzına birebir uymaktadır. Yani bizlerin kuyruksuz maymun olduğu konusunda bir soru işareti yoktur.

Peki bu durumda biz maymun muyuz? İşte bu, maymunu nasıl tanımladığınıza göre değişmektedir. *Eğer ki maymunu, evrimsel biyoloji camiasındaki anlamıyla, yani "simiyen" ile eş anlamlı olarak kullanıyorsanız evet, insan tartışmasız bir şekilde bir maymun türüdür!* Biz, Evrim Ağacı olarak bu tanımı kullanıyoruz. Simiyenler, ya da maymunlar, Kuyruklu Maymunlar ve Kuyruksuz Maymunlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Biz insanlar, bu ayrımın Kuyruksuz Maymun olan tarafındayız. Hepsi bu! Ancak eğer ki maymunların, insanın içerisinde bulunduğu Kuyruksuz Maymunlar süperailesini dışlayan bir sözcük olduğu inadını sürdüren taraftaysanız, o zaman insanlar maymun değildir diyebilirsiniz. Fakat bu size pek bir şey kazandırmayacaktır, zira İngilizcede "ape" dediğimiz sözcüğü Türkçeye "kuyruksuz maymun" ya da "insansı maymun" diye çevirdiğimiz için yine insana maymun demiş olacaksınız. Bundan kaçış yoktur.

Bize kalırsa insanı ve kuyruksuz diğer yakın akrabalarını maymunlardan ayırmak oldukça anlamsız bir çabadır. Çünkü hiçbir temeli olmayan bir şekilde, insanı sırf biz insan olduğumuz için ayrı bir yere koyma çabası güdüyor. Sonuçta bu Evrim Ağacı'nı eşekler yapıyor olsaydı, onlar da kendilerini kayırmak isteyeceklerdi ve atlarla kendilerini olabildiğince uzak bir noktaya yerleştirmeye çalışacaklardır. Güzel gözlü ve çalışkan eşeklerin yanında, pis ve aşağılık atların yeri de ne ola!

Evrimsel biyologlar ve kladistler de işte tam olarak bu nedenle bu ayrıma karşı çıkmışlardır. Kuyruksuz maymunlarla kuyruklu olan maymunları tek bir grup altında toplayarak onlara Simiiformes, yani "simiyenler" adını vermişlerdir. Ernst Haeckel tarafından 1866 yılında ilk olarak tanımlanan bu "simiyen" sözcüğü, en azından Türkçe söz konusu olduğunda, pratik olarak "maymun" ile eş anlamlıdır. İşte bu nedenle insanın da içerisinde bulunduğu Kuyruksuz Maymunlar, aslında birer maymundurlar. İllâ ki insanı ayırıp, maymun değil de simiyen olduğumuz konusunda taksonomik bir ısrarda bulunmayacaksanız, insanların bir maymun türü olduğunu rahatlıkla söyleyebilirsiniz. Tıpkı memeli ya da bir omurgalı bir canlı olmamız gibi... Bu sadece bir kategoridir. Maymun demek, "aşağılık", "şebelek", "şapşal" demek değildir. Bu yüzden, eğer ki özellikle hakaret etme amacıyla kullanmıyorsa, alçaltıcı bir isimlendirme olarak görmek anlamsızdır. Omurgalı bir hayvan türü olduğumuz için alınıp bozuluyor muyuz?

Peki, insan maymundur, bunu anladık, tamam. Ama sonuçta *"Maymundan gelmiyoruz!"*, öyle değil mi? *"Sadece ortak atalarımız var!"* Hayır, bu da yanlıştır! İnsanlar doğrudan doğruya maymunlardan evrimleşmiştir; hem de bir önceki konunun aksine, **b***unun tartışılacak hiçbir tarafı yoktur.* Zira insanın Evrim Ağacı'nı geriye doğru takip edecek olursanız, bir noktada apaçık bir şekilde "maymun" olarak tanımlayacağımız canlılara ulaşacaksınızdır. Yine aynı tanım sıkıntısı kısmen de olsa var; ancak bu sefer bu sıkıntı, sonucu değiştirmiyor. Sadece hangi noktada "maymun" olarak tanımladığınız canlılara ulaştığınız konusu değişmektedir. Ancak nerede ulaşırsanız ulaşın, bunlarla olan

ortak atalarımız da "maymun" olacaktır; dolayısıyla bizlerin maymunlardan geldiğini, yani doğrudan doğruya maymunlardan evrimleştiğimizi er ya da geç göreceksinizdir. İzah edelim:

Bundan 6-7 milyon yıl öncesine gidersek, insan ile şempanzenin ortak atasına ulaşırız. Ve bu ortak ata, eğer ki Kuyruksuz Maymunlara "maymun" demeye halen ayak diriyorsanız "maymun olmayan" bir canlı olarak kategorize edilebilir. 9 milyon yıl kadar geriye giderseniz, gorillerle ortak atamıza ulaşırsınız. O da, hâlâ ayak direyenler için maymun değildir. Ama ne zaman ki 30 milyon yıl kadar geriye gidersiniz, işte o noktada, aradaki onlarca ortak atadan sonra, nihayetinde kuyruklu maymunlarla, yani maymunlarla olan ortak atalarımıza ulaşırsınız. Bu canlılar maymundur! Kuyrukları vardır ve maymunlara dair tüm tanımlara uyarlar. Ne zaman ki 50-60 milyon yıldan daha gerilere gidersiniz, işte o zaman maymunlardan da çıkarak, primat bile olmayan diğer memeli ortak atalara ulaşırsınız. Ancak oraya kadar olan canlıların büyük bir kısmı maymundur veya ön-maymun denen benzer canlılardır. Dolayısıyla insana giden evrimsel yolak üzerinde maymunlar vardır. Bu da, insanın soy ağacının bir noktada maymundan geldiği anlamına gelmektedir!

Kaldı ki, eğer ki simiyen-maymun ayrımında Evrim Ağacı olarak bizim kullandığımız eş anlamlılığı kullanıyorsanız, tüm Kuyruksuz Maymunlar zaten maymundur! Dolayısıyla insanlarla şempanzelerin ortak atası olan ve 6 milyon yıl önce yaşamış *Orrorin* ya da *Sahelantropus* cinsleri de maymundur! Hatta eğer ki "simiyen eşittir maymun" tanımını kabul ediyorsanız, bizim var olmuş ancak soyu tükenmiş en yakın kuzenimiz olan Neandertallerle ortak atamız olan Heidelberg İnsanları, ya da *Homo heidelbergensis* türü de maymundur! Dolayısıyla insan, maymun olan türlerden evrimleşmiştir!

İşte bu, bizi, kitabımızın bu bölümünün ana noktasına getiriyor: Tüm bu bilgiler ışığında rahatlıkla söyleyebiliriz ki *biz insanlar, modern kladistik tanımlara göre sadece halen bir maymun türü olmakla kalmıyoruz, aynı zamanda doğrudan doğruya maymun olan türlerden geliyoruz!*

Peki, bugüne kadar evrimle ilgili öğrendiğimiz her şey mi yalan? Değil! Bilimseverlerin en doğru şekilde aktardıkları konu, insanın şempanzelerden ya da gorillerden gelmediği konusudur. Biz, çağdaşımız olan hiçbir türden gelmiyoruz! Onlarla sadece ortak atalara sahibiz. Zaten hiçbir tür, kendisiyle aynı çağda yaşayan bir diğer türden gelmez, eğer ki bazı nadir durumlarda, ata ile torun tür bir arada yaşamıyorsa... Bunun da ne anlama geldiğini tahmin edebilirsiniz: Bir atadan yeni bir torun tür evrimleşirken, bir süreliğine ata ile torun aynı coğrafyayı paylaşabilir. Ancak ne zaman ki torun, atanın ayak uyduramayacağı kadar avantajlı hale geçer; o zaman ata türün soyu yavaş yavaş tükenir (veya ata tür göç etmeye zorlanır). Zira eğer ki torun türün ata türe herhangi bir evrimsel avantajı yoksa, o atanın bulunduğu topraklarda evrimleşmesi de mümkün olmayacaktır. Bu durumda, eğer ki yeni bir torun tür evrimleşiyorsa, atanın yeri er ya da geç alınacaktır. Buna "atanın yerini alma" adı verilmekte-

dir. İşte bu durumun görüldüğü geçici zaman dilimleri haricinde, ata ile torun türler genellikle bir arada yaşamazlar. Kaldı ki şempanzeler veya goriller bizim atalarımız değil, kuzenlerimizdir.

Bizler, Evrim Ağacı üzerindeki dallardan sadece birisiyiz. Ve bize en yakın olan diğer dallarda şempanzeler, goriller ve orangutanlar gibi canlılar vardır. Daha uzak dallarda ise, diğer bütün canlılık yer almaktadır! İşte bu, Evrim Ağacı'nın dünyamıza kattığı nefes kesici farkındalıklardan birisidir. Evrim Teorisi ve teknik detayları, bizlerin "maymun" gibi kelimelere takılarak, bu konuların detaylarını öğrenmemek ve kendimizi sınırlandırmak için fazlasıyla önemli ve kıymetli bir bilimsel teoridir. Elimizdeki kısa zamanda ne kadar fazlasını öğrenip, ona ne kadar katkı sağlarsak kârdır.

Fakat yine de bazı okurların insanın maymunlarla olan akrabalık ilişkisine ayak direyeceğini tahmin ediyoruz. Bu nedenle, tartışmaya hiçbir yer bırakmayan, "ölümcül vuruş" diyebileceğimiz bir kanıtı sizlerle paylaşmak istiyoruz. Zira pratik olarak, genetikten gelen bu kanıtı öğrenip de, insanın maymunlarla olan akrabalığına karşı çıkmak mümkün değildir.

İNSANIN MAYMUNLARLA AKRABALIĞININ GENETİK KANITLARI

Antropoloji ile oldukça yakından ilişkili alanlardan birisi de genetiktir. Daha önceden, popülasyon genetiği ile antropoloji arasında bir ilişki olduğundan da söz etmiştik. Antropoloji, insanın evrimsel tarihinin daha büyük (makro) boyuttaki verilerini açığa çıkarabilirken, genetik daha küçük ölçekli (mikro) veriler ile uğraşır. Ancak bunlar arasında bütünleyici bir ilişki bulunmaktadır. Bu, bilimsel açıdan son derece kıymetlidir, çünkü bir bilim sahasının bulgularını, diğer bilim sahasının bulgularıyla bir araya getirerek karşılıklı olarak kontrol etme imkânını buluruz. Böylelikle eğer ki arada uyuşmazlıklar varsa, çalışmalarımızı gözden geçirip hataları ayıklamamız mümkün olmaktadır. Burada yapacağımız da, bölüm içinde bahsettiğimiz insan-maymun akrabalığı (hatta eşliğinin) genetik açıdan doğrulanmasını sağlayan sayısız veriden sadece birkaç tanesini sizlerle paylaşmaktır.

Söz konusu insanlar ile diğer maymunlar olduğunda, karşımıza çok ilginç bir durum çıkmaktadır. İnsanlarda 46 adet kromozom bulunurken, en yakın kuzenimiz olan şempanzelerde 48 kromozom bulunmaktadır. Eğer ki şempanzelerle sadece 6 milyon yıl önce yollarımız birbirinden ayrıldıysa, bu 2 kromozom (1 çift kromozom), bilimsel olarak açıklanabilir bir şekilde değişmiş olmalıdır. Bir noktada 48 kromozom, 46 kromozoma düşmüş olmalıdır, çünkü daha uzak diğer maymun kuzenlerimizde de 48 kromozom düzenini görmekteyiz. Böyle bir şey neden, daha önemlisi nasıl olmuştur? Nasıl olur da 46 kromozom, atalarına baskın gelerek türümüzü ortaya çıkarabilmiştir?

Bu noktada, şu bilgi önem arz etmektedir: Esasında kromozomların eksilmesi (veya artması) durumu, pek de anormal değildir ve doğada sıklıkla görülür; hatırlayacak olursanız bunun örneklerine Botanik bölümümüzde değinmiştik. Birçok canlıda bırakın kromozomların 1-2 adet değişmesini, koskoca genomun çiftlendiği, dörtlendiği, hatta sekizlendiği (8 katına çıktığı) bilinmektedir! Örneğin batrak (Lancelet) adı verilen ilkel bir atamızın genomu 550 milyon yıl kadar önce 4 katına çıkmıştır ve bu genomik çoklanma, omurgalıların evrimini mümkün kılmıştır. Bitkilerde ve diğer canlı gruplarında da genetik çoklanmalara sıklıkla rastlanır.

Biraz daha ek bilgi verelim: Kromozomlar, aslında DNA'nın "paketlenme biçimi" demektir. Yani kromozom, tek başına pek de bir anlam ifade etmez. Asıl anlam, içinde barındırdığı DNA'da ve DNA'nın oluşturduğu genlerde yatmaktadır. Kromozomlar, yalnızca ve yalnızca bu uzun DNA bilgisinin nasıl "paketlendiği" ile ilgilidir. Bir kromozom çoklandığında ya da kromozom sayısı değiştiğinde, o kromozom üzerindeki genler de sayıca artabilir veya azalabilir. Tabii ki şempanze ile insan örneğinde ilginç olan, 2 kromozomun kaybolmasıdır. İyi ama bu kromozomlar gerçekten "kaybolmuş" mudur? Asıl ilgi çekici olan soru tam olarak budur!

Cevap ise oldukça açık: Hayır, bu kromozomlar buharlaşıp da ortadan kaybolmamıştır! En yakın kuzenlerimizin 48, bizim 46 kromozomumuzun olması, evrimsel süreçte bir yerlerde atalarımızdaki 48 kromozom içindeki 2 tanesinin birbirine kaynamak zorunda olduğunu göstermektedir. Aksi takdirde bu kromozom sayısı farkı izah edilemezdi. Yani ya evrimin öngördüğü akrabalık ilişkisi dahilinde hücrelerimizin içinde birbirine kaynamış gibi gözüken kromozomlar bulmamız gerekmektedir ya da insanın diğer maymunlarla en yakın akraba olduğu iddiasında bir hata var demektir. Bu öylesine nefes kesici bir sorudur ki, bazı bilim insanları bunu "evrimin geçmek zorunda olduğu en büyük sınav" olarak tanımlamıştır. Ve bilin bakalım? Evrim, bilimin bu zorlu testini de, tabiri yerindeyse "alnının akıyla", tartışmaya yer bırakmaksızın geçmiştir:

Gerçekten de; şempanzelerde, gorillerde ve orangutanlarda 2A ve 2B olarak isimlendirilen iki ayrı kromozom, insanda birbirine kaynamıştır ve tek bir kromozomdur. Bizdeki bu kromozom, "2. Kromozom" olarak bilinmektedir. Bu öyle hikâyeden bir bulgu ya da evrimi doğru gibi göstermek için uydurulan bir iddia değildir! Biraz daha açık bir biçimde izah edelim:

Her kromozomun en uç kısmında telomerler, orta kısmında ise sentromer adı verilen özel gen grupları bulunur. Telomer ve sentromerlerin konumu normalde kromozomlarda sabittir, değişmez. Örneğin insanın diğer tüm kromozomları bu şekildedir: ortada sentromer bulunur, uçlarda ise telomerler...

"Tesadüfe bakın" ki 2. kromozomumuz hariç! 2. kromozomumuz "anormal" (ancak tam da evrim tarafından öngörülen) şekildedir: Atalarımızdaki iki kromozomun evrimsel süreçte kaynaşmasıyla oluşan bu kromozomun uçlarında telomerler vardır, her iki uç ile orta kısım arasında, hiç olmaması gereken yerde bir çift sentromer vardır. Dahası, orta kısımda hiç olmaması gereken bir yerde, kaynaşmadan ötürü yaklaşık 2 kat uzun bir telomer bölgesi vardır! Hem de şem-

panze, goril ve orangutanlardaki 2A ve 2B kromozomları daha yakından incelendiğinde, gerçekten de bunların üzerinde bulunan genlerin görevlerinin, bizim 2. kromozomumuzdakiyle tıpatıp aynı olduğu görülmüştür; yani bizdeki 2. kromozomun, başka bir kaynaşma ya da hatanın ürünü olması mümkün değildir! Hem de bu kromozomdaki hatalı sentromerler ve ortadaki telomerler, yine evrimin öngördüğü gibi, işlevsiz hale geldikleri için körelmişlerdir ve artık iş göremezler! Yani tek bir kromozom, evrimin neredeyse tüm öngörülerini doğrulamaktadır!

Yani antropologlar ve evrimsel biyologlar, daha önceki verilerin işaret ettiği "insan-şempanze akrabalığını" genetiğin nihai cevabı verebilecek bir sınava tabi tutmuşlardır ve iddiaları eğer ki doğruysa, olması gereken ve bulmalarını bekledikleri" bir bulguyu öngörmüşlerdir. Bir bilimin gücü, öngörü isabetliliği ile anlaşılır. Fiziğin net bir şekilde çalıştığını, bir topu duvara her fırlattığınızda aynı davranışı tekrar etmesinden ve bunun fiziksel hesaplamalara neredeyse birebir uymasından anlarsınız. Biyoloji ve evrim de böyledir: Her öngörü, gerçeğe neredeyse tıpatıp uygun şekilde doğrulanmaktadır. İnsan ve şempanze kromozomları da, bu tartışmayı nihai olarak noktalandırmıştır. Tıpkı *Tiktaalik* fosilinin keşfinde ve daha nice evrimsel biyoloji temelli keşifte olduğu gibi, burada da evrimin öngörüsü %100 isabetle doğrulanmıştır.

Şimdi düşünmemiz gereken, şempanzelerle kuzen olup olmadığımız değil, kuzenlerimize hak ettikleri saygıyı gösterip göstermediğimizdir. Yani sorun, onların bize layık olup olmadığı değil; bizim onlara layık olup olmadığımızda diyebiliriz. Tek evimiz olan dünyaya ve orijinal sahiplerine yaptığımız işkence ve katliamlar düşünülecek olursa, bu işte pek de iyi bir çizgide olduğumuzu söyleyemeyiz. Tek bir türün soyunun tüketilmesinin bile insan elinden olması bizi bu çizgiden oldukça uzaklaştırır ki birçok türün dünya üzerinde yok olmasında parmağımızın olduğu çok açık bir şekilde ortadadır.

Burada bir soru daha kalıyor: Atalarımız, 48 kromozomdan 46 kromozoma evrimleşirken nasıl ürediler? Çünkü eğer ki atasal popülasyonda birkaç tane 46 kromozomlu birey varsa ve onlar dışındakiler 48 kromozoma sahiplerse, bu iki canlı çiftleştiğinde yavrular 47 kromozomlu olacaktır ve tek sayıdaki kromozom, ölüm demektir. Bu nasıl çözülür? Kromozomların ayrışmalarındaki çeşitlilik ("dengeli translokasyon" denen bir süreç), bu sorunun cevabı olabilir.

Stanford Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden Dr. Barry Starr, bu konuda ilginç araştırmalar yürütmüş bir bilim insanıdır. Dr. Starr'ın anlattığına göre, farklı kromozom sayısına sahip canlılar çiftleştiğinde, belli olasılıklar dahilinde son derece sağlıklı yavrular oluşabilecektir. Bunun nedeni, bazı bireylerin kromozomlarının kimi zaman eşlenmiyor, kimi zamansa fazladan eşleniyor oluşudur. Eğer ki ebeveynlerden bir tanesinin gametlerinde kromozomlar düzgün dağıldıysa, diğerinde ise dengeli translokasyon denen dağılım gerçekleştiyse (kromozomlardan birisi, diğeriyle kaynaşarak aktarıldıysa), doğan her 6 yavrudan 2'si (%33) sağlıklı olacaktır. Bu her ne kadar kısmen düşük ihtimal olsa da, kuzenler arası evliliklerde bile böyle durumlar görülmektedir ve günümüzde de

bu durumlara rastlanmaktadır. Örneğin Çin'de yaşanan bir kuzen-kuzen evliliğinden doğan yavru 44 kromozomludur ve tamamen sağlıklıdır. Yani evrim, günümüzde bile farklı kromozom sayısına sahip yavrular üretebilmektedir!

Dahası, bu olasılık 1 defa tuttuğunda ve tek bir adet 46 kromozomlu birey, 48 kromozomlu atalardan (ebeveynlerden) doğduğunda, bu bireyin kendi atası olan canlılarla yapacağı her yavru, kendisi gibi dengeli translokasyona sahip olacaktır! Bu durum, 46 kromozomlu bireylerin neden aşırı hızlı bir şekilde yayılmış olabileceğini de açıklamaktadır.

Cevaplanması gereken son bir soru, neden 46 kromozomun baskın hale gelmiş olduğudur. Açıkçası bu sorunun kolay bir cevabı yok, çünkü geçmişe gitmediğimiz sürece neden bu kromozom sayısının baskın hale geldiğini bilmenin bir yolu yok. Fakat popülasyon genetiğinden edindiğimiz bilgilerle, bazı çıkarımlarda bulunmak mümkündür:

İlk senaryo, genetik sürüklenme ile açıklanabilir. Yani bir grup 46 kromozomlu insan, bir sebeple ana popülasyondan ayrılarak, kendi minik popülasyonlarını kurmuş olabilirler. Daha sonra bunlar yayılmış ve egemen hale gelmiş olabilirler. Bu durumda, bir soru işareti doğabilir: 46 kromozomluluk, acaba bir fayda sağlıyor olabilir mi? Şimdiye kadar buna dair bir bulguya ulaşamadık; ancak bu, olmadığı anlamına gelmiyor. Belki 46 kromozomluluğun sağladığı dolaylı bir etki (örneğin iki ayak üzerine kalkmada ya da konuşmada bir artı fayda), diğerlerine üstün gelmemize sebep olmuş olabilir. Ancak belirttiğimiz gibi, şu anda böyle kesin bir sebep bulunmuş değil. Bir diğer ihtimal, 46 kromozomlu popülasyonun yayılmasından sonra, 48 kromozomluların bir sebeple yok olmuş olması olabilir. Bu tip "darboğaz" diye adlandırılan durumlar, sıklıkla görülmektedir.

Bir diğer senaryo ise, kromozomların kaynaması sırasında meydana gelen kimyasal olaylar sonucunda, bazı yeni genlerin yaratılmış olabileceği (sonuçta gen dediğimiz yapı da, her şey gibi basit kimyasal maddelerden ibarettir) ve bunun sonucunda 46 kromozomluların avantaj sağlamış olabileceğidir. Ancak yine, bu konuda da somut bir kanıtımız bulunmamaktadır.

Ne olursa olsun, türümüzün bir şekilde başarılı olduğu açıktır. Bu başarının birçok sebebi bilinmektedir; fakat 46 kromozomun bu sürece herhangi bir katkısı olup olmadığı açık değildir. Gelecekte elde edeceğimiz veriler, daha fazla sayıda bulguyu açığa çıkarabilir ve bu süreçte 46 kromozomlu olacak şekilde evrimleşmemizin bir katkısı olup olmadığını anlamamızı sağlayabilir. Hep birlikte bekleyip göreceğiz...

İNSANAT BAHÇESİ: OTA BENGA SKANDALI VE EVRİM TEORİSİ

Antropoloji tarihi, ne yazık ki geleceğimizi aydınlatan sayısız aydın ve ileri bilim insanlarının ortaya çıkardığı sayısız kıymetli bilimsel bulguya ev sa-

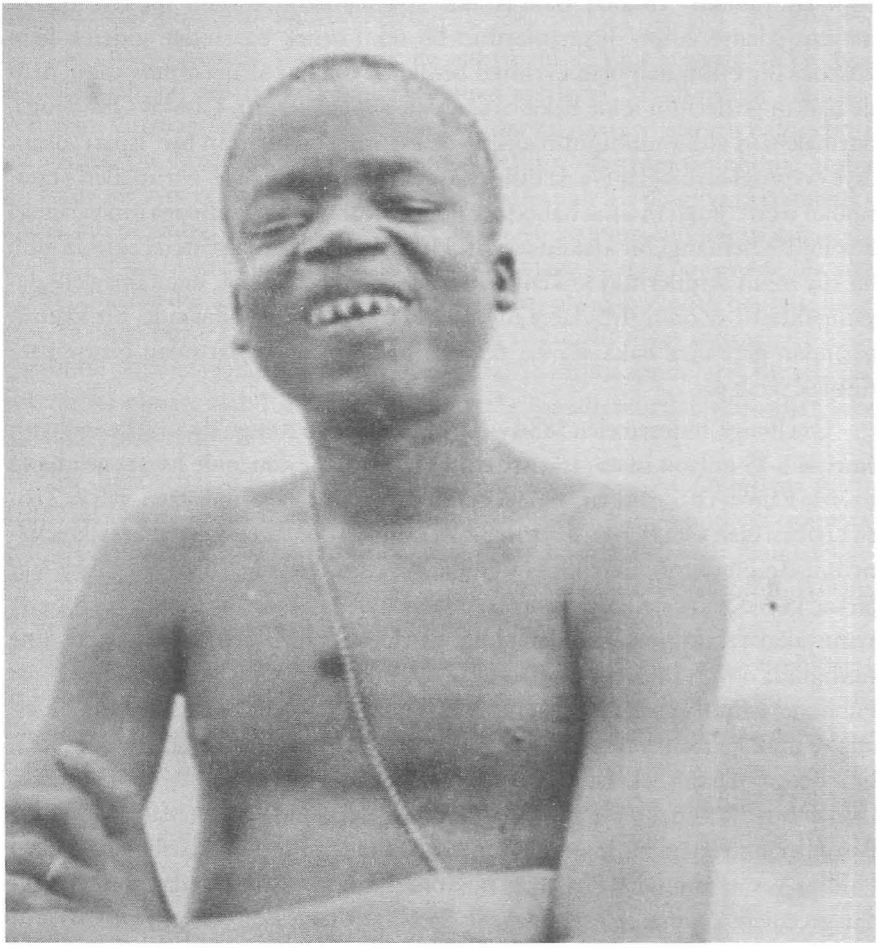
hipliği yaptığı gibi, insanın karanlık tarafından gelen, ziyadesiyle ürkütücü bazı konulara da ev sahipliği yapmıştır. Bunların en ilginçlerinden biri, ırkçılığın bir uzantısı olarak yaşanmış Ota Benga Skandalı'dır. Kitabımızın bu kısmında, bu konuyu aydınlatmak istiyoruz.

Ota Benga, 1883 (veya 1884) yılında doğmuş ve 20 Mart 1916 yılında intihar ederek ölmüş, bugünkü Kongo Demokratik Cumhuriyeti (o zamanki "Kongo Özgür Devleti") topraklarında yaşamış siyahî bir Mbuti pigmesidir. Mbuti insanları Kongo'da yaşayan yerli bir kabiledir ve pigmedirler; yani popülasyonlarının boy ortalaması 150 santimetrenin altındadır. Bu kabileden olan Ota Benga'yı meşhur yapan konu ise, 1904 yılında ABD'nin Missouri Eyaleti'nin St. Louis kentinde düzenlenen Louisiana Alım-Satım Sergisi'nde, sonrasındaysa 1906 yılında Bronx Hayvanat Bahçesi'nde açılan ve büyük tartışmalar yaratan "İnsanat Bahçesi"nde sergilenmesidir. Onu spesifik olarak meşhur edense, bilim düşmanlarının bu tekil örnek üzerinden giderek hem koskoca bir bilim dalı olan evrimsel biyolojiyi ayaklar altına alma çabası, hem de halkın gözlerinin içine baka baka yalan söylemeleridir. Çünkü Ota Benga, durmaksızın iddia edildiğinin aksine ne evrimsel biyolojinin bir "ispatı" olsun diye evrimsel biyologlar (ya da bilim düşmanlarının tabiriyle "evrimciler") tarafından o tartışmalı insanat bahçesine konmuştur, ne de Ota Benga'nın evrimsel biyolojiyle herhangi bir alakası vardır. Hatta bu sayfalarda göstereceğimiz gibi, bu tür insan sergilerinin kökenleri Evrim Teorisi'nden çok daha öncelere dayanmaktadır ve on milyonlarca insanın köle edildiği bir dönemde, bir kişinin başından geçenlere bakarak, var olan en güçlü bilim dallarından birine kafa tutmak yersizdir.

Ota Benga, muhtemelen 1884 yılında, Belçika'nın Kongo'da Kral Leopold'un emriyle 5-15 milyon insanı işkence edip katlettiği bir dönemde hayata gelmiş ve hayatta kalmayı başarmıştır. 1903 senesinde, yaklaşık 19 yaşındayken, evli ve 2 çocuk babası olan Ota Benga, başarılı bir fil avından dönerken yakalanarak köleleştirilmiştir. Hayatını inceleyen biyografların yazdığına göre fili avlayabilmek için birkaç gün boyunca ailesinden uzak kalan Ota, sivrileştirilmiş tahta bir sopayla avını yakalayabilmiştir. Avından aldığı parçaları gururla evine taşırken, köyüne vardığında ortada hiçbir şey kalmadığını görmüştür. Halk Kuvvetleri (The Force Publique) isimli, kaçakçılıkla uğraşan militan örgüt eşini ve çocuklarını katletmiş ve ufak kabilenin neredeyse tamamını ortadan kaldırmıştı. Aynı kuvvetler, Ota Benga ve hayatta kalan birkaç diğer kabile üyesini yakalayarak esir almıştır. Günler boyunca yürümeye zorlanan Ota Benga, sonunda para karşılığı öncelikle Basişeller adı verilen bir insan grubuna, sonrasındaysa bunlar aracılığıyla Samuel Phillips Verner isimli bir Hristiyan misyonerine satılmıştır. Bundan sonra başından geçenlere az sonra geleceğiz; ancak öncelikle Ota Benga'yla ilgili iddialarının temellerinin çürüklüğüne hızlıca bir göz atalım:

İlk olarak birkaç önemli noktanın farkına varılmalıdır: Sözü edilen dönemde insan köleliği son derece yaygındır ve henüz yasaklanmamıştır. Köleliği

doğuran unsursa elbette ki evrimsel biyoloji değil, insanlığın acziyeti ve ayrımcılık merakıdır. Kölelik kavramı doğduğunda ortada Evrim Teorisi bulunmuyordu. Üstelik evrimsel biyoloji, tüm türlerin ve türlerin tüm bireylerinin ortak atalardan geldiğini ortaya koyması bakımından hangi açıdan ele alınırsa alınsın "bütünleştirici" bir teoridir, "ayrıştırıcı" ve insanları "kamplara/sektlere/mezheplere bölücü" değil. Öte yandan bilimin bütünleştirici olması gerekmemektedir. Zira bilim, gerçeklerle ilgilidir. Bir kaplanın yavru bir babunu paramparça etmesi içimizi dağlayabilir; ancak doğanın gerçeği budur. Biz iyi hissedelim diye bilim, *"Kaplanlar yavru hayvanları parçalamaz"* diyecek değildir. Aynı şekilde, Evrim Teorisi herhangi bir şekilde insani duygularımıza hitap etmeyen parçalara sahip olsaydı bile, bunu teorinin geçersizliğini göstermek için kullanamazdık. Bilim böyle yapılmaz.



Görsel 8-4: Ota Benga'ya ait bir fotoğraf. Bu fotoğraf, halka arz edilmiştir ve telif hakkı bulunmamaktadır.

Bu konudaki bir diğer önemli nokta, Ota Benga'nın ne yazık ki o dönemdeki tek köle olmayışıdır. İnsanlık tarihi boyunca, özellikle 17-19. yüzyıllar arasında 20 ila 100 milyon arasında insanın köle olarak alınıp satıldığı düşünülmektedir. İngiliz gemilerinin kayıtlarından elde edilen verilere göre sadece İngiltere'nin, sadece Afrika'dan bile 1,5-2,8 milyon insanı köle olarak taşıdığı bilinmektedir. Bu zavallı insanların her birinin başlarından geçeni incelemek ve sorunun kaynağı olan insan acziyetini ortaya çıkarmak yerine, tekil bir örnekten yola çıkarak insanlık tarihinin en güçlü bilim dallarından birini hedef almak olsa olsa içler acısıdır.

Dahası, Ota Benga'yı alan, satan ve sergileyen insanların "evrimsel biyoloji" ile doğrudan (ve hatta çoğunun dolaylı olarak bile) alakası yoktur. Örneğin Ota Benga'yı bir ürün veya malmış gibi alıp satan, nerede ne yapılacağına karar veren kişi St. Louis Dünya Fuarı (veya diğer adıyla "Louisiana Alım-Satım Fuarı") tarafından görevlendirilen Samuel Phillips Verner isimli bir Hristiyan misyoneri, iş adamı ve gezgindir. Bazı kaynaklarda kendisi bir "doktor" olarak lanse edilse de, aslında University of South Carolina'dan 19 yaşında bir lisans öğrencisi olarak mezun olmuştur; herhangi bir unvanı yoktur. Kendisi bundan sonra bir demiryolu işçisi olarak çalışmış, ailesinin ünlendiği gibi köle ticaretiyle uğraşmış ve sonrasında, Ota Benga'yı köle ettiği dönemler geride kalmış, zengin ailesinin şansının dönmesiyle açlıkla mücadele ederek ölmüştür. Zaten Verner'ın köleleri almak üzere Kongo'ya gidişinin de "bilim" ile alakalı olmadığı, antropolog olmasına rağmen daha ziyade bir "şovmen" olarak tanınan William McGee'den aldığı şu "Kongo'dan alınacaklar listesi"nden bellidir:

"1 adet pigme reisi ya da şefi. 1 yetişkin kadın, mümkünse şefin eşi. 1 yetişkin erkek, mümkünse şefin oğlu. 1 yetişkin kadın, ilkinin eşi veya kızı olacak. 1 evlenmemiş genç kadın. 2 çocuk. 1 kadın rahip, 1 erkek rahip (veya tıp doktoru), mümkünse yaşlı. Bu sayılanların hepsi pigme olacak."

Dolayısıyla hiçbir açıdan konuyu evrimsel biyolojiyle doğrudan ilişkilendirmek mümkün olamaz. Bazı tarihçiler dönemin ırkçılık politikalarıyla Evrim Teorisi'nin politika alanındaki çıkarımı olan "Sosyal Darwinizm"i bağdaştırmaktadır; ancak bu da doğrudan bir ilişki kurulması için yetersizdir. Bir teoriden yola çıkarak geliştirilen politik görüşlerin, teorinin özü ve gerçekliği ile hiçbir alakası yoktur. Zaten aynı teoriden yola çıkan bazı diğer insanlar sosyal demokrasi, sosyalizm, anarşizm veya kapitalizm gibi birbirinden ve ırkçılıktan apayrı diğer görüşlere de ulaşabilmiştir; basit bir pratikle bunu herkes başarabilir. Bu, zaten son derece beklenir bir durumdur. Evrim Teorisi, canlılığın doğasını açıklayan bilimsel teoridir. Sayılan (ve hatta sayamadığımız) diğer siyasi ideolojiler de gökten zembille inen düşünceler değildir; insan doğasının farklı özelliklerinin politikaya yansımasının ürünleridir. Dolayısıyla doğamızı bugüne kadar hiçbir düşüncenin yapamadığı kadar güçlü ve gerçek şekilde açıklayabilen teoriden binbir çeşit politik duruşa varmak işten bile değildir. Önemli olan, bunlardan tek bir tanesine bakarak bilimi karalama cüretini göstermemektir.

Tüm bu açılardan ele alındığında, Ota Benga'nın başından geçen üzücü olayların evrimsel biyoloji, Evrim Teorisi ya da "evrimciler" ile doğrudan alakalı olmadığı görülecektir. Birazdan göreceğimiz gibi, az önce yaptığımız analizin uzantıları, bu sanrılı görüşün doğmasına neden olmuştur.

20. yüzyılın başlarında hâkimiyetini sürdüren ırkçı görüşlerin bazıları, güçlerini Evrim Teorisi'nden almaktaydı. Çünkü bu teoriye bakan bazı siyasetçiler, günümüz insan toplumlarında "aşağılık" ve "yüce" bazı gruplar olduğu sanrısına kapıldılar. Hâlbuki evrimsel biyolojinin hiçbir döneminde insan toplumları ayrı olarak ele alınmadı. Tam tersine her zaman, her toplumsal birim *Homo sapiens* türüne ait olarak kabul edildi, alt başlıklara ayrılmadı. Ancak yeni yeni gelişen antropolojinin siyasi emellerle çarpıtılması, biyolojinin temel teorisi olan Evrim Teorisi'nin de bundan nasibini almasına neden oldu. "Kafatasçılar" olarak da bilinen, frenoloji isimli sahtebilimi destekleyen ve dönemin yeni yeni güçlenen bilimi olan evrimsel biyolojiyi bu hastalıklı fikirlerine alet eden insanlar, günümüzde de evrimin insanları ayırıcı bir yaklaşım olduğu kanaatine sahip olmalarına neden olmuştur.

20. yüzyılın başındaki bilim dışı olan sözde-antropolojik yaklaşımlar, günümüzde halen düşük seviyeli insanlar olduğunu ve bizlerin bunlardan evrimleştiğimizi ileri sürüyordu. Bu düşük seviyeli halklarla ilgili olarak da en sık Afrikalılar'ın ismi anılıyordu. Güya gelişmiş olan batılı ülkeler, "alt ırklar" olarak gördükleri Afrikalılar üzerinde mutlak bir söz hakkına sahip olduklarına inanıyorlardı. İşte Ota Benga, böylesine hastalıklı bir dönemde Afrika'da yaşama şanssızlığına mahkûmdu.

1904 yılında sıtmalı olmasına rağmen St. Louis'ye götürülen Ota Benga ve diğer 8 Afrikalı, kısa sürede Dünya Fuarı'nın gözdesi haline geldiler. Ota Benga'yı diğerlerinden ayıran ise, arkadaş canlısı bir kişiliğe ve kısmen sivri uçlu dişlere sahip olmasıydı. Bu haliyle, "arkadaş canlısı olmasına rağmen düşük seviyeli bir insan" olarak sunuldu. Hatta bir gazete, Ota Benga'yı dişlerinden ötürü "Afrika'nın saf yamyamlarından biri" olarak sundu. Burada ziyaretçiler, Ota Benga'nın kendisini görmek için 25 sent, ekstradan bir de dişlerini görmek için fazladan 5 sent para ödüyorlardı. Ota Benga'nın sahibi olan Verner, 28 Temmuz 1904'te Ota ve diğer Afrikalıları giydirerek onları Amerikan yerlileri ve "çeteleri" gibi gösteren bir oyunda oynattı. Ne acıdır ki bu gösteri, Fuar'ın bitiminde "antropoloji" dalında altın madalyaya layık görüldü.

Daha sonra, Ota Benga ve Verner Afrika'ya döndüler, diğer Afrikalıları Kongo'da serbest bıraktılar. Bu sırada Ota da Batwa yerlileriyle kısa bir süre yaşadı ve burada bir kadınla evlendi. Ne yazık ki kadın bir yılan ısırığı sonucu hayatını kaybetti. Kendini Batwa'ya ait hissetmeyen Ota, Verner ile birlikte ABD'ye dönme kararı aldı. Zaten Batwa halkı da onu "lanetli" olduğu için istemiyordu, evliliklerinden sonra kısa bir süre içinde eşini yılan sokması başka nasıl açıklanabilirdi, öyle değil mi? Amerika'da Verner onu Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'ne yerleştirdi. Güneyli gibi giydirilen Ota Benga, müze ziyaret-

çilerini eğlendirmekten sorumluydu. Ota Benga'nın bu işten bir süreliğine keyif aldığı çeşitli raporlarda sunulsa da, nihayetinde ev hasreti çekmeye başladı. Birkaç defa müzeden kaçmaya çalıştı, ancak başarılı olamadı. Bu sırada Verner da hızla para kaybediyordu. Nihayet, Verner'ın kararı üzerine müzeyle olan bağlarını kopardı ve yeni bir eve taşındı.

Bu evinde de uzun süre kalamadı, çünkü Verner'ın para kazanmak için "harika" (!) bir fikri vardı: 1906 senesinde Bronx Hayvanat Bahçesi'nde açılacak olan "insan sergisi"nde Ota'yı sergileme kararı aldı. Dönemin çarpık antropoloji algısına uygun bir şekilde Afrikalı toplumlar, evrimin "alt ırklarını" gösterecek şekilde sergileneceklerdi. Hayvanat bahçesinde Ota Benga'dan başka hiçbir insan sergilenmedi; ancak 1 insanın varlığı bile kamuoyunda devasa bir patlama yaratmaya yetti. İyi de oldu.

Hayvanat Bahçesi içinde Ota Benga aslında bir tutsak gibi değildi, tam tersine tüm bahçe içinde özgürce dolaşabiliyordu; buna ne kadar "özgür" denebilirse... Buna rağmen amaç, bazı insanların (ve dolayısıyla sözde "ırkların") diğerlerine göre alçaklığını göstermekti. Ota Benga, hayvanat bahçesinin zeki ve insan gibi davranacak şekilde eğitilmiş orangutanı Dohong yanında uzun bir süre kaldı. Burada hamağını kurdu, hatta ok-yay kullanmasına bile izin verildi. Ancak sorun, Ota Benga'nın tutulduğu yerin "Maymun Evi" olarak bilinen bölge olmasıydı. Üstelik hayvanat bahçesi, ilgi çekmek için 8 Eylül 1906 günü geniş alanı koruyan kafeslerin önüne bir tabela yerleştirdi ve Ota Benga'yı sanki kafesin içindeki bir hayvanmış gibi tanıttı:

Afrika Pigmesi, "Ota Benga"
Yaş: 23 Yıl
Boy: 1.49 metre
Ağırlık: 46 kg
Kasai Nehri, Kongo Özgür Devleti, Güney Orta Afrika'dan
Dr. Samuel P. Verner tarafından getirildi.
Eylül boyunca her öğleden sonra sergilenecektir.

Tabii ki Ota Benga'yı bu hale sokanların analizi de detaylıca yapılmalıdır. Ancak konuyu aşırı derinleştirmemek adına iki örnek vermek istiyoruz; ilkiyle başlayalım: Ota Benga'nın sergilenmesi gerektiğini savunan Bronx Hayvanat Bahçesi yöneticisi William Hornaday, bu kararı konusunda New York Zooloji Cemiyeti sekreteri Madison Grant tarafından desteklenmekteydi. Ota Benga'nın sergisinden sadece 10 sene sonra Grant, ırkçı bir antropolog ve yine evrimin kötü tarafını art niyetli biçimde kullanmayı hedefleyen öjeni görüşünün bir savunucusu olarak nam saldı. Bundan kısa bir süre sonra ise dönemin bilim camiasından koparak ırkçılık savunucusu yapan yazılar yayınlamaya başladı; bir miktar da bitkilerin korunumuyla ilgili araştırmalar sürdürdü. Grant'in yazdığı kitaplardan birinin başlığı "Muhteşem Irkın Ölümü" idi ve en azından 1 kişinin kitaptan fazlasıyla etkilendiğini biliyoruz. Çünkü o kişi, 1930 senesinde Grant'e bir mektup yazarak *"(...) kitabınız benim İncil'imdir"*

demişti. O kişinin Adolf Hitler olduğunu söylememiz şaşırtıcı olmayacaktır. Yönetici Hornaday ise yıllar boyunca özür dilemedi ve "sadece etnolojik bir sergi sunmak istediğini" söyleyerek kendini ve kararını savundu. Yaptıkları, tarihe bir "skandal" olarak geçti. Bugün adını bu skandal haricinde hatırlayan kimse yoktur sanıyoruz ki...

İkincisi ise yazımız içinde sözünü ettiğimiz, güya antropolog olan, daha ziyade kafatasçı, üstün-ırkçı bir şovmen olan McGee. Ota Benga'nın ABD'ye getirilişinde başı çeken bu kişi, Darwin'in yeni yeni anlaşılan ve sonuçları görülmeye başlanan Evrim Teorisi'ni kullanarak insan ırklarının (daha doğrusu farklı coğrafyalardaki insanların) evrimin farklı basamaklarındaki gruplar olduğuna inanıyordu. Bu inancı çerçevesinde, pigmelerin kuyruksuz maymunlarla insanlar arasında bir "geçiş ırkı" olduğu kanısına sahipti. Tüm yaptıklarını da bu çerçevede yaptı. Buradan görülebileceği gibi, McGee'nin görüşleri geçerli olan evrimsel biyolojiyi en ufak şekilde yansıtmamaktadır; dolayısıyla bu olayın sonuçlarının evrimle ilişkilendirilmesi, Hiroşima'nın çekirdek fiziğini lanetlemek için kullanılması kadar anlamsız ve saçmadır. Dahası, modern evrim bilimi sayesinde biliyoruz ki, günümüzde hiçbir insan ırkı bulunmamaktadır ve 1800'lerde de bulunmuyordu. Dolayısıyla McGee saçma bir ideolojinin peşinden koşan, döneminin temelsiz sahtebilim iddialarına kanmış bir şovmendi. Bu sebeple, Evrim Teorisi'nin kabul etmediği ve ileri sürmediği bir konu için bu bilim dalını hedef almak yersizdir.

Dolayısıyla bu açıdan bakıldığında da, bu skandala imza atan zavallıların, pek de bilimsel bir çerçevede olmadıkları, daha ziyade maddi niyetlerle veya kendi şahsi ideolojileri doğrultusunda bunları yaptıkları görülmektedir. Bu nedenle Ota Benga skandalını doğrudan evrimsel biyoloji ile ilişkilendirmeyi geçtik, bilimle ilişkilendirmek bile son derece sıkıntılıdır.

Ota Benga'nın skandal sergisi sadece 2 gün sürdü. Çünkü kısa sürede büyük tepki topladı ve dönemin ırkçılığa yakın kaynakları bile bu girişimi şaşkınlıkla karşıladılar. Gerçi 2 gün bile yeterliydi, ilk gününde sergiyi 40 bin insan ziyaret etti! O günlerde New York Times gazetesinde çıkan şu satırlar her şeyi özetler gibiydi:

"Çocuklara Zalimliği Önleme Cemiyeti gibi bir topluluğun olmaması ne kadar üzücü! Misyonerlerimizi Afrika'ya oraları Hristiyanlaştırsın diye gönderiyoruz; sonrasında onları buraya getirip zulmediyoruz."

Bu satırlardan da görülebileceği gibi konunun evrimsel biyoloji ile hiçbir alakası yoktur. Konu, tamamıyla kölelik ile alakalıdır. Bu köleliğin sayısız içler acısı sonucundan biri, spesifik bir kölenin sergilenmesi olmuştur. Bu, elbette ki köleliğin tümü gibi, kabul edilemezdir. Ancak bu örnekten yola çıkarak, *"Evrim bize bu belaları getiriyor!"* gibi bir sonuca varmak acınasıdır ve eşit derecede kabul edilemez bir durumdur.

Bu olaylardan kısa bir süre sonra Benga bahçeden çıkarılmıştır. Verner'ın para bulma sorunu giderek büyümüş, Ota Benga ile ilişkisi kesilmiştir. Niha-

yetinde Verner ile ortak bir karara vararak Benga ABD'de kalmak istediğini söylemiştir. Bunun üzerine Benga, Rahip Gordon'un denetimine verilmiştir. Rahip onu kilisesi tarafından desteklenen Howard Zenci Yetimhanesi'ne yerleştirmiştir. Rahibin amacı, Ota Benga'nın "medenileştirilmesi" idi: yani batı giysileri giymesi, yeme-içmeyi ve konuşmayı öğrenmesi ve tabii ki bir "Amerikan gibi" davranması.

Ne yazık ki medya Ota Benga'nın peşini 1910'a kadar bir an olsun bırakmamıştır. Bunun önüne geçmek için Virginia'ya taşınmıştır, dişleri dolgulanarak sivrilikleri kapatılmıştır, Amerikan stili kıyafetler giymeye başlamıştır. İngilizcesi yeterince geliştikten sonra okumaya başlamıştır ve Lynchburg'ta bir tütün firmasında çalışmaya başlamıştır. Bir merdivene ihtiyacı olmaksızın tütün toplanan direklere tırmanabilmesinden ötürü işinde müthiş başarı elde etmiştir. 1914 yılında 1. Dünya Savaşı patlak verince, o zamana kadar aklında olan Kongo'ya dönme hayalleri tamamen suya düşmüştür. Bunun üzerine 20 Mart 1916'da, Maymun Evi'nde sergilenmesinden 10 sene kadar sonra, 32 yaşındayken bir seremoni ateşi hazırlamış, dişlerindeki dolguları sökmüş ve kalbine çalıntı bir tabanca ile ateş ederek intihar etmiştir.

Görüldüğü gibi Ota Benga'nın hikâyesinde birçok kişi tarafından yapılan birçok yanlış bulunmaktadır. En başından köyünün yağmalanmasından tutun da köle olarak tutsak edilmesine, alınıp satılmasına, sergilenmesine kadar... Bu tür içler acısı hikâyeler, on milyonlarca kölenin her birinin yaşamının parçalarıdır. Bize inanılmaz gelseler de, bu olaylar o insanların gerçeklerinin ta kendisidir! Dolayısıyla Ota Benga veya herhangi bir X kölesinin hikâyesinden yola çıkarak evrime saldırmak kadar genel çıkarımlara ulaşmak yalnızca art niyeti gösterir.

Bu kısım içinde de daha önce belirttiğimiz gibi, bir bilim teorisinin ne yöne çekildiği, o teorinin içeriğinden ya da geçerliliğinden tamamen bağımsızdır. Bunun en klişe örneği atomun parçalanmasıdır. Bir grup bilim insanı bu bilgiyi radyografi ve radyoloji alanları gibi hayat kurtaran bilim sahalarının doğumu için kullanırken, bir diğer grup insan yüz binlerce insanı birkaç saniyede haritadan silebilecek bir ölüm silahının yapımında kullanmıştır. Bu iki kullanım da, atomun parçalanabileceği gerçeğinden tamamen bağımsızdır. Benzer bir şekilde, insanlar Evrim Teorisi'ni (veya herhangi bir diğer bilim teorisini) kullanarak doğurgan veya ölümcül sonsuz sonuca varabilirler. Ota Benga'yı hapsedebildikleri gibi, insan hırsı ve kibri nedeniyle yok olmakta olan binlerce türü hayata döndürmek için kullanabilirler. İki kullanım da doğadaki evrim yasasının gerçekliğinden bağımsızdır. Biz, tüm insanlığı yok etmek için evrimi kullanacak olsak bile, evrim bir gerçektir. Türler evrimleşmiştir ve evrimleşmeye devam etmektedir. Dolayısıyla tekil bir hikâyeyi bir bilime saldırı aracı olarak kullanmak kabul edilemez.

İnsanat Bahçeleri olarak adlandırılan ve siyahî insanların sergilendiği bu yerler ne yazık ki sadece Ota Benga ve Bronx Hayvanat Bahçesi ile sınırlı kal-

mamıştır. İlk insanat bahçelerine Evrim Teorisi'nden çok önce, 16. yüzyılda Vatikan'a bağlı bir kardinal olan Hippolytus Medici'nin "koleksiyonlarında" rastlıyoruz. Birçok farklı "ırktan" insana ait örneklere sahipti; hatta "Barbarlar" adını verdiği bir insan grubuna bile hükmediyordu. Bir diğer meşhur örnek, yine *Türlerin Kökeni*'nin yayınlanmasından 24 sene önce 25 Şubat 1835'te açılan P.T. Barnum'a ait sergidir. Burada Chang ve Eng Bunker isimli siyam ikizleri sergilenmiştir. Üstelik bu sergiler, illa "insanat bahçesi" şeklinde olmak zorunda da değildir. Örneğin Kristof Kolomb, bazı iddialarını ispatlamak için 1493 yılında İspanyol mahkemesinde yerli Amerikalıları "sergilemiştir". Bunun da Evrim Teorisi ile hiçbir alakası olmadığı açıktır. Benzer bir şekilde, 1800'lü yılların başında Güney Afrika'nın Nama insanlarından Saartjie Baartman (diğer adıyla Hottentot Venus), Londra ve Fransa'da insanlara sergilenmiştir. Bu sergi sırasında da ortada Evrim Teorisi'ne ait dikkate değer bir iz yoktur. 1850'de Maximo ve Bartola isimli mikrosefali hastası iki kardeşin Meksika'da sergilendiği sırada, Meksika'nın ciddiye alınacak bir bilim anlayışı bile yoktu. Elbette İnsanat Bahçeleri, yine Evrim Teorisi ile doğrudan hiçbir alakası olmayan "Yeni Emperyalizm" akımıyla 1870'lerden sonra meşhur oldu ve yaygınlaştı; ancak bu dönemin biyolojide (ve genel olarak bilimde) çığır açan evrimsel biyoloji dalının doğumuyla doğrudan bir ilgisi yoktur; büyük oranda bir tesadüftür. Çünkü aynı dönemde teknolojide de büyük atılımlar yaşanmış, dünya hızla küçülmeye başlamış, politik dengeler değişmiş ve bu da köleciliğin önünü açarak hız kazandırmıştır. Elbette dönemin bazı "efendileri", tam da işlerine yarayan bir bilim teorisinin doğmasını memnuniyetle karşılayarak kullanmaktan çekinmemişlerdir; ancak farklı açılardan defalarca izah ettiğimiz gibi, bu kullanımların evrimle bir ilgisi bulunmamaktadır ve bunlar; teorinin içeriğiyle ilgili yargılara varmak konusunda yol gösterici olamaz!

Bir diğer önemli nokta, bu tür olayları kendi çağları/zamanları içinde değerlendirmenin önemidir. Örneğin hayvanat bahçesinin yöneticisi William Temple Hornaday'in o dönemde Maymun Evi'ni yönetmesi için işe aldığı kardeşinin büyük büyük torununun kızı olan Ann Hornaday'in *Washington Post*'a yazdığı şu satırlara kulak verelim:

"Temple'ın [Bronx Hayvanat Bahçesi yöneticisinin] davranışının, dışarıdan bakan birisi tarafından rastgele, ırkçı bir davranış olarak görülmesi normaldir. Ancak rahatsız edici olan gerçek, muhtemelen o çağın sıradışı ürünlerini yansıtıyor ve bize bu çağın özelliklerine ait bir göz kırpıyor olmasıdır. Bu dönem, ilkel temaların ve 'otantik' Amerikanın abartılı komedilerinin yol gösterilerinin ve şovlarının olduğu bir zamandı. Bu dönemin pazarına ve kitle kültürüne P.T. Barnum'un ürünleri ve gücü hâkimdi. Jim Crow başarısının doruklarındaydı. Refah düzeyini göstermek amacıyla posta kartları üzerinde linç edilen insanların fotoğrafları konulurdu. Öjeni popülerleşiyordu ve Darwin'in Evrim Teorisi yaratılışçılığa karşı toplumda yer etmeye başlamıştı."

Jim Crow'un Afrikalıların insani haklarını ortadan kaldıran ırkçı ayrım yasalarının babası, P.T. Barnum'un ise insanları kandırma ve aldatma üzerine bir iş dünyası yaratmış bir sahtekar şovmen olduğu dikkate alınacak olursa, dönemin şartları daha iyi anlaşılacaktır. Yani dönemin insanları ve yaptıkları, o dönemin normlarını yansıtmaktadır. Bu yapılanların Evrim Teorisi'nin söylediklerileyle alakası olmadığı gibi, olması gerekmez de. Zira insanlar kendi yaptıklarından sorumludur; bilim bu yapılanlardan sorumlu tutulamaz.

Bu kısmı, Boğaziçi Üniversitesi'nden mezun Biyomedikal Mühendisi Özgür Genç'in yazdığı şu satırlarla bitirmek istiyoruz:

"(...) iddia edildiği gibi Ota Benga'yı bir köle olarak satın alan Philips Verner, evrim araştırmaları yapan bir bilim insanı değil, köle ticareti yapan bir misyonerdir. Ota Benga'nın Kuzey Amerika'daki insan türü ile kıyaslandığında, boyu, ağız ve diş yapısı ilgi çekicidir. Ota Benga'nın teşhiri bir anda köle ticareti yapan tüccarlar için kârlı bir bahis haline gelmiştir. Ota Benga'nın fiziksel özellikleri, insan türünün dünya üzerindeki gelişimi ve yayılımı hakkındaki soruların yanıtlanmasına örnek teşkil edebileceği için aynı zamanda çeşitli antropologların da ilgisini çekmiştir. Ancak Ota Benga'nın öyküsündeki asıl nokta, köle ticaretinin kendisidir ve Ota Benga'nın uğradığı insanlık dışı uygulamalar, köle düzenini daha da derinleştiren, kolonilerdeki köleleri öldüresiye sömüren zengin sınıfın marifetidir."

İNSANLAR VE HAYALİ IRKLARI...

Sanıyoruz antropoloji ile ilgili bir bölüm, "ırk" konusunda birkaç söz etmeden tamamlanmış sayılamaz. Bu konuda bilim insanları arasında ayrılıklar bulunsa da, biyolojiden ve genetikten gelen bilgilerimiz netleştikçe, "ırk" sözcüğünün anlamı da giderek silikleşmekte, hele ki insan türü için spesifik ırklardan bahsetmemiz imkânsızlaşmaktadır. Irk terimi antropologlarca biyolojik çeşitliliği tarif etmek için talihsizce seçilmiş terimlerden biridir.

Irklar, (belirli bir kültürün bireyleri tarafından) biyolojik bir temele dayalı olduğu varsayılan etnik gruplardır; ancak gerçekte ırk, toplumsal olarak inşa edilmiştir. Her geçen gün hakkında bir şeyler duyduğumuz "ırklar", biyolojik sınıflandırmadan çok kültürel ya da toplumsal sınıflandırmalardır. Charles Wagley'in deyişiyle bunlar, toplumsal ırklardır (biyolojik temeli olduğu varsayılan ancak gerçekte bilimsel bir tezden çok kültürel keyfilikle tanımlanan toplumsal gruplar).

Çoğu kişi, hatalı bir şekilde siyah ve beyazların biyolojik olarak birbirlerinden farklı olduğunu ve bu tanımların ayrı ırkları anlatmak için kullanıldığını düşünür. Fakat bu etiketler, diğer topluluklarda kullanılan ırk tanımlarında olduğu gibi, biyolojik temelli gruplardan çok kültürel olarak algılanan grupları gösterir. Irksal sınıflandırmalar temelde birçok neden ötürü biyoloji alanında

benimsenecek bir sınıflandırma değildir. Bunun esas nedeni, özgül insan topluluklarını ayrı ve ayırt edici ırksal birimler şeklinde gruplara ayırırken karşılaşılan sınıflandırma kriterleridir. Bir ırk, ortak genetik unsurlara sahip topluluk olarak kabul edilir; yani biyolojik çeşitlilikten söz edilir. Fakat ilk araştırıcılar, ırk sınıflandırmalarında genellikle ten rengi gibi fenotipik özellikleri kullanmışlardır. Bu da ırka salt fenotipik açıdan yaklaşıldığında birçok sorunu ortaya çıkarmıştır. Birçok ders kitabı ve ansiklopedi, üç ana ırkın varlığından söz ederler. Böyle basit ırk sınıflandırmaları on dokuzuncu yüzyılın sonları ile yirminci yüzyılın başlarındaki sömürgecilik anlayışını simgeleyen ırkın bir güç aracı olarak politik amaçlı kullanımına elbette ki uygundu.

Peki, bu ırk kavramını kim icat etti? İsterseniz gelin biraz da filozofların ve bilim insanlarının ırk kavramlarına yaklaşımlarına bakalım.

Irk kavramının tek bir yaratıcısı olduğu fikri en iyi koşullarda sadece "faydalı" diyebileceğimiz bir kurgudur. Ancak ille de birisi ilk ırk teorisinin yaratıcısı olarak gösterilecekse, bu kişi Alman filozof Immanuel Kant'tan başkası değildir. Kant'ın yazdıkları arasında bugün ırkçı olarak nitelendirilebilecek pek çok şey vardır. Bunlar *Fiziksel Coğrafya* üzerine anlatılarında bulunabilir. Ama en çok dile düşmüş yorumu *Güzel ve Yüce Duygusu Üzerine Gözlemler*'de bir nükte yapıyormuş havası içinde dile getirdiği, birisinin baştan aşağı kara olduğu gerçeğinin onun aptal olması için açık bir kanıt olması gözlemiydi. Kant'ın "tek ve aynı soya ait hayvanlar arasındaki, kalıtım yoluyla şaşmaz bir biçimde geçen, sınıf ayrımı" şeklindeki ırk tanımının ardında yatan felsefi dürtü, aynı zamanda ırk kavramındaki ısrar on dokuzuncu yüzyılda hâkim olmaya başlayan ve Avrupalıların diğer halkları sömürgeleştirerek insanlığın gelişimine hizmet ettiği inancına sebep olan genel yapıya katkıda bulunmuştur.[65] Michael Banton[66] 1987'de Kant'ın kronolojik bir hata yapılmadan, ırk sınıflandırmaları denebilecek olan şeyle, Linnaeus veya Buffon kadar ilgili olduğunun iddia edilebileceği görüşünü savunmuştur.

İsveçli araştırmacı Carolus Linnaeus, sonradan ırkçı düşünce olan şeye, 1735'ten ölümüne kadar yayımlanan on iki bölümlük *Doğal Sistem "Systema Naturae"* adlı eseriyle bir katkısı olmuştur. Linnaeus insanı daha önce hayvanlar ve bitkiler için yapılmış olan sınıflandırmanın içine sokan ilk kişidir. O, *Homo sapiens*'i sadece dünyadaki dört coğrafi bölgeye karşılık gelecek şekilde değil, aynı zamanda Orta Çağ'daki dört mizaç teorisine karşılık gelecek şekilde dört çeşide ayırmıştır. Bazen bunlar hiyerarşik bir biçimde düzenlenmiş olmadıkları için eleştirilmiş olsa da Linnaeus'un açıklamaları, sadece fiziksel farklılıkları değil, aynı zamanda o güne kadar seyahatnamelerde zaten ortaya çıkmış

65 Bernasconi, R., 1999, *"Irk Kavramını Kim İcat Etti? Felsefi Düşüncede Irk ve Irkçılık"* Hazırlayan: Zeynep Direk, Çeviri: Zeynep Direk, İsmail Esiner, Tendü Meriç, Nazlı Öktem, Metis Yayınları.

66 Banton, M., 1987, *"The Classification of Races İn Europe and North America: 1700-1850"* International Social Science Journal.

olan ve büyük bir bölümü açık bir şekilde stereotiplerden türetilmiş karakter farklılıklarını da içeriyordu. Linnaeus bu sınıflandırmalarını yaparken çok özenli davrandığı ve onları sürekli yenilediği halde, ayrıştırdığı bu çeşitliliğin statüsünü açıklamak için pek fazla çaba ne yazık ki göstermemiştir.

Buffon ise kendi teorisini, daha en baştan Linnaeus'unkine alternatif olarak sunmuştur. 1749'da yayınladığı *Genel ve Özel Doğa Tarihi* adlı kitabına Linnaeus'un sınıflandırmasını keyfî bularak reddeden bir yöntembilim tartışmasıyla başladı. Buffon, sınıflandırmanın ve terminolojinin sorunlarını küçük görmüş olmasına rağmen onun ırk kavramının yaratıcısı olduğu zaman zaman ileri sürülmüştür. Buffon'ın türlerle ilgili tanımının önemi ve hangi araçlarla güvence altına aldığı, tanımlanamaz olarak kalır. Ona göre tür, *"birlikte üreyebilen benzer bireylerin sürekli ardışıklığı"*dır. Bu tanıma göre Buffon türlerin değişmeyip sabit kaldığını ileri sürmüştür. Gözlenen değişim ise çeşitli tipler, soylar ve ırklarla temsil edilmişti. Buffon'ın belirli bir ırk kavramını ortaya attığı savına, yalnızca türe önerdiği gibi bir ırk tanımı öneremediği için değil, aynı zamanda, bu terimi tutarlı bir biçimde kullanamadığı için de karşı çıkılmıştır.

Kesin bir ırk kavramı bulmaya çalıştığına dair en iyi kanıt, 1766'da çıkan *"Hayvanların Soysuzlaşması Üzerine"*de bulunur: Buffon iklim, coğrafya ve özellikle de beslenme alışkanlıkları nedeniyle orijinal soydan yarı-sürekli bir sapmanın meydana gelebileceğine dikkat çeker. Buffon bu bağlamda, *"ırkları ve hatta farklı ulusları birbirinden ayırmamıza yarayan ve insan cinsini meydana getiren değişmez ve genel karakterler"* olduğunu kabul etme noktasına gelmiştir. Ancak bu göründüğü kadar belirleyici bir tanım değildir. Buffon 1766'dan sonra bile bir ırk teorisine açıkça bağlı kalmadı ve ırkın teorik statüsünü açıklığa kavuşturmakla ilgilenmedi.[67]

İnsan tipleriyle ilgili tartışmalar her zaman Afrikalılar üstünde yoğunlaşmış da değildir. Asyalılara (özellikle Japonlara) ve Amerikan Yerlilerine yönelik büyük bir ilgi aynı zamanda bir düşmanlık vardı. Ancak çeşitli tipleri birbirinden ayırmakta en vurucu özellik olarak renk alındığı ve Beyazlar kendilerini diğer herkesten üstün gördükleri için, bu tipleri hiyerarşik bir düzene sokmanın doğal bir yolu Beyaz'dan Siyah'a doğru gitmekti. Kölelik yanlılarının, kölelik karşılarının yeni yeni yükselmekte olan öfkeli seslerine karşı davalarını savunmak için Afrikalılar ile ilgili açıklamalar bulmakla uğraştıkları on sekizinci yüzyılın son çeyreğinde, Afrika'ya giden Avrupalı gezginler kamuoyunun ilgisini çekmek için gördüklerini abartarak, artan önyargıları desteklemekten fazlasıyla memnundular. Afrikalıların siyahlığı sadece teorik bir spekülasyon konusu değil, aynı zamanda bütün önyargıların çevresinde odaklandığı bir özellikti. Bilimsel anlamda ırk kavramının, ilk kez Amerika ya da İngiltere'de değil de Almanya'da geliştirilmiş olması, buna yol açan şeyin köle sahiplerinin çıkarları olmadığını

67 Robert Bernasconi, 1999, "Irk Kavramını Kim İcat Etti? Felsefi Düşüncede Irk ve Irkçılık" Hazırlayan: Zeynep Direk, Çeviri: Zeynep Direk, İsmail Esiner, Tendü Meriç, Nazlı Öktem, Metis Yayınları.

doğruluyor. Irk kavramının gelişmesine neden olan şey, Kant'ın kendi yazılarının da gösterdiği gibi, sınıflandırmaya duyulan ilgi ve monogenesisi[68] teorik olarak savunma çabasıdır. İnsanın varoluşu konusundaki anlaşmazlıklar, ırk kavramının, Kant'tan aldığı özel şekle sahip olarak inşa edilmesine yol açtıysa da işin içinde daha pek çok faktör rol oynuyordu. Kölelik acil bir konu değildi ama Avrupa'daki doğa tarihçileri ve felsefeciler gitgide daha çok bu tartışmaları göz önüne alarak seyahatnamelere dayanan makaleler yazıyorlardı. Daha da önemlisi, siyahlık olgusu karşısındaki beyazlar, başka ırklarla olan ilişkilerinde yaşamadıkları aşırı bir şaşkınlık ve hatta iğrenme duyuyorlardı. Bu o adar akıl dışı bir tepkiydi ki sanki on sekizinci yüzyıl Avrupa düşüncesi onu doğanın erekselliğinin ayrıcalıklı bir örneği haline getirerek gösterebiliyordu sadece...[69]

"Irk" sözcüğü üzerinden dönen tartışmalar sadece Türkiye'de değil, dünyanın birçok ülkesinde, farklı zaman dilimlerinde kavgalara, tartışmalara ve anlaşmazlıklara neden olmuş, çoğu zaman üzücü sonuçlar doğurmuş bir sorundur. Bu soruna bilimin gözlerinden baktığımızda, oldukça anlamsız ve yersiz bir sürtüşmeden söz ettiğimiz görülecektir. Çünkü evrimsel biyoloji, ırklarla ilgili oldukça net bir tanım yapmaktadır ve temel bilimlerin dilindeki ırklar bunlardır. Bu tanıma göre, bugüne kadar süregelen kavgaların hiçbirinin biyolojik ve bilimsel olarak bir aslı olmadığı; ancak siyasi/politik kavga ve çıkarların ürünü olduğunu görebilmekteyiz.

Biyoloji dahilinde ırklar, bir takım izolasyon mekanizmaları ile tanınırlar. Evrimsel biyoloji için "ırk", bir türün izole olmuş ve olmayı sürdüren alt popülasyonlarıdır. Yani bir tür içindeki farklı popülasyonların ırk olarak tanımlanabilmesi için, o popülasyonların birbirleriyle hiçbir irtibatının bulunmaması ve bulunamaması gerekmektedir. Örneğin bir arı türünün Toroslaın güneyinde kalan bireyleriyle, Torosların kuzeyinde kalan bireyleri eğer ki birbirlerine artık hiçbir şekilde ulaşamıyor ve çiftleşemiyorsa, ayrı biyolojik ırklar olarak tanımlanırlar.

Irk, evrimsel süreçte yeni türlere dönüşmenin (türleşmenin) ilk adımıdır. Irklar, ilk etapta ayrı türler değildirler; ancak aralarında bir izolasyon (bariyer) olduğu için, farklı seçilim baskıları altında kalırlar ve bu nedenle "türleşme potansiyeline sahip popülasyonlar" olarak görülürler. Ola ki bu izolasyon devam edecek olursa ve söz konusu popülasyonlar ayrı birer ırk olarak varlıklarını sürdürmeye devam ederlerse, binlerce ve milyonlarca yıl sonunda ayrı birer tür (veya kimi durumda farklı yönlere evrimleşme miktarına göre "alt tür") evrimleşir. Kimi zamansa söz konusu bariyerler ortadan kalkar ve artık o gruplar ayrı birer "ırk" olmaktan çıkarlar; tekrar tek bir türün tek bir ırkı olarak görülürler. Dolayısıyla "ırk" sözcüğü artık gereksiz kalır ve o popülasyon için kullanılmaz.

68 Monogenesis: İnsanların aynı soydan geldiği inancı

69 Robert Bernasconi, 1999, "Irk Kavramını Kim İcat Etti? Felsefi Düşüncede Irk ve Irkçılık" Hazırlayan: Zeynep Direk, Çeviri: Zenyenp Direk, İsmail Esiner, Tendü Meriç, Nazlı Öktem, Metis Yayınları.

Peki bu söz konusu izolasyonlar nelerdir? Çoğu zaman bunlar, coğrafi izolasyonlardır. Örneğin az önce sözünü ettiğimiz arılar ve Toros Dağları örneği böyledir. Canlı türünün doğal hareketleri veya göçleri sırasında araya coğrafi bariyerler girer ve farklı gruplar oluşur. İşte bunlar farklı ırklardır. Benzer şekilde, mekanik izolasyonlardan söz edebiliriz. Bunlar, aynı türe veya alt türe ait canlıların üreme organlarının birbirine uymaması nedeniyle oluşan izolasyonlardır. Örneğin bütün köpek çeşitleri *Canis lupus familiaris* alttürüne aittir; ancak bir Danua'nın penisi, bir Chihuahua (Çivava) vajinasıyla uyumlu değildir. Bu nedenle bunları ayrı ırklar olarak görmeye başlayabiliriz. Bir diğer izolasyon tipi davranışsal izolasyondur. Örneğin aynı türe ait olan kuşların bazıları, diğerlerine göre farklı öter. Bazı dişiler, bu farklı öten kuşları daha fazla seçerler; ancak diğer türlü öten kuşlar da yeterince eş bulabilir. İşte aynı tür içindeki farklı davranış tiplerinin çiftleşme konusunda birbirinden bağımsız olarak öbeklenmesi de izolasyondur. Bir diğer izolasyon, zamansal izolasyondur. Burada da aynı türün farklı grupları, yılın farklı zamanlarında çiftleşmeyi tercih ederler. Aynı türe ait bazı böcekler, üzerlerinde yaşadıkları bitkilerin yılın farklı aylarında meyve vermeye başlaması nedeniyle (küresel ısınma gibi faktörler bu değişimlere neden olmaktadır), o aylarda çiftleşebilerek ırklaşırlar. Son bir izolasyon tipi ise gametik izolasyondur. Bunda da üreme organları yerine, aynı türe ait bireylerin üreme hücreleri (sperm ve yumurta) birbiriyle uyumsuz hale gelir. Bu daha nadir görülen bir izolasyondur; ancak deniz kestaneleri ve bitkilerde kimi zaman görülür. Uzun lafın kısası, üreme (yani genlerin karışması olayı) konusunda bir ayrışmaya neden olan her unsur, izole edici bir bariyer olarak görülebilir.

İzolasyonlar ile ırk arasındaki ilişki hakkında öğrenilmesi gereken en kritik nokta, izolasyonların hemen hemen her zaman tersine dönebilir olmasıdır. İzolasyon ortadan kalktığı anda, söz konusu ırk tanımları da geçersiz hale gelir. Bir diğer deyişle, anlamamız gereken, biyolojide "ırk" dediğimiz olgunun son derece dinamik olduğu gerçeğidir. Örneğin 10 sene önce 2-3 farklı ırktan (izole gruptan) oluşan bir tür, 10 sene sonra aradaki izole edici bariyerlerin ortadan kalkması sonucu artık tek bir türe ait tek bir popülasyon haline dönüşebilir. Bunun en güzel örneği, coğrafi olarak izole olmuş ırkların yeni göç yolları bulması sayesinde tekrar bir araya gelerek üremeye başlamasıdır. Bu noktada artık onlar ayrı ırklar değildirler. Irklar, siyasi olarak yapılan tanımlamaların aksine, biyolojide statik ve kalıcı damgalar değildir. Sadece canlı popülasyonlarının nasıl izolasyona uğrayıp ayrıştıklarına bağlı olarak yapılan geçici bir tanımdır.

Türümüz dahilinde, bazı ufak tefek kabileler haricinde, birbiri arasında gen akışı sağlayamayacak hiçbir toplum bulunmamaktadır. Yani kültürel evrim sayesinde elde ettiğimiz araçlar ve teknoloji, ırkları tamamen ortadan kaldırmıştır. Söz konusu ufak tefek kabileler bir ihtimal biyolojik ırk olarak sayılsalar da, bunların sayısının yok denecek kadar az olması, genellemeyi haksız çıkarmamaktadır.

Bu açıdan bakıldığında, günümüz koşullarında dünya üzerinde neredeyse hiçbir biyolojik ırkın bulunmadığını görürüz. Çünkü bazı izole kabileler hariç, artık hiçbir insan grubu (popülasyonu) birbirinden coğrafi izolasyonla ayrılmamıştır. Bu durumda Alman, İtalyan, Kürt, Türk, Fransız, Ermeni, Japon, vb. biyolojik açıdan birer ırk değildir. Bunlar, belli bir kültürel tarihi paylaşan, belli siyasi sınırlara bağlı olarak bir arada yaşamayı tercih etmiş (veya buna muhtaç kalmış) insanlardır. Buna işaret etmek için "etnisite" ya da "ulus" gibi politik kavramlar bulunmaktadır. Bu kavramların sosyoloji açısından işlevi bulunuyorsa da, biyoloji açısından herhangi bir anlamı veya geçerliliği yoktur. Dolayısıyla teknik terimleri bilim dalları arasında kontrolsüz bir şekilde transfer edip, sonra bu sözcüklere çeşitli anlamlar yüklemek, sadece bilimi zedeleyici değil, toplumsal düzeni de bozan bir davranıştır.

Genel olarak belli coğrafyalara ait, belli fiziksel özellikleri (genellikle ten rengi, göz yapısı, vb. ayırt edici özellikler) taşıyan bireyler, ayrı ırklara bölünmek istense de, aslında bu insanların biyolojik olarak "ırk" sayılmaları mümkün değildir.

Ne var ki insanlar her zaman ırksız değildi. İlk olarak evrimleştiğimiz bölge olan Afrika'yı terk ederek dünyaya yayıldığımız son 100 bin yıllık zaman diliminde, birçok defa izole olduk ve bu izolasyonlar farklı ırklarda farklı özelliklerin evrimleşmesine neden oldu: farklı göz yapıları, farklı ten renkleri, farklı fiziksel özellikler, farklı davranışlar ve hatta kültürler bile bu izolasyonların ürünüdür. Ancak bu yüzeysel farklılıklar, günümüzde halen ırklardan oluşan bir tür olduğumuz anlamına gelmemektedir! Son 12 bin yıldır süregelen yerleşik yaşam ve tarımımız, son birkaç asırdır süregelen küresel ulaşım (ve dolayısıyla göçler), insanlığın tarihinde var olan tüm ırkları silip atmıştır. Bu durum, günümüzde de devam etmektedir. Zaten "melez bireyler" dediğimiz, antik ırkların izlerinin karışımı sonucu ortaya çıkan bireyler, bunun en güzel göstergesidir. Şakacı bir açıdan bakacak olursak, Rihanna'nın varlığı, ırkların artık var olmadığının en güzel kanıtlarından birisidir.

Bunu anlamanın bir diğer yolu yine, genetiğin ve genlerin perspektifinden bu konuyu incelemektir. İlginç ve şaşırtıcı bir biçimde, insan türü içindeki çeşitlilik miktarı, diğer memeli hayvanlarınkine nazaran oldukça azdır. Bir diğer deyişle, iki su aygırı arasındaki genetik çeşitlilik miktarı, iki insan arasındaki genetik çeşitlilik miktarından daha fazla olabilir! Bu ilk etapta anlaması güç bir gerçektir, çünkü insanlar bizler için bariz bir şekilde birbirinden tamamen farklı bireylere sahiplerdir. Su aygırı ise... Su aygırıdır işte! Ancak bu durum, algısal seçiciliğimizden kaynaklanmaktadır. Bizler, su aygırları ile pek bir zaman geçirmediğimiz, onları tanımaya çalışmadığımız ve en fazla belgesel kanallarında birkaç dakika göz attığımız için, onlar arasındaki fiziksel, davranışsal, genetik ve bireysel farklılıkları göremeyiz. Hâlbuki su aygırları üzerinde araştırmalar yürüten bir bilim insanı, bu konuda çok daha duyarlı olacaktır ve aradaki farkları net bir şekilde görebilecektir. Bir diğer deyişle bizler, kendi türümüz içindeki farklılıkları ayırt edecek şekilde evrimleşmişizdir. Beyinlerimiz de

buna uygun olarak çalışmaktadır. Ancak bu durum, popülasyon içinden rastgele seçilecek iki goril arasındaki genetik çeşitlilik miktarının, insan popülasyonu içinden rastgele seçilecek iki insan arasındaki genetik çeşitlilik miktarından daha fazla olacağı gerçeğini değiştirmemektedir.

Bunu sayılara dökecek olursak... Şu anda insan popülasyonu içinde rastgele seçeceğiniz iki insan (diyelim ki bir Fransız ile bir Avusturalya yerlisi arasındaki fark), kabaca %0.02 ila %0.08 arasında değişiyor olacaktır. Bu, aşırı küçük bir farklılıktır; ancak bir Fransızın genel görünümü ile bir Avusturalya yerlisinin genel görünümünü oluşturacak kadar büyük bir farklılıktır. Biraz daha geriye gidecek olursak, şu anda yaşayan herhangi bir insanın genetik yapısı ile bundan sadece birkaç yüz bin yıl önce yaşamış en yakın kuzenlerimiz Neandertallerin arasından rastgele seçeceğiniz bir bireyin arasındaki genetik farklılık %0.12 dolaylarında olacaktır. Bu kadarlık bir fark, *Homo sapiens* ile *Homo neanderthalensis* gibi apayrı iki canlı türünün evrimi için yeterlidir! Son olarak, eğer ki şu anda yaşayan ve rastgele seçeceğiniz bir insanın genetik yapısı ile şu anda yaşayan ve rastgele seçeceğiniz bir şempanzenin genetik yapısını kıyaslayacak olursanız, aradaki genetik farklılığın kabaca %1.23 dolaylarında olduğunu göreceksinizdir. Bu fark, bizden 6 milyon yıl kadar önce ayrılmış olan kuzenlerimizin genetik farklılığını ortaya koymaktadır. Bu sayılar bize sadece insanlar arasındaki genetik farklılığın ne kadar küçük olduğunu göstermekle kalmamaktadır; aynı zamanda kimi zaman internette ya da bilim karşıtı grupların argümanlarında göreceğiniz *"Muzla da %40 aynı genlerimiz, o zaman muzdan mı geldik?"* sorusunun anlamsızlığını görmenizi sağlayacaktır. İnsan ile muz arasındaki %60'lık genetik fark müthiş büyüktür ve aradaki farkları yaratmak için fazlasıyla yeterlidir. Ayrıca evet, muz bitkisiyle de ortak atalarımız bulunmaktadır; ancak bu atalar yaklaşık 1,62 milyar (1.620 milyon) yıl önce yaşamıştır.

Uzun lafın kısası evet, türümüz tarihinde zaman zaman ırkların oluştuğu, yani izolasyonun meydana geldiği dönemler bulunsa da, günümüzde bu tür izolasyonlara rastlamamaktayız. Günümüzdeki çeşitliliğin sebebi, geçmişteki izolasyon ve ırklaşma sürecidir; ne var ki 20. yüzyılın başlarından itibaren bu izolasyonlar neredeyse tamamen ortadan kalkmış, biyoloji dahilinde, insanlar için kullanılan "ırk" kavramı sadece geçmişte meydana gelen genetik ayrışmayı (ki bu çok ufak bir miktardır) ifade etmek amacıyla kullanılmayı sürdürmektedir. Öte yandan diğer hayvan popülasyonlarında, açık bir şekilde ırk kavramını görebilmekteyiz.

Toparlamak gerekirse, biyoloji dahilinde ırklar statik olarak tanımlanamazlar; ırk kavramı dinamik bir kavramdır, çevre ve tür koşullarına göre değişir. Türümüz tarihinde izolasyonlar meydana gelmiş olsa da ve geçici olarak ırklar oluşsa da, bu ırkların günümüzde devam ettiğini söyleyemeyiz. İzolasyon meydana gelip, sınırlı bir coğrafyada, dışarıya tek bir göç dahi verip almadan çiftleşilmesine karar verilmediği sürece, biyolojik olarak dünya üzerinde şu

anda insan ırklarının bulunmadığını söyleyebiliriz (yerel, ufak ve izole kabileler göz ardı edilmektedir). Bu tanımı yapabilmemizi evrimsel biyoloji, bölücü değil, bütünleştirici bir gerçeği gözler önüne sermektedir.

Yani önümüzde iki tercih var: Kavramların siyasi tanımları üzerinden giderek ayrışmaya devam edeceğiz veya kavramların bilimsel (biyolojik) tanımları üzerinden giderek, evrimsel biyolojinin bütünleştirici ışığı altında el ele, omuz omuza vereceğiz.

SONUÇ

Demirel, *Türkiye Antropolojisinin Tarihçesi ve Gelişimi Üzerine* adlı makalesinde şöyle yazmaktadır:

"Dünyadaki yaklaşık on milyon canlı arasında, yarattığı kültürü ile çevreye uyum sağlayarak varlığını sürdürebilen tek canlı türü olan insanı konu alan antropoloji, gerek günümüz toplumlarını, gerekse geçmiş toplumları biyolojik ve kültürel açıdan karşılaştırmalı olarak inceleyerek farklılık ve benzerliklerini ortaya koymaya çalışmaktadır. Antropoloji bir yandan, insanın zaman ve mekân içindeki çeşitliliğini incelerken, diğer yandan da toplumsal ve kültürel benzerlik ve farklılıkları betimlemeye çalışır. Antropolojinin en önemli niteliği bütüncül ve evrensel bakış açısıdır, bu temelde antropoloji, insanların biyolojik ve kültürel tüm yönlerini kavramaya çalışırken, diğer yandan da tüm farklılık ve benzerliklere eşit mesafede durmaktadır. Hangi dalda olursa olsun, antropoloji eğitimi, kişilere nesnel bir bakış açısı sağlayarak, onları kendi kültürlerine bağımlı (etnik merkezci) düşünme tarzından uzaklaştırmayı, toplumlar ve insanlar arasındaki farklılıkların her birinin özgün yaşam koşullarının sonucunda ortaya çıktığını kavratmayı ilke edinmektedir."

Bu bağlamda antropoloji, sadece biyolojik bir kavram olmaktan çıkan insanı her yönüyle ele alan bir bilim dalıdır. İnsanı ele alırken, kendisine sadece tek bir zaman çizgisi de belirlemez. Dünyanın oluşumundan günümüze dek olanlarla birlikte değerlendirerek insanı inceler.

Antropoloji, ülkemizde dünya standartlarında bilimsel çalışmalar yapılıyor olmasına rağmen, son yıllara dek çok da bilinen bir bilim dalı değildi. Öncesinde *"Antropologum"* dediğinizde ya *"O ne?"* tepkisiyle karşılaşır, ne iş yaptığınızı, neyle uğraştığınızı, neleri aydınlatmaya çalıştığınızı uzun uzun anlatırdınız ya da *"Kafatası ölçümleri yaparak kimin hangi ırktan geldiğini belirlemediğinizi, antropolojinin ırk kavramını çok çok geride bıraktığını, antropolojinin ırkbilimi olmadığını, kelime anlamının insanbilim olduğunu, etnik merkezli yaklaşımlara karşı bilimsel çalışmalarla sağlam bir duruş gösterildiğini ve hem sosyokültürel hem de biyolojik olarak insanın nasıl insan olduğunu anlamaya ve anlatmaya çalıştığınızı"* anlatmaya başlardınız.

Antropoloji, değişen veya gelişen toplum şartlarında insanlara artık daha tanıdık gelmeye başlamıştır. Bu da antropologların titizlikle yürüttüğü çalış-

malarından kaynaklıdır. Elbet bir başka sebebi de antropoloji biliminin sonuçlarında insanların kendilerine dair çıkarımlarında kanıtlanabilir, elle tutulur gözle görülür veriler sağlaması da göz ardı edilemez.

Antropoloji, insanın insan olmasında, evrimi sadece anlamayı değil, açıklamayı amaçlayan bir bilim dalıdır. Elbette ki bu açıklamayı yaparken canlıları sistematik olarak ayırmada, benzerlik ve farklılıklarını saptamada evrimsel biyolojiden faydalanırken, ekolojik ilişkinin aydınlatılmasında evrimsel ekolojiden faydalanır. Bunların yanında paleontoloji, paleobiyoloji, paleojeoloji, paleoklimatoloji, paleocoğrafya gibi disiplinler de bir tarafa bırakılmaz. Evrimsel biyolojiye doğrudan katkısı olan doğa tarihini ise yaptığı kazılarla ulaştığı fosilleri evrimsel bağlamda inceleyip ve değerlendirirken ele alır. Çünkü evrim çalışırken, örneğin çalışılan hayvan grubunu içinde yaşamış olduğu ekolojik ortamdan ayrı düşünmek ve ele almak mümkün değildir. Çünkü ele alınmış olan hayvan grubunun sahip olduğu morfolojik özellikler ve geçirmiş olduğu değişikliklerin, içinde yaşamış olduğu ekolojik ortamla doğrudan bir ilişkisi vardır. Dolayısıyla evrimsel biyoloji olmazsa tüm bunları bir arada değerlendirebilmek mümkün olmazdı.

Bu bağlamda antropolojinin ana uğraş alanlarından biri olan evrim tüm bu disiplinleri birleştiren ve açıklamaya olanak sağlayan bir gerçektir. Evrim sadece sayılan "bu" disiplinleri birleştiren ve açıklayan değil, tüm bilimleri birleştiren bir gerçektir.

Bu gerçeği inceleyen antropoloji de; Eric Wolf'un belirttiği gibi *"insani bilimlerin en bilimseli ve bilimlerin en insanisi"*dir.

BÖLÜM IX

ARKEOLOJİ

Kuyruksuz Maymunların Kültürel Yolculuğu[1]

Mehmet Arif Sökmen - Çağrı Mert Bakırcı

ARKEOLOJİ NEDİR?

Arkeoloji; köken olarak Eski Yunancaya dayanır. *"Arkhaios"*, eski demektir. *"Logos"* ise; bilgi, bilim, öğreti, öğretme, tanımlama, ortaya koyma anlamlarına gelir. Arkeoloji bu bakımdan hem eski bir bilim dalı, hem de "eskinin bilimi" olarak düşünülebilir.

Arkeoloji; geçmişte var olmuş olan kuyruksuz maymun topluluklarının[2] bireysel ve toplumsal varoluşlarını, günümüze kadar gelen maddi kalıntılara veya matematik dahilinde değerlendirilen istatistiki analizlere dayanarak araştıran, belgeleyen ve süreçleri inceleyerek diğer bilim dalları ile birlikte yorumlayan bilim dalıdır.

Bu tanım, "eşik severler" için uzak ve hayal edilmesi zor bir tanımdır.[3]

---

1 Bölümün Mısır piramitleri ile ilgili bölümüne yaptığı katkılardan ötürü Evrim Ağacı yazarı ve mimar Arsel Berkat Acar'a teşekkür ederiz.

2 Bizler, günümüzdeki babunlar gibi savanada yaşamaya alışık olan, savana coğrafyasında evrimleşmiş bir hayvan türüyüz. Hatta babunlar da bizler gibi Afrika'da evrimleşmiş Eski Dünya Maymunları'dır. Ancak babunlar kuyruklu maymundurlar (kısaca "maymun"), insanlar ise kuyruksuz maymun...

3 Arthur Keith 750cc'lik beyin büyüklüğünün *Homo* cinsinin tanımlanması için kullanılması gereken sınır olduğunu iddia eden ilk araştırmacılardan birisidir. Louis Leakey ise *Homo habilis*'i tarif ederken 650 cc'lik bir beyni vardı der. Sonraki çalışmalarda ortaya çıkarılan *Homo habilis* örnekleri ise 800 cc'lik beyinlere sahiptir. Bu beyin büyüklüğü evrimi örneklerinden de görülebileceği gibi evrimde ani geçişler, sıçramalar, yani "eşikler" bulunmaz. Tam tersine evrimsel değişimlerde çoğunlukla yumuşak geçişler ve atalar ile torunların özellikleri

Onlar için evrimin, atlanması gereken eşikleri vardır ve bu eşikler atlandıkça, evrim tarihinde büyük sıçramalar yaşanır. Oysa "eşik karşıtları", arkeoloji için katı alt sınır veya sınırlar belirlemekten ziyade, matematik dilindeki "olasılığı" esas alırlar. Bundan anlamamız gereken, Jeoloji bölümünde de net bir şekilde ortaya koyduğumuz gibi, bir türün başka türlere evrimleşme sürecinin katı eşiklerin atlanması sonucu olmadığı, bunun yerine belli olasılıklar dahilinde türlerin kademeli ve yumuşak bir şekilde farklılaşmasının bir ürünü olduğudur. Bir diğer deyişle arkeolojide ve genel olarak canlı bilimlerinde (hatta kimi durumda genel olarak bilim felsefesinde), ayrıkçılar (eşikçiler, diskritçiler, sıçramacılar) ile olasılıkçılar (adaptasyoncular, kademeli değişimciler, probabilistler) olarak anabileceğimiz iki ekol bulunduğunu söyleyebiliriz. Çoğu zaman bunların herhangi biri %100 geçerli olan yaklaşıma sahip değildir ve bu iki ekol, çeşitli canlı türlerinin değişimiyle ilgili farklı açılardan bilgiler edinmemizi sağlayabilirler. Fakat hangi yaklaşımın genelde daha baskın ve etkili olduğunu anlamak, bilimde karşılaştığımız sorunları yenmeyi kolaylaştırmak bakımından önemlidir.

Biz, bu kitabın yazarları olarak, evrim ve arkeoloji tarihinin çok nadir bazı istisnalar haricinde neredeyse hiçbir zaman eşiklere sahne olmadığını düşünmekteyiz. Kimi zaman, tarihte sıçrama gibi gözüken olaylar yaşanmışsa da, bunların sadece ortalama evrimleşme ve değişim hızından daha hızlı farklılaşmalar olduğu hatırlanmalıdır. Sıçrama ya da eşik gibi kavramlar, tarihin aslında tanıklık ettiği yavaş (ama göreli olarak hızlı) değişimlerin altını oymaktadır. Bu terimler, gerçekte yaşananları anlatmak için uygun değildir. Değişim, her zaman yavaş ve takip edilebilirdir.

EŞİĞİN VE OLASILIĞIN BİLİMİ

Arkeoloji, matematiği anlatmak için tuhaf bir başlık gibi gelebilir. Ancak bu kitabımızın amacı biraz da budur: Size bir bilimin çalışma sahasının bir diğeriyle nasıl iç içe geçebileceğini göstermek... Eğer iç içe geçmiyorsa da, bir bilim dalına ait bilgilerimizin, bir başka bilim dalındaki verileri değerlendirirken nasıl yardımcı olabileceğini göstermek... Matematik, arkeolojiden çok uzak bir bilim dalı gibi gözükse de, ondan öğrendiklerimizi arkeolojiye uyarlayarak evrime dair çok kıymetli bilgiler edinebiliriz. Dahası, matematik, arkeoloji ile alakasız bir dalmış gibi gözükse de, modern bilimde artık bilimler arasında belirgin çizgiler kalmadığı bilinmelidir. Mühendislik ile biyoloji, kimya ile paleontoloji, fizik ile arkeoloji arasındaki farklar kimi zaman dikkate alınmaya değmeyecek kadar bile muğlak olabilmektedir. Eskiden olduğu gibi tek bir bilim dalından anlıyor olmak, bilime dair bütüncül bir kavrayışa sahip olmak için 21. yüzyılda

arasında birbiriyle ve evrimsel değişimle uyumlu çakışmalar bulunur. Dolayısıyla daha önceden türlerle ilgili olarak iddia edilen tüm katı eşikler, evrimsel biyoloji ve tarih öncesi arkeolojisi tarafından yıkılmıştır.

artık yeterli değildir. Bu nedenle bir bilimi değerlendirirken, diğer bilimlerin engin verilerine, teorilerine, yaklaşımlarına başvurmak gerekmektedir.

Burada, tüm bunlara dair ilginç bir örnek sunmak istiyoruz. Geçmişin bilimi olan arkeoloji başlığı altında, geçmişe yönelik yapılan matematiksel olasılık hesaplarından ve bunların hatalarından söz edeceğiz. Üstelik bunu yaparken paleontolojik, tarihsel ve evrimsel geçmişimize de değinmemiz gerekecek. Bunu yaptığınızda, evrimden biyokimyaya kadar birçok bilim dalında son derece ilginç birçok başlık altında kendine yer bulan "matematiksel imkânsızlık" iddialarının ne denli hatalı olduğunu fark edecek ve evrimin geçersizliği ile ilgili hatalı bir matematiğe dayandırılarak sunulan yalanların nasıl bir anda aydınlanıverdiğini göreceksiniz.

Matematik dilindeki olasılık neyi ifade eder? Olasılık, matematiğin ilgi alanlarından birisidir. Olasılık, halk dilinde bir şeyin olası olma miktarı veya bir iddianın gerçek olma miktarı olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel anlamda olasılık ise, bir olayın gerçekleşmesiyle ilgili bilgilerin, konuyla alakalı tüm bilgilere olan oranı olarak tanımlanabilir. Basit lise matematiğinden örnek verecek olursak, içinde 30 kırmızı ve 70 beyaz top bulunan bir kutudan, içerisine bakmadan yapacağınız rastgele bir seçimde kırmızı bir top seçme olasığınız %30 [30/(30+70) hesabından ötürü], beyaz bir top çekme olasılığınız ise %70'tir. Buna, kırmızının (veya beyazın) "görülme sıklığı" (ya da "frekansı") da denmektedir. Bunun detaylarını Popülasyon Genetiği ile ilgili ikinci bölümümüzde görmüştük.

Kitabımızın bu kısmında olasılıklardan bahsetmenin faydalı olacağı kanısındayız, çünkü daha önce de belirttiğimiz gibi "olasılık" ve "istatistik" gibi çalışma sahaları, bu alanda deneyim ve donanımı olmayanların elinde çok tehlikeli araçlar haline gelmektedir. Bu tehlikenin en önemli sonucu, bu bilimlere dayalı yalanlar üretilerek halkın yanıltılmasıdır. Olasılık ve istatistik matematiğinin kötüye kullanılmasın ne kadar yaygın olduğunu, Mark Twain tarafından meşhur edilen ve muhtemelen ilk olarak İngiliz eski başbakanı Benjamin Disraeli tarafından sarfedilen şu sözlerden anlayabilmekteyiz:

"Hayatta üç çeşit yalan vardır: yalanlar, lanet olası yalanlar ve istatistik."

Biz her ne kadar burada istatistiğe pek fazla girmeyecek olsak da, olasılığın da istatistik ile yakın ilişkisi göz ardı edilmemelidir. Olasılık için burada yazacaklarımız, büyük oranda istatistik için de doğru olacaktır.

Şimdiki zamana ait kışkırtıcı bir soruyla başlayalım: Şu anda *var olduğunuzu* biliyorsunuz, öyle değil mi? Kitabımızın bu sayfalarını okuyorsunuz, üzerinde düşünüyorsunuz, öyleyse varsınız! Peki, var olma *olasılığınız* nedir? Bunu hiç düşündünüz mü? Yani evet, *varsınız*, ancak bu varlığınızın *olasılığı* nedir? Gelin hep birlikte hesaplayalım!

Siz, babanız ile annenizin ortak bir ürünü olduğunuza göre, bu tanışmanın meydana gelme olasılığını hiç düşündünüz mü? Bundan 20-30 sene önce dün-

ya nüfusu çok daha az olsa da, ortalama bir erkeğin tanışabileceği 200 milyon civarında kadın bulunmaktaydı. Tabii ki kimse bu kadar fazla sayıda insanla tanışmamaktadır; muhtemelen bu sayı daha ziyade 25-30 yılda 10 bin kadın civarıdır. Fakat babanızın, bunlardan birisiyle çocuk yapacak kadar uzun süre beraber olması gerekiyordu, öyle değil mi? Eğer ki iki insanın birbiriyle konuşma ihtimalini %10, ikinci buluşma olasılığını %10, bir müddet birlikte olma olasılığını %10 ve bu noktadan sonra çocuk yapacak kadar uzun süre birlikte kalma olasılıklarını %50 alacak olursak, tanıştığı herhangi bir kadınla çocuk yapma çabasına girişme olasılığının 2000'de 1 civarında olduğunu söyleyebiliriz. Sadece buraya kadar olan olasılıkları tek bir çatı altında toplayacak olursak, sizin var olma olasılığınız 40 milyonda 1'dir.

Ancak işlerin asıl ilginçleştiği nokta burasıdır; çünkü sperm ve yumurtanın olasılıklarına girmeye başlayacağız. Seks, her zaman heyecan vericidir! Seksin matematiği de öyle... Annenizin ömrü boyunca kullanabileceği 100 bin civarında yumurtası bulunmaktadır (bu sayı kimi kaynaklara göre 300 bine kadar çıkar; ancak bunların sadece 300-400 tanesi dişi tarafından yumurtlanır ve yumurta kanalına düşer). Babanızda ise, sizi oluşturabilecek yaklaşık 4 trilyon sperm üretilmektedir. Bu durumda, potansiyel bir diğer kardeşinizi değil de sizi üretecek belirli bir spermin, belirli bir yumurtayla birleşme ihtimali nedir? Kabaca 400 katrilyonda 1! 400 katrilyon öylesine büyük bir sayıdır ki, Atlas Okyanusu'nun metreküp cinsinden hacmi yaklaşık bu kadardır. Dolayısıyla, 1 bölü 400 katrilyon sayısı da akıl almaz derecede küçük bir olasılığa denk gelmektedir.[4]

Fakat bu bir hiç... Çünkü sadece ebeveynlerinizden size kadar olan süreçteki olayların sadece bir kısmını hesaba kattık. Unutmayınız ki arkeoloji eskinin, yani geçmişin bilimidir. Bu bilim dalının üst sınırı "dün"dür. Yani "dün" yaşananlar bile teorik olarak arkeolojinin ilgi alanındadır. Fakat arkeolojinin alt sınırını on binlerce, hatta yüz binlerce yıl geriye takip etmemiz mümkündür. İşleri paleontolojiyle ve evrimsel biyolojiyle birleştirerek, milyonlarca ve hatta milyarlarca yıl geriye kadar bile gidebiliriz! Bu durumda, atalarımızın var olma olasılıkları da devreye girecektir. Sonuçta *Homo sapiens* türüne kadar ulaşacak olaylar silsilesi, herhangi bir noktadaki atamızın soyunun tükenmesiyle kesintiye uğrayacak olsaydı, ne siz burada olabilirdiniz, ne de biz! Bunun olasılık hesaplarımız üzerindeki etkisi nedir?

Her şeyi hesaba katmamız pratik açıdan imkânsız, dolayısıyla sadece insansı atalarımıza odaklanalım: Sizin evrimsel soy hattınızın, insan ve tüm antik atalarınızın soy hattı boyunca hiç kırılmadan, size kadar ulaşabilmesinin ihtimali nedir? Eğer ki her nesilde bir çocuğun (ya da yavrunun) büyüyüp, gelişip, üre-

4 Bu kısımda sıklıkla sayıların "büyüklüğü"ne odaklanacağız; ancak unutmayın ki olasılık dahilinde, 1 sayısını o büyük sayılara bölmekteyiz. Böylece elde ettiğimiz sayılar ne kadar "büyük" olursa, o sayıyla ilişkilendirilen olasılık da o kadar "küçük" olmaktadır. Yani buradaki örnekte 400 katrilyon sayısının büyüklüğüne hayret etmekteyiz; ancak aslında hayret verici olan, 1 bölü 400 katrilyon sayısıyla ifade edilen olasılığın ne kadar küçük olduğudur.

me olasılığını %50 alacak olursak (ki bu fazlasıyla cömert bir olasılıktır) 150 bin nesilde bunun kabaca 10 üzeri 45 binde 1 olduğunu görürüz! Bu, 1'in arkasına 45 bin adet sıfır koymak demektir! Bu sayının ne kadar büyük olduğunu hayal edebilir misiniz? İzah edelim: Bu sayı, evren içindeki tüm parçacıkların sayısından daha büyük olmakla kalmaz; aynı zamanda evren içindeki her bir parçacığın kendisi ayrı birer evren olsa ve bu evrenler içinde bizim evrenimiz kadar parçacık olsa, bunların toplamından ortaya çıkacak sayıdan daha büyüktür!

Tabii bu hesapta bile, son derece kritik bir noktayı atlıyoruz. En nihayetinde, bir yavrunun büyümesi, hayatta kalması, üremesi yetmez. Bu canlının üreteceği sperm veya yumurtanın sizin kardeşiniz veya kuzenleriniz olacak bireyleri değil de, size gidecek soy hattını üretecek sperm-yumurta kombinasyonu olması gerekmektedir! Doğru spermin, üst üste 150 bin defa sizi ve yalnızca sizi üretecek olan soy hattındaki yumurtalarla birleşme olasılığı nedir? Yaklaşık 10 üzeri 2.640.000'de 1... Bu sayının büyüklüğünden bahsetmek bile istemiyoruz, zira herhangi bir makul kıyas bulunmuyor.

Buraya kadar olan tüm olasılıkları tek bir sayı altında toplayacak olursak, sizin var olma olasılığınızın kabaca 10 üzeri 2.685.000'de 1 olduğunu görürüz. Dediğimiz gibi, bu sayıyı herhangi bir şeyle kıyaslamak pek mümkün değildir. 1 sayısının ardından gelen 2.685.000 adet sıfır! 80 kilogramlık bir erkeğin vücudundaki atom sayısı kabaca 10 üzeri 27'dir. Dünya'yı oluşturan atomların sayısı 10 üzeri 50 civarındadır. Bilinen evren içindeki atomların tahmini sayısı 10 üzeri 80 civarındadır.

Belki şöyle anlatırsak bu olasılığı biraz daha iyi anlayabilirsiniz: Eğer 2 milyon insan bir araya gelseydi ve her birine bildiğimiz 6 yüzlü değil de, 1 trilyon yüzlü birer zar verilseydi, tek bir atış denemesinde her birinin birebir aynı yüzü denk getirmesi ihtimali, sizin var olma olasılığınızla yaklaşık olarak aynıdır. Örneğin, bu 2 milyon insanın her biri 1 trilyon yüzlü zarı attığında, istisnasız olarak her birinin zarında 129.696.222.007 sayısının gelmesi olasılığı... Akıl almaz!

Durun bir dakika! Böyle bir olasılık nasıl *gerçekleşebilir* ki? Hani canlılığın kendiliğinden başlama olasılığının ne kadar düşük olduğuna dair (aslen tamamen hatalı olan hesapları) bilim dışı kitaplarda bugüne kadar okumuş olabilirsiniz. Çeşitli "bilim insanları", çeşitli sayıları birbiriyle çarparak yaşamın başlama olasılığının pratik olarak sıfır olduğunu iddia etmekten hiç geri durmazlar. Belki bu kitabın bir okuru olarak siz, sırf bu tür bir kitap okuduğunuz için canlılığın cansızlıktan kendiliğinden başlamasının imkânsız olduğunu düşünüyorsunuz (ve tabii ki, tamamen yanılıyorsunuz; bunu Jeoloji ile ilgili bölümümüzde göstermiştik). Ama kendi var olma ihtimalinizin de pratik olarak sıfır olduğunu hiç düşünmemiştiniz, değil mi? Burada yaptığımız hesap, sizin var olma olasılığınızın pratik olarak "imkânsız" olduğunu göstermektedir! Ama *varsınız*, değil mi? Ya da... Var mısınız?

Elbette varsınız! Çünkü burada verdiğimiz hesap, tıpkı canlılığın kendiliğinden, doğal süreçlerle ve cansızlıktan evrimleşerek başladığı gerçeğini çürütmeye çalışan olasılık hesapları kadar saçmadır! Az önce, paragraflar dolusu saçmalık okudunuz ve bunu bilerek yaptık, kitabımıza ekledik. Çünkü bilimi, hele ki geçmişin bilimini öğreneceksiniz, geçmişi ilgilendiren matematik hesaplarının hatalarını bilmeniz, anlamanız ve görmeniz gerekmektedir. Şimdi gelin bu hesapların neden tek kelimeyle saçmalık olduğuna bakalım. Sizi geçmişe yönelik olasılık hesaplarındaki içsel ve temel hataları görmenizi sağlayacağını düşündüğümüz basit birkaç soru soralım:

"Osmanlı İmparatorluğu'nun 1529 yılında Viyana'yı kuşatmış olma olasılığı nedir?"
"Amerika Birleşik Devletleri'nin 1776 yılında kurulmuş olma ihtimali nedir?"
"Ankara'nın Türkiye'nin başkenti ilan edilmiş olma ihtimali nedir?"
"Sizin, doğum gününüzde doğmuş olma ihtimaliniz nedir?"
"Irak'ın 2003'te işgal edilmiş olma ihtimali nedir?"
"Zeki Müren'in yaşamış olma ihtimali nedir?"

Şimdi görmeye başladınız, değil mi? Olasılık sorularını geçmişe yönelttiğimizde, tuhaf bir sorun karşımıza çıkıyor. Bu soruların tamamına vereceğiniz cevap aynıdır: Hepsi yaşandı! Hepsi gerçek! Söz konusu sorulara cevap olarak verilecek olasılık her seferinde %100 olacaktır. Soruların terslerine vereceğiniz cevap da her zaman %0 olacaktır. Bir deneyin: *"Sizin doğum gününüzde değil de, bir başka tarihte doğmuş olma ihtimaliniz nedir?"* ya da *"Osmanlı'nın Viyana'yı 1529'da değil de 1622'de kuşatmış olma ihtimali nedir?"* Hiçbir bilimsel geçerliliği olmayan komplo teorilerine girmeyecek ya da uçuk kaçık hayallere kapılmayacak olursanız, bu soruların yanıtının %0 olduğunu net bir şekilde görebilirsiniz.

Olasılıklar, yaşanıp yaşanmadığını veya yaşanma olasılığını henüz bilmediğimiz konulara uyguladığımız matematik analizlerdir. Geçmişte yaşandığını bildiğimiz, elimizde doğrudan veya dolaylı belgeleri, kanıtları, izleri olan olaylarla ilgili olasılık hesaplarının hiçbir anlamı yoktur. Örneğin, yaşamın cansızlıktan başlamasının olasılık açısından ne kadar imkânsız olduğunu anlatan ciltler dolusu kitap yazabilirsiniz – ancak canlılık, sizin ulaştığınız olasılık hesaplarının sonuçlarından bağımsız olarak, cansızlıktan evrimleşmiş olacaktır. Tıpkı az önce paragraflar boyunca sizin var olmanızın imkânsızlığını anlatmış olmamıza rağmen, var olma olasılığınızın %100 olması gibi... Tıpkı Osmanlı İmparatorluğu'nun tarihin bir noktasında Viyana'yı kuşatmış olma olasılığının %100 olması gibi. Çünkü geçmişte yaşanan olaylara olasılıkla yaklaşmanın bir anlamı yoktur. Olan, olmuştur. Canlılık vardır. Canlılar evrimleşmiştir.

Bunun tek istisnası, geçmişte yaşanmış bir olaya dair kesin bilgilerimizin olmayışı durumunda ortaya çıkabilir. Ancak bu durumda da, elimizdeki bilgiler üzerindeki belirsizliği hesaplamak için olasılık ve istatistik hesaplarına baş-

vururuz. O olayın gerçekleşmesine dair evrenin başlangıcından beri süregelen tüm olayları hesaba katmayız. Bu birazcık şuna benzemektedir: Nasıl ki bir parayı attığınızda yazı veya tura gelme olasılığını %50 alıyoruz ve o sırada bir deprem olması ve ölmeniz olasılığını hesaba katmıyoruz, geçmişteki belirsizliklere olasılık hesapları uygularken de, o olayı etkileyebilecek her türlü olasılığı hesaba katmayız. Hele ki o olayın zaten yaşandığını biliyorsak (örneğin, canlılığın var olduğunu ve cansızlıktan kimyasal yollarla evrimleşebileceğini biliyorsak), böyle bir analize kalkışmak, gerçeği ortaya koymaktan ziyade, matematiği anlamsız bir inada alet etmek olacaktır.

Uzun lafın kısası, olasılık hesapları özünde, bilgimizin tam olmadığı konularda bize yol gösterici olmaktadır. Eksiklerimizi kapatmak konusunda faydalıdırlar. Bir olayın gerçekleşme olasılığının zamana ve konuma bağlı olarak nasıl dağıldığını göstermek açısından kullanışlıdırlar. Fakat ne zaman ki olasılığı ve istatistiği olduğundan farklı okumaya başlarız, o zaman hatalarımız da başlar. İşte geçmişe yönelik yapılan olasılık hesaplarının genellikle düştüğü hata budur. Geçmişi olasılık hesaplarına tutmanın genellikle bir anlamı yoktur. Örneğin tam olarak bu nedenle borsa hesapları geleceğe yönelik yapılır, "geçmişin borsa olasılıkları analizi" diye bir şeyi asla göremezsiniz.

Bunun tarihin bilimlerine etkisi nedir? Çok açık: Bir şeyin olanaksız gibi gözükmesi, o şeyin gerçekleşmediği anlamına gelmez. Geçmişe dair analizlerde bulunurken, belli bir olayın gerçekleşme olasılığına odaklanmak yerine, geçmişten toplayabildiğimiz verilere ve bu verilerin bize anlatmak istediği hikâyeye odaklanırız. Örneğin, Çin'in Qin Hanedanlığı'nın kurucusu Qin Shi Huang'ın ölümü sonrasında onu koruyacağını düşünerek inşa ettiği ve 6000 taş askerden oluşan Terra Cotta Ordusu'na dair bulgular, bize dönemin liderleri ve düşünce biçimleriyle ilgili önemli bilgiler vermektedir. Her ne kadar kulağa akıl almaz gelse de, taştan oyulmuş bu 6000 askerin her birinin yüzü birbirinden farklıdır. Bunu başarma olasılığı her ne kadar düşük gibi gözükse de, yeterince azimli bir kuvvet (bu durumda o dönemde yaşamış bir grup sanatçı), bunu başarabilmektedir. Keza, Mısır piramitlerinin birçok geometrik ve astronomik öngörüde bulunuyor olması, dönemin insanları tarafından yapılmış olmasını her ne kadar imkânsız gibi gösteriyor olsa da, elbette ki bu yapılar insanlar tarafından inşa edilmiştir ve modern arkeoloji, mühendislik ve mimarlık bilgilerimiz sayesinde o dönemin insanlarının bunu nasıl başarabildiğini açıklayabiliriz. Her ne kadar bu konuda uçuk kaçık fikirlere sahip insanlar olsa da, hiçbir arkeolog ya da mimar oturup da insanların Mısır piramitlerini inşa etmiş olma olasılığını hesaplamaz. Çünkü piramitler, elbette ki insanlar tarafından inşa edilmiştir!

Tüm bunları anladıysak, arkeolojinin ne olduğunu da anlamışız demektir. Arkeoloji, türümüzün geçmişine dair bilimsel bulguları keşfetme, bunları bir araya getirme ve o dönemin gerçeklerini ortaya koyma bilimidir. Türümüzün başlangıcından bugününe kadar geçen sürede ürettiklerinin açığa çıkarılması

ve bunların analiz edilmesi işidir. Hepsinden önemlisi, insanı "insan" yapan en önemli parçalardan biri olan gelişmiş ve karmaşık kültür yapımızı anlama, anlamlandırma ve anlatma çabasıdır. Kültürlerden söz etmeye başladığımız andan itibaren arkeoloji sahası; kültürel mirası, Endüstriyel Arkeoloji'yi ve Etnoarkeoloji'yi de çalışma alanına dahil eder. Derken, Osmanlı veya Bizans Arkeolojisi tanımı da ister istemez buna dahil edilecektir. Kısaca, türümüzün dün ne yaptığından, kabaca 10 milyon yıl kadar önce ne yaptığına kadar geçen sürede yaşanan her şey, arkeolojinin ilgi ve bilgi sahasıdır.

Fakat arkeolojiyi sadece ne olduğu ile tanımlamak yetmez. Ne olmadığıyla da tanımlamak gerekir. Zira gerek Hollywood gibi unsurların, gerekse de halk arasında kulaktan kulağa yayılan efsanelerin etkisiyle arkeoloji olduğundan bambaşka bir yüze bürünmüştür. Bu kitap, bilimin daha net anlaşılması konusunda yol gösterici olma görevini üstlendiği için, arkeolojinin de ne olmadığını siz değerli okurlarımıza anlatmak yine bize düşmektedir.

ARKEOLOJİ NE DEĞİLDİR?

Bilim bazen gizemlidir. Eğer şiirselliğin iyi örneklerine alışkanlığınız var ise, bilimde de bu şiirsel yapının olduğunu görebilirsiniz. Dahası, gizemli bir şiirin arkasında yatan duyguları birisi size açıklayacak olsa, o gizemden kaynaklı büyü kimi durumda bozulabilecektir. Bilimde ise bunun tam tersini görürüz: Evrene dair ve bilime ait gizemleri çözmeye başladığınız zaman, şiirselliklerinden ve güzelliklerinden hiçbir şey kaybetmediklerini görürsünüz. Tam tersine, çözülen her gizem daha büyük ve daha farklı sanatsal çalışmalara ilham verecek değerleri açığa çıkarır.

"Sararıp dökülmeden önce kızaran yapraklar, ki onlar
Şan verdiler ortalığa bütün bir sonbahar
Mevsim dönüp de yeniden yeşermeğe başlayınca rüzgâr
Çıplaklığında o atın yine onlar koşacaklar
O çocuklar
O yapraklar
O şarab-ı eşkiyalar
Onlar da olmasa benim gayrı kimim var?"

Can Yücel'in *Yaprak Dökümü* başlıklı şiirinin giriş kısmı "mevsim dönüp de yeniden sararmaya başlayınca rüzgâr" şeklinde olsaydı, şiir şiirselliğinden bir şeyler kaybeder miydi? Sonbahar ile yaprakların neden sarardığının anlaşılması ressamlara daha yaratıcı olmayan tablolar mı sunardı?

Duymaya alışkın olduğumuz her şey, bedenimizden ve beynimizden bağımsız olmayan zihnimiz için, bir tür alışkanlığa bağımlılık etkisi oluşturur. Sonbahar ile yaprakların sararacağına dair hem görsel hem de duyusal olarak alışmışızdır, alıştırılmışızdır. Ama sonbahar ile yaprak ilişkisi, evrimin bir sonucudur ve bunu araştırmak onun güzelliğinden hiçbir şey eksiltmez.[5] Bir diğer deyişle, büyük bilim insanı Carl Sagan'ın da zarif bir şekilde ifade ettiği gibi:

"Bazen bilim insanlarının romantik olmadıkları, bir şeyin nedenini anlama tutkularının hayatın güzelliğini ve gizemini yok ettiği söylenir. Ama evrendeki her şeyin gerçekte nasıl işlediğini anlamak heyecan verici değil midir? Beyaz ışığın bütün renklerden oluştuğunu anlamak, ışığın dalga boyunu algılama şeklimizin rengi oluşturduğunu anlamak, şeffaf olan havanın ışığı yansıttığını, ışığı yansıttığından dolayı dalgaları ayrıştırdığını anlamak ve günbatımının kırmızı olmasının nedeni ile gökyüzünün mavi olmasının nedeninin aynı olduğunu anlamak? Günbatımı hakkında ufak birkaç bir şey bilmek, onun romantikliğini bozmaz."

Bizim arkeoloji kapsamında yaptığımız da, bizlere daha ziyade "romantik" ve "büyülü" gibi gösterilen geçmişin gizemlerini aralamak ve gerçeği ortaya koymaktır. Tarihimize dair bilgileri bir bütün haline getirerek, ortadaki gizem perdesini aralamak ve gerçeği bütün çıplaklığıyla arşivlemektir. Bu bağlamda arkeoloji de, diğer bilim dalları kadar "makul ölçüde" gizemlidir.

Arkeolojiye gizem katan olgulardan birisi, önceden belirlenmiş herhangi bir nesneyi ya da nesneleri aramadığı gerçeğidir. Süreci ve kültürel oluşumu anlamak için, yapbozun parçalarını ince eleyip sık dokuyarak bir araya getirmek zorundadır. Bilmediğimizi biliyor oluşumuz ve bilgisizliğimizin üzerine giderek bilmediklerimizi bilmek istiyor oluşumuz, bilimin temelidir. Yine Carl Sagan'ın harika bir şekilde dillendirdiği gibi, bilimde biz bilim insanları *"inanmak değil, bilmek isteriz."* Bizleri arayıp bulmaya zorlayan şeyler bunlardır.

Örneğin Aksaray-Güvercinkayası Kalkolitik Çağ halkının yapılanmasını diğer bilim dallarının işbirliğinde açıklamamız onun güzelliğinden hiçbir şey eksiltmeyecektir. Aksine, bir başka Kalkolitik Çağ yerleşimi için yeni ilhamları coşturacaktır. Eğer ki Kalkolitik Çağ'ı, o dönemde yaşananları, bizi mağaradan gökdelenlere taşıyan süreçteki ara basamakları anlamak istiyorsak, merakımızı takip etmek zorundayız. Burada Richard Dawkins'in bir uyarısını hatırlamakta fayda var:

"Bilim gizeme açıktır, büyüye değil; çılgınca hayallerin ardında yatan garipliğe açıktır, büyülere ve büyücülüğe, ucuz ve basit numaralara değil."

Arkeoloji, önceden belirlenmiş unsurların aranması işi değildir; koleksiyonculuk veya definecilik hiç değildir. Arkeologlar, biz kuyruksuz maymunların geçmişini anlamak için durmaksızın bilgi üretirler. Bu üretilen bilgi, arkeolojik bağlamda değerlendirildiği zaman, her türlü bulguyu ve buluntuyu kapsar. Bunların

5 Okuduklarımızı, duyduklarımızı, gördüklerimizi de alışkanlığın bağımlılığı etkisinde kaldığımız için araştırmama gibi bir yönümüz vardır. Örneğin, bu satırları okuduktan sonra bir yaprağın neden sarardığına dair araştırma yapmak üzere kitabı kenara bırakıp internetin başına geçtiniz mi? Ya da böyle bir zahmete gerçekten girer miydiniz?

bir kısmının, göze hitap eden güzelliği veya parasal değeri vardır. Bu noktada tekrar vurgulanması ve ısrarcı olunması gereken söylem ise, arkeolojinin amacının maddi değeri olan eserleri bulmak olmadığıdır. Arkeolojinin amacı, bilginin ortaya çıkarılmasıdır. Teknik olarak akademik arkeologlar olmayan koleksiyoncular ise çoğu zaman kendilerine ait güzellik tanımına uyan ve/veya maddi değeri olan buluntuları toplarlar. Oysa tarihten günümüze kadar ulaşabilmeyi başarmış, birçoklarının ne olduğuna anlam bile veremeyeceği arkeolojik bir dolgu bile arkeologlar için nefes kesici bir bilgi arşividir. Bu arşivin içinde aynen bir kitaplıkta olduğu gibi cildi yıpranmış, sayfaları yırtık, ancak önemli bilgi içeren bir evrakla birlikte, cildi çok şık ancak içindeki yazıları önemli olmayan bir kitap da bulunabilir. Biz eğer yalnızca cildi güzel olan kitaba değer verip, onu bulmak için bütün kitaplığı talan edersek, arşivin içerdiği bilgiyi de tümüyle yok etmiş oluruz. Amacımız bilgi değil de "eser" ise, tüm arşivi yakıp yıkmış oluruz. Ama eğer ki amaç "bilgi" ise, bulgular silsilesi içinden, sıradan insanlara değersiz gelebilecek; ancak bilimsel açıdan önemli bir nesneyi alıp koleksiyonumuza koyabiliriz. Bilim ve bilgi, maddi değer üzerinden değil, gerçeğe giden yolda bilgi birikimimize değer katabilen bulgular üzerinden ilerlemektedir.



Görsel 9-1: İtalya'da Campania/Paestum'da bulunan meşhur Hera'nın Tapınağı. Bu tapınağa hatalı bir şekilde "Neptün'ün Tapınağı" denmektedir. Bu hatalı isimlendirme, 18. yüzyıldan günümüze dek devam etmektedir. Yapılan incelemeler, bu tapınağın kadın ve evlilik tanrıçası Hera'ya adandığını ve Zeus Tapınağı model alınarak inşa edildiğini göstermektedir. Fotoğraf: Norbert Nagel / Wikimedia Commons. Lisans: CC BY-SA 3.0

Benzer şekilde definecilik de bilim ile ilgili olmayıp, parasal değere yön vermiş türden bir talandır. Define bulmak için yapılan çalışmalar, müzelerin denetiminde ve arkeolojik sit alanlarının dışında yapılmaktadır. Ama arkeolojik kül-

tür envanterimizin eksik oluşu, yasaların düzgün uygulanmıyor oluşu ve politik kaygılar, definecilik nedeniyle arkeolojik dolguların tahribine yol açmaktadır. Dolayısıyla günümüzdeki haliyle koleksiyonculuk ve definecilik, insan aklına yapılan bir hakaret, bilime vurulan geri dönüşümsüz darbelerden daha başka bir şey değildir.

Arkeoloji; çömez çevirmenlerce, dikkatsiz yazarlarca ve bilim ekibi bulundurmayı bir türlü düşünmek istemeyen yayın ve yayım kuruluşlarınca (ki bunu yapmak çoğu zaman işlerine gelmez) ve bilime yabancı toplumlarca sık sık "kazı bilimi" olarak tanımlanır. Girişte yapmış olduğumuz arkeoloji tanımı bile ("eskinin bilimi"), bu kural bilmez tanımı geçersiz kılıyor olsa da, arkeolojinin kazıyı, kozmologların teleskobu kullandıkları gibi kullanıyor olduklarını belirtmekte fayda vardır. Nasıl ki astronomlar ve kozmologlar teleskobu sadece "bakmak" için değil; görmek, anlamak ve sistematik metotlar üretmek amacıyla kullanıyorlarsa, arkeologlar da kazıyı sadece "kazmış olmak için" yapmazlar. Kazmak, kullandığımız yöntemlerden sadece biridir ve arkeolojinin amacı kazı yapmak değildir.

Arkeolojinin az önce sözünü ettiğimiz çarpık tanımlarını kullananların, doğal olarak, *Necrolestes* ile tanışıklıkları olduğunu sanmıyorum. *Necrolestes* adı, oldukça uygunsuz bir biçimde "mezar soyguncusu" anlamına gelir (ve hâlâ kafası karışık olanlar için, arkeologlar spesifik olarak "mezar" da aramazlar). Biz arkeologları ilgilendiren, esasında Güney Amerika'nın Miyosen Devri köstebeği (bilimsel adı *Necrolestes*'tir) ile Evrim Ağacı'nda ortak bir atayı paylaşıyor oluşumuzdur. Arkeologlar için kıymetli olan, bu antik köstebek türü ile kuzen olduğumuzun ihtişamlı zarafetidir.

Diğer yandan, arkeoloji ile bu türlerin kuzenliği arasında şöyle ilgi çekici bir bağ kurulabilir: Her ikimiz de kazıcı olmayan atalardan evrimleştik; ama her ikimizin de kazı yapıyor olduğu gerçeği, evrim tarihinin bambaşka türleri, farklı amaçlar çerçevesinde, ortak özelliklerle buluşturarak bizleri halen hayrete düşürebildiğini göstermektedir.

ARKEOLOJİ "İNANIR" MI?

Az önce, Carl Sagan'ın sözünden yola çıkarak, bilimin inançlara dayalı değil, verilere ve gerçeklere dayalı olduğunu, bilimde inanmak istemediğimizi, bilmek istediğimizi anlatmıştık. Aslında bu konunun artık yeterince dramatize edildiğini düşünmekteyiz, dolayısıyla yeni bir eklemeye gitmek yerine, seçkin bilim insanı Richard Dawkins'in verdiği nokta atışı örneğini biz de kullanacağız ve biraz daha detaylandırmaya çalışacağız.

Kennewick Adamı olarak da bilinen tarihöncesi paleo-Amerikan insan kemikleri, Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington Eyaleti'nde, 1996'da keşfedilmiş; karbon tarihlemesiyle 9 bin yaşından fazla olduğu hesaplanmış bir

iskelettir. Onun tipik Kızılderililer ile alakasının olmayabileceği ve böylece bugün Bering Boğazı olarak bilinen yerden, hatta İzlanda'dan gelen ayrı bir göçe işaret edebileceği gibi anatomik fikirler bilim insanlarının ilgisini çekmiştir. Bu ilginç bir iddiadır; zira insanların atalarının Amerika kıtalarına (Kuzey ve Güney Amerika'ya) göçü, neredeyse istisnasız olarak tüm kaynaklarca son Buzul Çağı sırasında donmuş Bering Boğazı üzerinden olduğu anlatılmaktadır. Fakat bu yeni bulgu, belki de Atlas Okyanusu'nun bir şekilde insanlar tarafından aşılarak da Amerika'nın işgal edilmiş olabileceğini düşündürmektedir. Açıkçası bu imkânsız değildir; zira insandan çok daha düşük zekâya (ama bizlerden epey fazla fiziksel dirence) sahip sayısız hayvan türünün daha önceden Avrupa ve Afrika sahillerinden odun ve doğal sal parçaları üzerine Amerika'ya kadar ulaştığı bilinmektedir. Bunlara daha önceki bölümlerimizde değinmiştik.

İnsanların yolculuğu ise birazcık daha "kontrollü" olarak meydana gelmiş olabilir. İskandinav Tanrıları Thor ve Odin'e tapan bir grup olan Asatru Halk Meclisi, Kennewich kuyruksuz maymununun aslında bir Viking olduğuna dair bağımsız ve resmi bir iddiada bulundu. Meclis, kemiklerin kendilerine iade edilmesi gerektiğini, ölülerine uygun bir tören yapmak istediklerini bildirdi. İskandinav cemaatin kemiklerle dini bir ayin yapmasına izin verildi. Bu durum, Yakama Kızılderili topluluğunu üzdü. Kızılderililer'in sözcüleri, Viking ayininin Kennewick kuyruksuz maymununa ait ruhun bedenini bulmasına engel olmasından korktuklarını belirttiler. Kısaca insanlar, kemiklere tarihin derinliklerinden gelen önemli bir bulgu olarak bakmak yerine, kimin kemikler üzerinde söz hakkı olduğuna ve kimi dini ayininin daha geçerli olduğuna odaklandılar.

Kalıntılar üzerinde yapılacak bilimsel bir araştırma, kuyruksuz maymunların Amerika'ya ilk kez ne zaman gittikleri konusundaki soruya ışık tutacaktı. Fakat Kızılderili liderleri bu sorunun araştırılması fikrine fazlasıyla sinirlendiler; çünkü onlar, atalarının yaratılıştan beri Amerika'da bulunduklarına inanıyorlardı. Umatilla Kabilesi'nin dini lideri Armand Mithorn'un dediği gibi:

"Sözel tarihimize dayanarak, halkımızın, zamanın başlangıcından beridir bu toprağın bir parçası olduğunu biliyoruz. Bizler, bilim insanlarının inandığı gibi halkımızın buraya bir başka kıtadan göçtüğüne inanmıyoruz."

Umatilla kabilesinin fikri bugün değişmiştir veya yarın değişebilir; ama, bu durum bizim anlatmak istediğimizi değiştirmez: Görünen o ki bir iddia "dini" nedenlerle yapıldığında, bilimsel nedenlerle yapıldığına nazaran çok daha kolay kabul görmektedir. Belki de arkeolojinin en iyi izleyeceği politika; kendilerini bir din ilan etmek ve dinleri gereği radyometrik tarihlendirme ve arkeolojik araştırmaların zorunluluk olduğunu bildirmektir. Arkeologlar *"Bakın, işte burada, karbon tarihlemesinden, mitokondiyal DNA'dan ve maddi kalıntıların arkeolojik tahlillerinden çıkan inkâr edilemez sonuçlar bize meselenin şöyle veya böyle olduğunu göstermektedir"* dediklerinde, hiçbir şey elde edememektedirler. Ama eğer ki *"Meselenin şöyle veya böyle olması, kültürel dinimiz*

olan Arkeoloji'nin temel ve sorgulanamaz bir inancıdır! Derhal o kemikleri incelememiz için bize verin! Dinimiz böyle buyuruyor!" derseniz, görünen o ki anında bir hâkimin dikkatini çekebilmektesiniz.

Bu örnekte Amerikan yerli halklarının ıskaladığı, arkeolojinin ise bilimin dilini kullanarak ortaya koyduğu birtakım gerçekler vardır:

- 12 bin yıl öncesinden daha geç dönemlerde Buzul Dönemi'nin etkisinde sular alçalarak (yapılan analizler 50 metrelik bir alçalmanın yeterli olabileceğini gösteriyor) Sibirya ile Alaska arasında birkaç defa kara köprülerinin oluşmasını olanaklı kılmıştır. 12 bin yıl öncelerinden itibaren ise ılımanlaşan iklim buzulları eriterek suların tekrar yükselmesine yol açmış ve 15. yüzyıla kadar Amerika Kıtası'nın Eski Dünya ile olan bağlantısını yok etmiştir.
- Amerika Kıtası'na yerleşilmesi, Asya'da yaşayan bazı insanların bugünkü Sibirya'dan Alaska'ya, Beringia adı verilen bölgeden, büyük bir olasılıkla av hayvanlarının mevsimlik göçlerini takip ederek için geçmeleriyle gerçekleşmiş olmalıdır.
- Sibirya Bölgesi'nde bulunmuş olan "şu an için en eski" endüstri[6] Diuktari adıyla bilinir. Bu endüstrinin yaklaşık olarak 30 bin yıl öncelerine ait olduğu anlaşılmıştır. Bu kültürün en belirgin özelliği her iki tarafından da yongacıklar çıkartılmak suretiyle biçimlendirilen mızrak uçlarıdır. Amerika Kıtası'nın kuzeyinde karşılaşılan en eski endüstrilerde de iki taraflı yonga çıkartılmak suretiyle şekillendirilmiş uçlar ağır bastığından, arada bir kültür bağı bulunmaktadır.

Anlaşılacağı üzere, inanmak ile bilmek birbirinden çok farklı kavramlardır: Bulgular temelinde "bilir", duygular temelinde "inanırız"! Bu türden bilimsel gerçekleri inanç meselesi yapamazsınız. Her bilim dalı bilgiye kendi içinde tutarlı ve güvenilir yöntemler ile ve yine, diğer bilim dalları ile ortak çalışarak ulaşır. Arkeoloji'nin de kendine has metotları vardır. Arkeoloji, diğer tüm bilimler gibi şahsi inançlara ve kör sağduyuya kapalıdır. Başka bir deyimle, siz inansanız da inanmasanız da Olduvai Boğazı, Afrika kıtasında yer alan Tanzanya'dadır. *"Olduvai Boğazı'nın Amerika kıtasında yer aldığına inanıyorum!"* diyemezsiniz. Bilimsel araştırmalar sayesinde aksine yönelik bir veri elde etmedikçe bu gerçek, bizim ya da sizin inançlarınızdan bağımsızdır.

Sözünü etmişken açıklama ihtiyacının aciliyet kazandığı bir konu daha var. Kızılderili demek, kural ihlalidir. İngilizce argoda Kızılderilileri aşağılamak için kullanılan "redskin" sözcüğü Türkçeye "Kızılderili" olarak çevrilmiştir. Aslında resmi olarak bu insanların adı "Amerikan Yerlileri"dir. Bu halk-

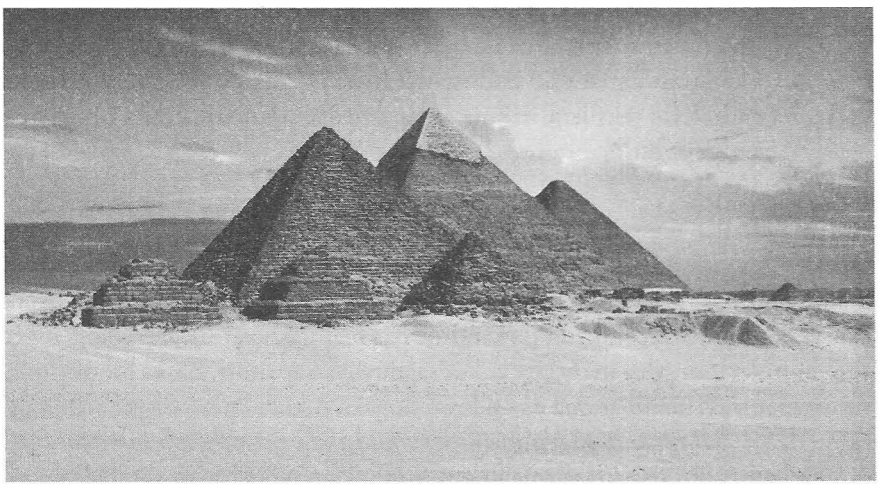
6 "Endüstri" sözcüğü de bilimin çeşitli dalları ile günlük yaşantıda farklı anlamlarda kullanılan bir sözcüktür. Arkeolojide "endüstri", çeşitli taş aletlerin tiplerine göre sınıflandırılmasıyla elde edilen gruplara verilen isimdir. "Teknokompleks" olarak da bilinir.

ların derileri kırmızı ya da kızıl renkte değildir. Kahverenginin tonlarından biridir. Amerika'ya göç etmeleri sonrası bu coğrafyanın iklim koşullarından dolayı renkleri biraz daha koyulaşarak kızıl benzerimsi bir renge evrimleşmişse de, buna "kızıl" ya da "kırmızı" demek abartı olacaktır.

Şimdi, arkeoloji dendiğinde kuşkusuz akla ilk gelen unsurlardan biri olan Mısır Piramitleri üzerinden giderek bilimsel düşüncenin nasıl çalıştığına biraz daha yakından bakalım.

BİTMEK BİLMEZ "SIR PERDESİ": PİRAMİTLER

Eğer ki söz konusu bilimsel gerçeklere odaklanmak değil de, tarihi bilinmezler üzerinden yola çıkarak asılsız iddialara inanmak ise, piramitler arkeoloji alanında açık ara farkla lider olan konudur. Bu kitabın da tüm okurlarının Mısır piramitleri ile ilgili uçuk kaçık iddiaları hayatlarında en azından bir kere duyduklarına eminiz. Piramitleri insanların değil de uzaylıların yaptığı saçmalığından tutun da, sayıların çarpılıp toplanması sonucunda keşfedildiği iddia edilen uçuk kaçık iddialara kadar sayısız argüman Mısır piramitlerinin etrafını sarmaktadır. Bu kısımda, piramitler üzerinden giderek bilimin nasıl çalıştığını, insanların da gerçeğe ulaşmak istiyorlarsa nasıl düşünmeleri gerektiğini göstermeye çalışacağız.



Görsel 9-2: Meşhur Mısır Piramitleri... Fotoğraf, Pixabay sitesinden alınmıştır.

Öncelikle, Mısır piramitlerinin ne kadar eski olduğunu anlatmak adına sayısal bir gerçekten söz edelim: Mısır piramitleri öylesine eskidir ki, onların inşa edildiği zamanlarda fillerin yakın akrabaları olan mamutlar halen hayattaydı! Mamutlar, insanların her zaman ilgisini çekmiştir; çünkü onlarla birlikte yaşamış, onları avlamış, yünlerinden, etlerinden ve hatta belki de güçlerinden fay-

dalanmışızdır. Bunun ötesinde mamutlar, bizlerin nereden geldiğini ve nasıl zamanlardan geçerek evrimleştiğimizi hatırlatan "eski bir dost" gibidirler bir yerde... Ayrıca zamanın devasalığını anlatmak açısından da harika birer araçtırlar. Çünkü her ne kadar bize çok yakınmış gibi gelseler de, soyu tükenmiş kocaman canlılar olarak aslında binlerce yıl önce yaşamışlardır. Yani bize hem çok yakındırlar, hem de çok uzak...

Bunu hissetmemizi sağlayan bir diğer unsur da mimariden gelmektedir: Piramitler. Piramitlerin fotoğrafları bile insanı ürpertir ve düşüncelere sevk eder. Çünkü piramitler, tıpkı mamutlar gibi, binlerce yıl önce var edilmiş yapılardır. Tabii mamutlar ile piramitlerin var oluş biçimleri birazcık farklıdır: Mamutlar, günümüzden 55 milyon yıl kadar önce, içinden Anadolu'nun yükseleceği Tetis Denizi etrafında yaşayan hortumlu bir atadan, muhtemelen *Mastodon* cinsine oldukça benzer bir atadan ayrılarak milyonlarca yılda evrimleşmiştir. Piramitler ise, az sonra da bahsedeceğimiz gibi, insanlar tarafından, yine son derece zorlu ve uzun bir süreçte, tek tek blokların yerleştirilmesiyle var edildi. Fakat bilimden azıcık bile anlıyorsanız, piramitlerin de tıpkı mamutlar gibi bir anda, son halleriyle var oluvermediklerini bileceksinizdir. Doğada gördüğümüz istisnasız her unsur gibi, piramitler de daha basit "formlardan" geçerek karmaşık yapılara ulaşmışlardır. Mamutların evriminin aksine piramitlerin yapımını doğa değil, insan yönlendirmiştir. Mamutların (ve en yakın akrabası olan Asya fillerinin) "yapımını" ise yönlendiren evrimin seçilim mekanizmalarıdır.

Şimdi bu ikisini kafanızda birleştirecek olursanız, harika bir gerçekle karşılaşırsınız. Mamutların son bireyleri Dünya üzerinde yok olmaya başladığında, Giza'daki dev piramitler inşa edilmişti bile! Yani piramitler inşa edildiğinde, dünya üzerinde halen mamutlar hüküm sürüyordu. Bu, birçoklarının kafasında canlandırmakta güçlük çekeceği bir çağdaşlıktır (eş zamanlılıktır).

Ancak ufak ve önemli bir nokta var: Aslında bildiğimiz anlamıyla dev mamutlar M.Ö. 4500 yılı civarında yok olmuşlardır. Giza piramitlerinin ise M.Ö. 2600 yılında inşa edildiği bilinmektedir. Fakat mamutların tüm popülasyonları M.Ö. 4500 yılında yok olmamıştır! Evet, piramitler inşa edilirken Mısır civarında hiç mamut bulunmuyordu (dolayısıyla eğer ki bu dev hayvanların kullanılmış olabileceğini düşünüyorsanız, üzgünüz). Ancak dünya üzerinde, Arktik Denizi'nde bulunan Wrangel Adası'nda hapsolmuş halde mamutlar, M.Ö. 1650 yılına kadar hayatta kalmışlardır. Bildiğimiz en güncel mamutlar bu popülasyona aittir. Bu adadaki mamutlar, evrimsel süreçte sıklıkla gördüğümüz üzere, ana karadaki atalarına göre epey küçüktür. Dolayısıyla bir mamut asla bir Mısır piramidini görmemiş olsa da, dünya üzerinde bu iki dev "yapı" yüzlerce yıl boyunca bir arada var oldular.

Peki arkeolojik kazılar ve mimarlıktan gelen bilgiler, piramitlerin inşası ile ilgili bizlere neler söylemektedir? Sohbet ortamlarında ve internet üzerinden yapılan bazı paylaşımlarda "Antik Yapılar" hakkında çeşitli bilgiler duyabilir ve okuyabilirsiniz. Mimarlık eğitimi almamış, arkeolojiden ve arkeolojik veriler-

den anlamayan, inşaat tekniklerine dair herhangi bir fikri olmayan veya yaşadığımız kentlere şekil veren yapıların tarihini bilmeyenlerden olağanüstü açıklamaları görebilmek mümkündür. Ancak astronomi konusunda eğitim almış bir profesörün "UFO'lara" inanabildiği gibi, nadiren de olsa Mısır piramitlerinin "insan-üstü" yapılar olduğunu söyleyebilen mimarlar da bulunmaktadır. Üstelik belgesellerde bu tarz yapılar ele alınınca, daima ihtişamlı oldukları dile getirilmektedir, bu da eski insanların "inanılmaz" olduğunu düşünmemize neden olmaktadır. Öyle ki Eski Mısır'da elektriğin kullanıldığına (ki kullanılmadı), Eski Mısır'daki bilgeliğin Atlantis yada Mu'dan geldiğine (ki bu tip kıtaların varlığına dair hiçbir bilimsel iz yoktur), Tutankhamun'un Laneti olduğuna (ki böyle bir şey söz konusu değildir) dair birçok sayıda iddia ortaya atılmıştır.

Bu bilim dışı inat, piramitlerin gizemli olmasını şehvetle arzulayan zihinlerimizden ileri gelmektedir. Zihin demişken, belirtmekte fayda görüyoruz ki, siz ona ister zihin deyin ister ruh aslında olan "şey" ve tüm bunları yaratan "şey" sadece nöronların ateşlenmesi ve sinaptik aralıklarda akan biyokimyadır. O "şey", Etoloji bölümünde de ele aldığımız gibi beynin ta kendisidir! İnsanlar, piramitleri bilimsel olarak açıklayabilirsek ihtişamlarının yok olacağına inanmaktadırlar. Halbuki tıpkı aşkın kimyasını ve çiçeklerin iç yapısını anlayabildiğimiz gibi, bilimsel bir bakış açısı kazandırmak piramitlerin ihtişamını küçültmez; onu daha da yücelitr. Piramitlerden bahsedince elbette sadece Mısır'daki yapılardan bahsetmiyoruz, ve bu kısmın devamında okuyacağınız gibi farklı örnekler de sunmaktayız, ancak burada odaklanacağımız ana yapılar her türlü Mısır Piramitleri olacaktır.

Şimdiden belirtmek gerekirse, tahmin edebileceğiniz gibi, bu alanlarda eğitimi ve gerek akademik, gerek profesyonel deneyimi olan bizler, Mısır piramitlerinin herhangi bir dış yardım olmaksızın (dünya dışı akıllı varlıklar, levitasyon gücünü kullananlar, dev insanlar, Atlantis bilginleri, olağanüstü teknolojiler gibi olmaksızın), insan potansiyeliyle inşa edilebileceğini savunuyoruz ve burada gerekli sebeplerimizi de sunacağız. Hazırsanız başlayalım:

Bilgisizlik kötü bir şey değildir, ancak (kendini ve gerçeği) bilmemezlik ayrı olarak değerlendirilmelidir. Farklı kişilerle Mısır piramitleri hakkında tartıştığınızda karşılaşacağınız iddiaların neredeyse hepsi aynıdır. Bunun sebeplerinden birisi de az önce açıkladığımız gibi, antik yapılara dair gizemli bir şeylerin olduğu hissiyatıdır. Elbette geçmişe ait gizemler bulunmaktadır, ancak bu gibi durumlarda bunun abartıldığını görebiliyoruz. Mısır piramitlerini ele alırken bu insanlar konuyla ilgili her ne kadar çok sayıda iddialarda bulunsalar da, o kadar da bilgili olmadıklarını anlıyoruz. Çevrelerindeki çoğu insanın kendileriyle hemfikir olduğundan bu kendi görüşlerine (aslında kulaktan dolma bilgilerine) bir tür destek sağlamaktadır (buna felsefede *Argumentum ad populum* ya da "çoğunluğa başvurma safsatası" denmektedir). Bu sebeple tartışma ortamlarına girince çeşitli ön-varsayımlar ve önyargılar ile karşılaşıyoruz. Örnek vermek gerekirse, Mısır piramitleri hakkında şöyle bir diyalogun son derece olası olduğunu söyleyebiliriz:

Arsel: *"Mısır Piramitleri insan-üstü yapılardır!"*

Tuğçe: *"Neden böyle düşünüyorsun?"*

Arsel: *"Çünkü insanlar büyük ve karmaşık olan Mısır piramitlerini tek başlarına inşa edebilecek potansiyele sahip değildir."*

Gördüğünüz gibi, Mısır piramitlerinin "büyük" ve "karmaşık" oldukları konusunda bir ön-varsayımdan hareketle bunların insan-üstü olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple bu kişi ne zaman bir yazı okusa ya da bir belgesel izlese, daima kendi düşüncelerini destekleyen bilgileri edinecek ve geriye kalan bilgileri ya kenara itecek ya da önemsiz göründükleri için hatırlamayacaktır (burada Türkçede "algıda seçicilik" olarak bilinen, İngilizcede "confirmation bias" denen psikolojik bir mekanizma bir rol oynamaktadır).

Bizler de Mısır piramitlerinin hiçbir dış yardım olmaksızın sadece insanlarla inşa edilebileceklerini söylediğimiz zaman, bu insanlar söylediklerimize karşı gelip olası açıklamaları reddedebilecektir. Çünkü bizler bilimsel bir bakış açısını sunduğumuz zaman, Eski Mısır'ın ihtişamını yok etmeye çalıştığımız sanılmaktadır, oysa buradaki asıl ironi, kendi söyledikleriyle Eski Mısır'da yaşamış işçileri *"böylesine muazzam yapıları inşa edebilecek potansiyele sahip değiller"* diyerek küçümsemektedirler. Bu yüzden Mısır piramitleri konusunda -adeta bir piramidi tırmanıyormuşuz gibi- temel bilgilerden başlayıp doğru bilgilere ulaşmaya çalışacağız.

Bilinen en eski piramidal form "Zigguratlardır". Yapılan araştırmalar, en eski olanların M.Ö. 4. binyılda (yani Obeyd döneminde) inşa edildiğini ortaya koymaktadır. Bunlar, tam bir piramit şeklinde değillerse de, adeta bir piramidin taban kısmından birkaç metre yukarıdan kesilmişçesine bir şekle sahiptirler. Dikdörtgenimsi olsalar da tavan kısımlarında daha dar oldukları görülmektedir. Bu yapılar Mezopotamya'da Sümerler, Babilliler, Elamitler, Akadlar ve Asurlar'ın yerel dinleri için yapılmıştır. En önde gelen örnekleri Ur, Aqar Quf, Chogha Zanbil ve Sialk'tır.

Bunlardan bir adım sonra, Sudan'da yüzlerce yıldan beri inşa edilmekte olan ve son sayısı yaklaşık 220 adet olan "Nubian piramitlerini" görmekteyiz. Bunlar 3 ayrı bölgede Napata ve Meroë kral ile kraliçeler için birer mezar olarak yapılmışlardır. Bunlar, uzun ve adeta konik olan piramidal yapılardır. Girişleri ise normal bir kale girişini andırır. Uzunlukları sadece birkaç on metre civarıdır; dolayısıyla Mısır piramitleri ile boy ölçüşebilecek yapıda değillerdir. Fakat onlara fikren öncül oldukları söylenebilir.

Orta Amerika'da da piramidal forma sahip yapılar yer almaktadır. Bunlar genelde basamak şeklindedir ve en tepelerinde bir tapınak bulunmaktadır. Hacim açısından en büyüğü Puebla, Meksika'da bulunan "Cholula'nın Büyük Piramidi"dir. Bu piramit dünyada inşa edilmiş en büyük anıttır ve kazı çalışmaları günümüzde halen devam etmektedir. Dünyadaki üçüncü en büyük piramit

ise, yine Meksika'nın Teotihuacan bölgesinde bulunan "Güneş Piramidi"dir. Bunların dairesel bir diğer versiyonu da Teuchitlan adı verilen, Meksika'nın Jalisco bölgesinin Teuchitlan kentinde bulunan ve "Guachimontones" denilen dairesel basamaklı piramitlerdir. Bu yapılar, yukarıdan basık piramitler gibidirler. Dediğimiz gibi, "basamaksı" bir yapıya sahiptirler. Tabanları boylarına göre daha geniş olduğundan bu şekilde gözükmektedirler. Ancak Mısır piramitleri ile kendilerinden önce gelen piramitler arasında bir geçiş formu gösterdikleri söylenebilir.

Tabii bir de birçok kişinin bildiği, Meksika'nın Yucatan bölgesinde bulunan "El Castillo" (diğer adıyla "Kukulkan Tapınağı") basamak piramidi bulunur. Bu piramidin dört yanında 91 basamak yer almaktadır ve en tepeyi son basamak olarak sayarsak toplamda 365 basamağa sahiptir, bu da Maya medeniyetinin astronomi bilgisine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu bilgiyi kullanarak 21 Aralık 2012 tarihinde Maya Kehaneti'nin gerçekleşeceğini iddia edenler olmuştu. Tabii ki bu kehanet bir saçmalıktan fazlası değildi ve tahmin edilebileceği gibi, biz bu kitabı yazabiliyor, siz de bu kitabı okuyabiliyorsanız gerçekleşmemiştir.

Meksika'daki piramidal formdaki yapılar genel olarak insanları kurban etmek için kullanılırdı ve 1487 yılında "Tenochtitlan'nın Büyük Piramidin" yeniden kutsanması için Azteklerin 4 gün içinde on binlerce insanı kurban ettiği söylenmektedir (kaç kişinin kurban edildiği konusunda bir netlik yoktur, ancak olası sayılar her türlü 10 binin üzerindedir).

Verdiğimiz bu örneklerin yanında bir de Igbo kültürünün Nijerya'da inşa ettiği "Nsude Piramitleri", Yunanların inşa ettiği "Hellinikon Piramidi", İspanyolların inşa ettiği "Güimar Piramitleri", Romalıların inşa ettiği "Cestius Piramidi", Hintlilerin inşa ettiği "Thanjavur Tapınak Piramidi", Endonezya'da inşa edilen "Borobudur" gibi yapılar da bulunmaktadır. Görülebileceği gibi piramitler ne Mısır'dan ibarettir, ne de arkeolojik ve mimari olarak nadiren rastladığımız unsurlardır. Tam tersine piramidal form günümüzde bile hâlâ kullanılan bir yapı türüdür. Mesela I.M. Pei'ın Paris için Fransa'da tasarladığı "Louvre Piramidi" bilenen en iyi örneklerden biridir. Diğer örnekleri ABD'nin Las Vegas kentindeki "Luxor Oteli" ve yine ABD'de, Long Beach üzerinde bulunan "Walter Piramidi"dir. Ancak bunlar, modern teknoloji, alet ve yapıtaşları ile üretildikleri için insanların "o kadar da" dikkatini çekmemekte, uzaylıların yaptığı iddialarına konu olmamaktadır.

Halbuki Mısır piramitlerinin tarihi, mimarisi ve arkeolojisini inceleyen birinin insanların abarttığı kadar, yani "o kadar da" inanılmaz olmadıklarını görmesi işten bile değildir. Tıpkı uzay görevlerine gönderilen roketlerin başarısız olabilmesi ve patlayabilmesi gibi, mimarlık ve arkeoloji tarihinde de binlerce sene boyunca yapı inşaatında deneme-yanılma yolunu görebilmekteyiz. Yeni malzemeler ürettik, yeni yöntemler geliştirdik, farklı mimari akımlar geliştirdik, farklı konseptler geliştirdik ve günümüzde yapıların içindeki odaların

duvar boyalarından yapı çevresindeki ağaç düzenlemesine kadar her şeyi düşünebilecek hale geldik. Elbette üzerinde uğraşmamız gereken birçok şey var, ancak bugünlere gelebilmek için de uzun bir yol katettik. Mısır piramitleri için de böyle bir süreç söz konusuydu ve hatırlatmak gerekir ki Mısır piramitleri sadece Gize'deki üç piramitten (Khufu, Khafre ve Menkaure) oluşmamaktadır.

1842'den 2008 senesine kadar sürdürülen bir araştırmada Mısır'da toplam 138 tane piramit tanımlanabilmiştir. Mısır'daki piramitlerin gelişimini sizler için şu şekilde özetleyebiliriz:

Mısır'daki Krallık dönemlerinden evvel ölüler derin olmayan çukur ovalarda gömülürdü. İlerleyen zamanlarda Eski Mısırlılar bunları oval yerine dikdörtgen şeklinde inşa etmeye başladılar ve ahşap bir çatıyla örttüler. Büyük çoğunluğu kumdan yapılmış oldukları için günümüzde fazla kalıntılar bulunmamaktadır. Krallık dönemlerinin başlarında bu yapıların yok oluşunu önlemek için çamur tuğlalar kullanılmaya başlandı ve böylece ilk "Mastabalar" inşa edildi. III. Krallık döneminde Kral Zoser başa geçince Mastabaların inşaatı durdu. Veziri olan İmhotep yapıları taş ile inşa etmenin mucidi sayılmıştı ve M.Ö. 27.yüzyılda Kral Zoser için Mastabaları üst üste dizerek 6 basamaklı bir "Basamak (Step) Piramidi" inşa etmişti. IV. Krallık döneminde Kral Sneferu başa geçince "Meidun Piramidin" yapılmasıyla düzgün bir piramit inşa edilmeye çalışılmıştı ancak dış katmanları çökmüştü. Bu piramidin yapımında yüklerin dağılabilmesi için bir kemerin ilkel formu sayılabilecek "Corbel" diye bir teknik geliştirilmişti. Üstelik mezar odasının kendisi yer altında olmak yerine yapının içinde yerleştirilmişti. Başarısız olan bu piramidin ardından Kral Sneferu yeni bir piramidin inşa edilmesini emretmişti. 55 derecelik bir eğime sahip olan bu yeni piramit, mezar odasındaki taşların ağırlığı sebebiyle çökmesi sonucunda piramidin ortasından tepesine kadarki eğim 43 dereceye düşmüştü, bu yüzden buna "Bükülmüş (Bent) Piramidi" ismi verilmişti. Kral Sneferu tekrardan yeni bir piramidin inşaatını emretmişti ve böylece "Kızıl (Red) Piramidi" inşa edilmişti. Bu "Gerçek Piramitlerin" ilk örneği olmuştu.

Kral Sneferu'nun oğullarından biri olan Keops (aynı zamanda Khufu olarak bilinir) ilerleyen yıllarda Gize platosunda "Büyük Piramidi" inşa etmişti ve bu Mısır Piramitlerinin en büyük örneği olmuştur. 52 derecelik eğime sahip bu piramidin yüksekliği 146.5 metre olmasıyla yaklaşık 3800 sene boyunca dünyanın en yüksek yapısı unvanına sahip olmuştu (elbette günümüzde bu piramitten daha yüksek yapılar görmekteyiz). Tabii, uzun seneler boyunca ayakta durmasıyla yüksekliği 138,8 metreye düşmüştür. Bu piramidin toplam ağırlığı 6 milyon tona yakındır ve her taban kenar uzunluğu 230 metredir. Yaklaşık olarak 2,3 milyon bloktan oluştuğu düşünülmektedir ve blokların ortalama ağırlığı 2,5 ton olduğu halde tabandaki blokların 15 tona yakın olabileceği belirtilmektedir.

Mısır Piramitleri genellikle Nil nehrinin Batı tarafında, tapınakları da Doğu tarafında yapılmıştır. Bunun sebebi, tapınaklar doğuşu temsil ederken

piramitler de ölümü temsil etmektedir. Bu şekilde ölülerin ruhları bu döngüye katılabilmektedir. Sonuçta Ra (Güneş Tanrısı) Eski Mısır'da çok övülürdü.

Peki, eğer Mısır piramitlerinin inşasını açıklamak bu kadar kolaysa, konuyla ilgili bunca argüman da neyin nesidir? Mısır piramitlerine dair yapılan iddialar 3 şekilde özetlenebilir:

- Yapı Malzemesi Üstünlüğü: *"Günümüze kadar dayandılar. Günümüzdeki yapılar ise sadece birkaç sene dayanıyor."*
- Teknoloji Üstünlüğü: *"Günümüz teknolojisiyle Mısır piramitleri taklit edilemez. Nasıl yapıldıkları anlaşılamıyor."*
- Dışarıdan Yardım: *"Mısır Piramitleri sadece insanlar tarafından yapılamayacak kadar karışık, ağır ve büyüktür. Kullanılan taşlar uzaktan getirilmiştir ki insanların gücü buna yetmez."*

Bunları iddia eden kişilere öncelikle şunları bilip bilmediğini sormakta fayda vardır; zira olağanüstü iddialar sadece olağanüstü kanıtlar gerektirmez, en azından temel düzeyde arka plan bilgisi de gerektirir:

- Megalitik yapılardan modern yapılara kadar mimarlığın tarihi.
- Eski yapı anlayışıyla beraber günümüz yapı tasarımlarını inceleyen mimari akımlar.
- Mısır piramitlerinin son halleri (yani "gerçek piramitler") dışında Eski Mısır'a ait diğer yapılar hakkında genel bilgiler.
- Mısır mitolojisi hakkında genel bilgiler.

Eğer karşınızdaki kişi bu konularda yeterli bilgiye sahip değilse, o zaman Mısır piramitleri hakkında söyleyecekleri Wright Kardeşler'in kim olduğunu bilmeden veya uçak mühendisliğine dair hiçbir donanıma sahip olmadan uçaklar hakkında uçuk iddialarda bulunmaktan farksız olurdu. Mimarlık tarihini incelemekle beraber Eski Mısırlılar'ın yapılarına hayranlıkla bakıyoruz, ancak ihtişamları konusunda da abartılara başvurmuyoruz.

Günümüz teknolojisi, hangi açıdan bakılırsa bakılsın, Eski Mısır'a oranla çok daha ileridedir. Atomaltı parçacıklarından hastalık tedavilerine, gezegenimizin jeolojik yapısından evrendeki uzak galaksilere kadar her alanı inceleyebildiğimiz bir çağdayız. Eski Mısırlılar'ın yapıları zamanına göre diğer medeniyetlerin yapılarına oranla daha ileri seviyede bir yapı olsa da ve bizler onları önemli birer eser olarak görsek de, günümüz yapıları için "hizmet" açısından yetersizlerdir. Piramitler kadar çekici görünmeseler de, görsel açıdan beğenimizi almayan bir bina (sıradan bir apartman gibi) bile piramitlere oranla daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Az önce sıraladığımız iddiaları tek tek inceleyelim:

- Yapı Malzemesi Üstünlüğü: Evet, Mısır piramitleri günümüze kadar dayanmıştır. Onlardan önce yapılmış yapılar da dayanmıştır, böylece geçmiş yapılar konusunda daha iyi fikirler edinebildik. Piramit formu depremlere karşı oldukça etkili bir yapı şeklidir, ancak taban

alanı çok yer kaplamaktadır, bu yüzden şehirlerde apartmanlar ve oteller dikdörtgen kutular gibi gökyüzüne yükselmektedir. Elbette çok yüksek yapılar yapmak için de piramit formunu da kullanıyoruz fakat eğimleri o kadar az ki bunu fark edemiyoruz. Günümüzde yapıların belirli servis ömürleri bulunmaktadır:

- 10 Yıla Kadar: Geçici Yapılar (geçici sergi, şantiye vs)
- 25-49 Yıl Arasına Kadar: Ortalama Ömürlü Yapılar (sanayi yapıları, çok katlı otoparklar, vs.)
- 50-99 Yıl Arasına Kadar: Uzun Ömürlü Yapılar (konutlar, sağlık yapıları, eğitim yapıları, ticaret yapıları, vs.)
- En Az 100 Yıl: Sürekli Yapılar (anıt yapıları, tarihi yapılar, vs.)

Zamanla yapıların yeni ihtiyaçları doğmaktadır ve bu hizmetleri karşılamak için yeni yapılar inşa edilecektir. Günümüzde yapıların genel olarak bazı özelliklerine bakılır: Sağlamlık, işlevsellik, ekonomiklik, estetik, kalite, sürdürebilirlik, hijyen, geçicilik, inşaat süresi, vb. Bunlara göre de önem sırası şöyledir (daha doğrusu şöyle olmalıdır): Sağlamlık > İşlevsellik > Estetik. Bütün bunlarla beraber belirli "standartlar" da yer almaktadır. Örnekler: Türk Standardı (TS), İngiliz Standardı (BS), Fransız Standardı (AFNOR), Alman Standardı (DIN), Amerikan Standardı (ASTM), Uluslararası Standartlaşma Kurulu (ISO), Avrupa Standartlar Komitesi (CEN), vs.

Bir hastanede kullanılan teknoloji zamanla eskiyebilir ve yeni teknolojik cihazları barındırabilmesi için yeni bir tasarıma ihtiyaç duyabilir. Asansörsüz apartmanların yerine asansörlü apartmanlar yapılarak merdivenle çıkamayacak yaşlılar, hamile kadınlar ve engelli insanlar için bir rahatlık sağlayabilir. Bir müzede sergilenecek şeylere göre belirli bir yapı tasarımı yapılması gerekebilir. Yapı tasarımında dış etkenler (deprem, rüzgâr, yağmur, kar, vs.) ve iç etkenler (su taşması, yangın, soğuk-sıcak hava akımı, vs.) düşünülmektedir. Gaz hatları, sıhhi tesisat, telefon kabloları, elektrik bağlantıları, bina statiği gibi yapı-içi şeylerle beraber toprak yapısı, güneş ışığının açısı, rüzgâr yönü ve çevredeki bitki örtüsü gibi yapı-dışı şeyler de göz önünde bulundurulur. Tıpkı bir okul ya da bir alışveriş merkezi gibi her yapının farklı hizmetleri vardır, ancak Mısır piramitlerinde bu kadar özellik yoktur (sonuçta "Mezar" olarak inşa edilmişlerdir).

Teknoloji Üstünlüğü: Az önce yazdıklarımızda zaten teknolojik açıdan daha ileride olduğumuzu belirtmiştik. Ama şöyle bir soru sorabilirsiniz: *"Peki neden bugün bir piramit inşa edemiyoruz?"* Bu soru aslında hatalı bir sorudur, doğrusu şöyle olmalıydı: *"Neden bugün bir piramit inşa etmiyoruz?"* Günümüzde modern piramidal formdaki yapılar olduğunu anlatmıştık, ancak burada kastedilmek istenen şey, Mısır piramitlerinin bire bir aynısını neden inşa etmediğimizdir. Eğer soru böyleyse, cevap aslında çok basittir: *"İhtiyacımız yok."*

Daha az önce bile yazdıklarımızla Mısır piramitlerinin hizmet açısından yetersiz olduğunu ifade etmiştik. Elbette bazı eski yapılar hâlâ hizmette olabil-

mektedir (antik tiyatrolar ve eski üniversite binaları gibi), ancak firavunlar için yapılan mezarlıklara günümüzde ihtiyacımız yoktur. Tıpkı İtalya'daki Colosseum gibi yapılara ihtiyacımız olmadığı gibi. Sonuçta artık gladyatörlerin savaşmalarını izlemiyoruz günümüzde... Ayrıca gidip *"Ben bir Mısır piramidi inşa etmek istiyorum"* dediğiniz zaman *"Neden?"* sorusuna karşılık *"Yapabildiğimizi gösterebilmek için!"* derseniz, belki de alay konusu olurdunuz. Çünkü böyle bir yapı hem büyük bir alanı kaplayacak, hem gereksiz bir iş gücü kullanımına ihtiyaç duyulacak, hem de herkesin akıl almaz miktarlarda parasını ve zamanını harcayacaktır. Turistik bir merkez olabilir, ancak bu masraf ve iş için buna değmeyecektir, hele asıl piramitleri gidip ziyaret edebilme olasılığınız varken...

Uzun lafın kısası, bir firavun değilseniz ve dünyanın altınlarının önemli bir kısmı avuçlarınızda değilse, sıfırdan bir piramit inşa etmenin hiçbir anlamı bulunmamaktadır. Bu, yapamayacağımız anlamına gelmemektedir.

Dışarıdan Yardım: Gelelim bu devasa binaların nasıl inşa edildiğine... Bunlarla ilgili cevapların insanların gizem duygusuna hitap etmeyişi ve konu hakkında bilgisiz olan insanların piramitlerin nasıl yapıldığını kolaylıkla açıklayamıyor oluşu, özellikle uzaylılar başta olmak üzere sayısız "dünya dışı yardım" iddiasını da beraberinde getirmiştir. Açık konuşalım: Dünya dışı varlıkların muhtemelen fizik yasalarını delerek ışık hızını aşıp, solucan delikleri içinde yolculuk yapıp, yıldızlar arasında seyahat edip, über-teknolojileri aracılığıyla sonsuzluk içinde elleriyle koymuş gibi dünyayı bulup da, bu gezegende sırf taş bloklarından oluşan piramitler inşa ettiklerini, tarlalara tuhaf yuvarlaklar çizdiklerini, sadece ayyaş birkaç Amerikalı çiftçinin, gecenin yarısında bolca alkol tüketen yüzü sivilceli gençlerin ya da ne hikmetse sadece eski (ve son derece yaşlı, gözden düşmüş, ilgiye muhtaç olan) Amerikalı generallerin görebilecekleri şekilde gezegenimizde gezindiklerini hiç mi hiç sanmıyoruz. Olabilir; ama olağanüstü iddialar ve olağanüstü kanıtlar tartışmasını hatırlıyorsunuzdur...

Piramitlerin nasıl yapıldığı ile ilgili günümüzde farklı hipotezler bulunmaktadır, yani nasıl yapabileceklerine dair birden fazla fikrimiz var. Tek bilmediğimiz şey, zamanında tam olarak hangi yöntemleri kullandıklarıdır (ki bu gayet anlaşılır bir durumdur çünkü orada değildik, bu yüzden hipotezlere ihtiyaç duyarız, tıpkı insanların, diğer canlıların, gezegenimizin ve evrenimizin geçmişini anlamaya çalıştığımız gibi), fakat bunun haricinde mevcut bir gizem bulunmamaktadır.

Amsterdam Üniversitesi'nde yapılan incelemelerde araştırmacılar Eski Mısırlıların piramit blokları gibi ağır şeyleri rahatça bir yerden bir yere götürebilmek için "ıslak kumun" üzerine bir kızakla çektiklerini keşfettiler. Eğer kum kuru olsaydı, kızağın önünde kum yığını oluşur ve ilerlemesini durdururdu. Ancak kumun ıslatılmasıyla kızağın kumun üzerinde kayması sağlanabilmiştir. "Djehutihotep Mezarı'nda" yer alan bir duvar tasviri de ağır şeylerin taşınabilmesi için kumun ıslatıldığını göstermektedir.

Tüm bunlar bir yana, piramitlerin sadece insanlar tarafından yapılması gayet mümkündür. Küçük karıncaların yer altında kendi boylarına oranla şehirler büyüklüğünde kanallar oluşturabildiklerini ve termitlerin de yüksek tepecikler oluşturabildiklerini görebiliyoruz. Öyle ki, termitleri ve oluşturdukları tepecikleri insan boyutlarına göre değerlendirseydik, bu tepeciklerin en büyük olanların yüksekliği 2 bin metreye ulaşabilmektedir. Hatırlayınız ki Gize'deki Büyük Piramidin asıl yüksekliği 146,5 metre idi ve günümüzdeki en yüksek yapı olan Burj Khalifa'nın yüksekliği de 828 metredir. Yani termit gibi "düşük zekâlı" canlılar bile, insanların yapabildiğinden *oransal olarak* kat kat karmaşık, yüksek ve gelişmiş yapılar inşa edebilmektedirler! Eğer ki termitlerin de uzaylı yardımı aldığını iddia etmeyecekseniz, evrim tarihinin gördüğü en güçlü beyne sahip hayvan türünün piramitleri inşa edebildiğine şaşırmamalısınız.

Gize'deki piramitlerin yapımı için aslında blokların çoğu yakında bulunan taş ocaklarından getirilmiştir. Yapı inşası için gereken kireç taşının çoğu zaten halihazırda Gize platosunda bulunmaktadır. Kaplama için gerekli olan beyaz kireç taşı da nehir yoluyla Tura'dan getirilmiştir (bu kaplama günümüzde neredeyse tamamen yok olmuştur, ancak halen kısmen görülebilir). Granit de Aswan'dan getirilmiştir. Taşların oyulması, taşınması ve yerleştirilmesi için gerekli bütün malzemeler ve araçlar (kireç taşı, granit, bazalt, bakır kesiciler, tahta kazıklar, granit çekiçler vs.) bulunmaktaydı, bu sebeple özel metallere ve günümüzde kullandığımız gibi özel araçlara gerek kalmamıştır.

Yapılan hesaplamalara göre de Gize'deki piramitlerin inşaatı yaklaşık 20 senede, 20 bin ila 30 bin işçinin katılımı (ve bolca zorlanmaları) sonucunda rahatlıkla yapılabilir. O zamanki Mısır nüfusunun çoğu işçi olmak üzere 1-2 milyon arasında olduğu düşünülürse, bu sayı gayet mantıklıdır. Hesaplamalar sonucunda, saatte ortalama 12 adet bloğun yerleştirildiği düşünülmektedir ve 10-20 kişi ile 2,5 tonluk bir bloğun çekilmesi de mümkündür. Bulunan 2,5 tonluk blokların haricinde bir de tabanda bulunabilecek 15 tonluk bloklardan bahsetmiştik. Bu sayıları düşününce akla boyutsal açıdan büyük bloklar gelmektedir, oysa sanıldığı kadar büyük değillerdir; sadece daha yoğundurlar. Bu durumda, hâlâ ayak direyenler birazcık matematik yardımıyla şöyle bir soru sorabilirler:

"2.5 milyon taş, 20 yılda Giza Piramidi'ne nasıl taşındı? 20 x 365 = 7.300 gün. 2.500.000 / 7.300 = günde 342 taş eder! 324 / 24 = saatte 14 taş. Her 4 dakikada 1 taş nasıl yerleştirildi oraya? Hı? Hadi?"

Bu önemli bir sorudur. Söylediğimiz gibi, saatte 12 civarında blok piramidin 20 yıl gibi kısmen kısa bir sürede tamamlanması için fazlasıyla yeterlidir. Ancak matematiksel olarak şöyle bir yanıt vermek mümkündür: Günde 324 taş taşımak için 20'şerli işçi grupları kullanılabilir. Bu durumda, yapıyı 20 senede bitirebilmek için günde 6.480 işçi çalıştırmak yeterli olacaktır. Kısacası, her 20 kişilik grup günde 1 taş taşıdığında ortalama olarak 4 dakikada 1 taş eder. 20-30 bin kişinin çalıştığını düşünürsek bu o kadar da olağanüstü bir durum değildir. Sanıyoruz ki işçilerin sırayla değil de, aynı anda (paralel olarak) çalıştıklarını belirtmeye gerek yoktur.

Üstelik kimi zaman akla hayale gelmeyecek, çok basit keşifler bile işleri müthiş miktarda hızlandırabilir. Islak kum üzerindeki kızaklardan bahsetmiştik; ancak kuru kum üzerinde bile kendi kütlenizin onlarca ve yüzlerce katı kütleleri, temel geometriden yararlanarak kolaylıkla hareket ettirebilmeniz mümkündür. Örneğin ABD'li emekli inşaat işçisi Wally Wallington, Stonehenge ve piramitler gibi büyük taş parçalarından oluşan yapıların, ilk etapta akla gelmeyecek kadar basit bir şekilde nasıl yapılabileceğine dair hayranlık veren bir metot geliştirmiştir. Tek başına, binlerce kilogramlık kütleleri basitçe yerinden oynatabilmekte, yükseltebilmekte ve dik bir şekilde yerleştirebilmektedir. On binlerce kişiden bahsetmiyoruz, tek başına! Bunu nasıl yapabilmektedir? Çok basit: Eğer ki birkaç ton ağırlığındaki bir kaya bloğunun altına, ufacık bir taş yerleştirecek olursanız ve uzunca bir kalasla bu taşın üzerine sürüklemeyi başaracak olursanız, kayayı kalas yardımıyla işaret parmağınızın ucunu kullanarak bile döndürmeniz mümkündür! Hatta iki adet taş kullanarak ve kayayı bu taşlar üzerinde döndürerek, her bir döndürmede o iki taşın arasındaki mesafe kadar ileriye taşımanız mümkündür. Wallington, bu yöntemi kullanarak kendine ait bir Stonehenge'i *tek başına* inşa etmeyi başarmıştır. Dahası bu basit yöntemle, 1 tonluk bir kayayı yine *tek başına* 1 saatte 100 metre ileriye taşıyabilmektedir! Bir diğer denemedeyse, geliştirdiği basit kalas ve denge teknikleri sayesinde koca bir taşınabilir (portatif) ahırı, tek başına bir noktadan diğerine taşımayı başarmıştır. Wallington, tekniğini kullanarak 3.6 kilometreküplük çimentodan yapılmış 8.8 ton ağırlığındaki bir kayayı yerinden kaldırabilmekte, dimdik duracak şekilde ayakları üzerine dikebilmektedir! Tek başına! Hiçbir modern makine kullanmaksızın!

Uzun lafın kısası, eğer ki etrafınızda olan bitene (özellikle de basit fizik yasalarına) biraz duyarlıysanız, tarihin gördüğü en ihtişamlı yapıları yapacak kadar altınınız ve köle işçiniz varsa ve bir de "firavun inadına" sahipseniz, bu yapıları uzaylı dostlarımızdan yardım talep etmeden yapabilmeniz son derece mümkündür. Yani Arşimet, *"Bana uygun bir kalas verin, size dünyayı kaldırayım"* derken haksız sayılmazdı!

Görülebileceği üzere kültür, aradan geçen binlerce yıl sonrasında bile insanları hayrete düşüren yapıları inşa edebilecek ve ettirebilecek kadar güçlü bir itici kuvvettir. İyi ama, kültür nedir? Bilimsel düşünce ve şüpheci yaklaşım, Mısır piramitleri konusuna nasıl yaklaşmamız gerektiğini bize öğrettiyse, arkeolojinin açığa çıkarmak konusunda en büyük başarıya sahip olduğu "kültür" konusuna artık geçebiliriz. Çünkü insanı tanımlarken, sadece biyolojik özellikleriyle tanımlamamız yeterli olmayacaktır. İnsan, biyolojiden ibaret değildir. Bu biyolojik alt yapı üzerine inşa edilmiş, son derece karmaşık bir kültürel ağın ürünüdür. Bu kültürel ağ, onu sadece "insan" yapmakla kalmamış, diğer hayvanlara göre karmaşıklık konusunda da kat kat ileri gidebilmesini sağlamıştır. Eğer etrafınıza dikkatlice bakacak olursanız, sahip olduğumuz her şeyin kültürümüzün bir ürünü olduğunu görebilirsiniz. Dolayısıyla arkeolojinin evrimsel biyoloji ile bağlantısı, sadece

insanın tarihini aydınlatmaktan ibaret değildir; aynı zamanda insanın kültürel özelliklerini ortaya koyması sayesinde biyoloji ile kültür arasındaki bağlantıyı da kurmaktır. Bu durumda sormamız gereken soru, kültürün ne olduğudur.

KÜLTÜR NEDİR?

Kültürün tanımını anlatmak veya aktarmak, kolay bir iş değildir. Hatta kalın bir kitap dahi, başlı başına kültür tanımı için yeterli gelmeyebilir. Sözcük, Antik Roma dilindeki *cultura* sözcüğünden gelmektedir. Latincede *colere*, sürmek, ekip biçmek; *cultura* ise, ilginç bir biçimde Türkçe'deki "ekin" karşılığında kullanılıyordu. "Culture" sözcüğünü, insan zekâsının oluşumu, gelişimi, geliştirilmesi ve yüceltilmesi anlamında ilk kullanan ünlü yazar ve filozof kıvrak zekâsı ile ünlü Voltaire'dir. G. Klemm, İnsanın Genel Kültür Tarihi adlı on ciltlik eserinde "cultur" sözcüğünü uygarlık ve kültürel evrim karşılığında kullanmıştır.

Özetlenecek olursa, kültür sözcüğünün dört ayrı anlamda kullanıldığı görülür. Diğer yapılan tanımlar ise, bu dört ayrı anlama alt başlıklar halinde dahil edilip açıklanabilirler.

1. Bilim dahilinde kültür, "uygarlık"tır.
2. Beşeri anlamda kültür, "eğitim sürecinin ürünü"dür.
3. Estetikte kültür "güzel sanatlar"dır.
4. Maddi (teknolojik) ve biyolojik alandaki kültür, "üretme, tarım, ekin, çoğaltma ve yetiştirme"dir.

Görebileceğiniz gibi kültür, ekin diyerek geçiştirilemeyecek kadar ayrıntılıdır! Bu 4 bileşeni ve fazlası aracılığıyla insana her şeyi kazandırmıştır. İnsan, biyolojiden ve kültüren bağımsız olarak düşünülemez. Nasıl ki canlılık jeoloji, kimya ve biyoloji gibi basamaklardan geçerek varlık bulmuştur; insan da biyolojik temeller üzerine inşa edilmiş kültürün bir ürünüdür. Davranışlarımızın, duygularımızın, düşüncelerimizin, ürünlerimizin özünde biyolojik tarihimizin yanı sıra, kültürel geçmişimizin izlerini bulmak da mümkündür. Dolayısıyla eğer ki evrimsel biyoloji canlılığın birbiriyle ilişkisini ve insanın bu devasa Evrim Ağacı üzerindeki yerini ve diğer türlerle ilişkisini anlama bilimiyse, arkeoloji bu ağaç üzerinde insana ait dala yakından bir göz atma imkânını bize sunan bilim dalıdır diyebiliriz. Çünkü arkeoloji, biyolojiden aldığı ilkeleri insan tarihine uygulayarak, kültürel evrim dediğimiz bir üst seviyedeki evrimsel değişimi tanımlamamızı mümkün kılmaktadır.

KÜLTÜREL EVRİM SADECE BİR TEORİ MİDİR?

Evet, kültürün evrimi sadece bir teoridir ve teori olarak da kalmaya devam edecektir. Yeri gelmişken, bir türlü anlaşılamayan, halbuki anlaması son derece basit olan şu sorunu da çözelim ve konuyu netleştirelim:

Bilim dilindeki "teori" nedir? Bunun için dünyanın en saygın bilim kurumlarından birisi olan Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi'ne veya dünyanın en saygın felsefe oluşumu olan Stanford Felsefe Ansiklopedisi'ne bakmak, spekülasyonları bilim diline sokma sahtekarlığını ve gerçeği en iyi açığa çıkaracak yollardan biri olacaktır.

Teori, bilim felsefesinde ve bilimde şu anlama gelir: Doğal dünyanın bir kısmını açıklamaya yönelik bilimsel yöntemler kullanılarak elde edilen veriler bütününden oluşan ve gözlemler ile deneyler aracılığıyla tekrar tekrar test edilerek doğrulanmış (veya tüm çabalara rağmen yanlışlanamamış), sağlam temellere oturtulmuş bir açıklamadır. Teorinin bilimdeki resmi tanımı budur. Aslında Türk Dil Kurumu bile, her ne kadar 3. sıradan verse de, kuram (teori) tanımını son derece isabetli bir şekilde yapabilmektedir: *"Sistemli bir biçimde düzenlenmiş birçok olayı açıklayan ve bir bilime temel olan kurallar, yasalar bütünü..."*

Evrim Kuramı ve Mekanizmaları isimli kitabımızda da net bir şekilde açıkladığımız gibi, bilimsel teoriler etrafımızda süregelen olay ve olguların "neden" ve/veya "nasıl" meydana geldiklerini açıklayan bilgiler bütünüdür. Hiyerarşik olarak kanunlardan aşağıda değillerdir; tam tersine, TDK'nın ilginç (ve kimi zaman beklenmedik) bir şekilde doğru yaptığı tanımda da gördüğümüz üzere kanunları kapsayan, onlardan daha açıklayıcı, güçlü ve bütünleştirici açıklamalardır. Çünkü bilimde "kanun" veya "yasa" olarak söz ettiklerimiz, etrafımızda süregelen, çoğu zaman kendini tekrar eden olay ve olguların "ne" olduklarının ifadesinden ibarettir. Bize pek bir bilgi vermezler, sadece süregelen olaylara dair gözlemlerimizi ifade ederler.

Hal böyleyken, neden insanlar teorilerin zayıf, temelsiz, henüz yeterince ispatlanmamış açıklamalar olduğunu düşünmektedirler? İki sebeple: Birincisi, ülkemizde berbat bir eğitim sistemi bulunuyor ve içeriğindeki bilgilerin önemli bir bölümü hatalı, eksik ya da gerçekleri saptıran nitelikte... İkincisi ise, asırlardan beri süregelen dil evrimi dahilinde, halk arasındaki "teori" sözcüğünün anlamının, bilimdekinden farklı olacak biçimde evrimleşmesi...

Halk arasında teori, kabaca şöyle bir anlama sahiptir: Bir açıklama olarak ileri sürülmüş olan hipotez; dolayısıyla sadece bir hipotez, spekülasyon, varsayım; bir şey hakkında fikir veya fikirler kümesi; kişisel bir görüş veya kanı... Bunların hiçbiri, bilimdeki "teori" sözcüğünün anlamını karşılamaz. Halk arasındaki "teori" sözcüğünün anlamı, bilimdeki "hipotez" sözcüğü ile kabaca aynı anlama sahiptir (ki bu bile yanlış anlaşılmalara neden olabilecek bir iddiadır).

Dahası, okullarda inatla öğretilmeye devam edilenin aksine, "hipotezler ispatlanınca teori, teoriler daha da ispatlanınca kanun" olmazlar. Hipotezler teorilerin inşasında kullandığımız araçlardır. Onları test eder ve doğru olduğuna kanaat getirdiklerimizi bir araya getirerek eldeki kanunların "neden" ve "nasıl"

olduklarını açıklarız. Böylece teorilerimiz güçlenir, değişir, gelişir. Eğer ki teorilerimize farklı açılardan yaklaşmamızı sağlayan hipotezler, teorimizin hatalı olduğuna dair sinyaller vermeye başlarsa, bu durum da teorinin evrimleşerek daha doğru bir hale gelmesini sağlar. Çünkü bir teori, eskiden doğrulanmış ve doğruluğu halen geçerli olan hipotezler ile, yeni hipotezlerin kattığı bilgilerin tümünü, bir bütün olarak açıklamak zorunda olan kavramlardır. Örneğin Evrim Teorisi veya Kuantum Teorisi, bunu başarıyla yapabilen, bilim tarihinin gördüğü en güçlü bilimsel açıklamalar arasında yer almaktadır.

Dolayısıyla "teori" sözcüğünün bilimsel anlamı ve tanımı üzerinden giderek kültürel evrimin gerçekliği tartışmaya açılamaz. Kültürel evrim, evrimsel biyolojinin vazgeçilmez parçalarından birisidir. Fizikle başlayan evren, astronomik ve kozmolojik bir evrimden geçerek yıldızları, galaksileri, gezegenleri oluşturmuştur. Bunların bazılarında yaşanan jeolojik evrim, gezegenlerin üzerinde bulunan kimyasalların sıradışı bir sürece girmesine neden olmuştur. Jeolojik süreçlerin attığı temel sayesinde kimyasal bir evrim sürecinden geçen moleküller, canlılığın temellerini atmış ve böylelikle biyolojik evrimi başlatmışlardır. Biyolojik evrimin 4 milyar yıllık süreç sonrasında en azından dünyada üretmeyi başardığı insanlık, kendisine ait bir kültür inşa etmiştir. Bu kültürün değişimi, dönüşümü, gelişimi ise kültürel evrimin konusudur. Görüleceği gibi, bilimde her bir parça diğerini bütünlemektedir. Bu son derece beklenirdir, zira evren de, tıpkı arkeoloji gibi "eşiksiz"dir. Evrende de sıçramalar bulunmaz; her parça, kendisinden önce gelen diğer parçaların bir devamıdır. Bilim dalları da, bu parçaları ayrı ayrı inceleyip, sonrasında bir bütün olarak birleştirebilme ve analiz edebilme işidir.

Sürecin bu kesintisizliği, arkeologları ve genel olarak bilim insanlarını, biyolojik evrim ile kültürel evrim arasında benzetmeler yapmaya zorlar. Bu durum, oldukça faydalı çıkarımları da beraberinde getirir. Etoloji bölümünde de değindiğimiz gibi Amerikalı psikolog James Baldwin, doğal seçilimin sadece bir biyoloji gerçeği olmadığını; yaşam ve zihin bilimlerinin tamamına uygulandığını söylemiştir. Bu söylem, evrensel boyutu olan çok renkli Darwinciliğin[7] ilk versiyonlarından birini temsil eder. Bireylerin taklit yoluyla toplumdan öğrenmesini, kendi icadı bir terim olan "sosyal kalıtım" ile açıklamıştır. Bundan önemlisi, kültürel evrimi inceleyen bilim insanları, genlerin kalıtımı, değişimi ve evrimine oldukça benzer özellikler gösteren "kültür parçaları" tespit etmişlerdir. Kitabımızın bu bölümünde, arkeolojik analizlerin de özünde yatan bu kavrama değinmekte fayda görüyoruz.

7 Darwinizm (Darwincilik) her ne kadar günümüzde bilim düşmanları tarafından sanki "bilimsel bir dinin" ismiymiş gibi kötülenmeye çalışılsa da, aslında Charles Darwin tarafından ileri sürülen temel Evrim Kuramı'nın bir diğer ismidir. Darwin'den bu yana Evrim Kuramı son derece dallanıp budaklanmış, birçok yanal teoriye dallanmış, oldukça gelişmiştir. Ancak özünde, basit çeşitlilik-seçilim döngülerinden doğan adaptasyonlara bağlı olarak evrimleşme süreci yatmaktadır. İşte "Darwinizm", bu temel adaptasyoncu evrim anlayışına işaret etmek için bilim dilinde kullanılan bir sözcüktür.

MEMLER VE MEMETİK / KÜLTÜREL EVRİM

İnternetin her eve, her cebe girmesiyle birlikte çok sayıda yepyeni deyim, sözcük, kültür parçası, fikir, dans, müzik, video ve benzeri ürün toplumu adeta bombardıman altında tutmaktadır. Günümüzde yeni meşhur olan şeylerin neredeyse tamamı internet sayesinde meşhur olabilmektedir. Harlem Shake dansı, Frozen filminin *Let It Be* isimli müziğinin coverları, Chuck Norris'e ait sahte gerçekler, herkesin Perşembe günleri geçmişten bir fotoğraf paylaştığı Throwback Thursday, Gangnam Style, Tumblr'ın suratsız kedisi Tardar Sauce, Buz Kovası Mücadelesi (Ice Bucket Challenge), Kim Kardashian'ın poposu (doğal seçilim doğurganlık açısından kum saati biçimindeki dişi vücutlarını kayırmaktadır!), film kesitlerinin üzerine komik laflar yazarak paylaşılan fotoğraflar ve daha nicesi...

Bunların hepsi birbirinden çok farklı alanlarda meşhur olsalar da, hepsinin tek bir ortak noktası vardır: Onları popüler yapan internettir. Bunların bir kısmı toplumda kendine yer edip haftalarca, aylarca hatta bazen yıllarca varlığını sürdürür. Bazı diğerleri ise, kısa bir süre birkaç günde sönüp yok olur. Şubat 2015'in sonunda 1-2 günlüğüne tüm dünya çapında meşhur olup yok olan "mavi-siyah elbise", Nisan 2015'te neredeyse 1 hafta boyunca tüm interneti kasıp kavuran ve Singapur'daki bir sınavda sorulduğu iddia edilen "doğum günü sorusu", birkaç haftalığına gündemde kalmayı başaran Britain's Got Talent programı katılımcılarından Susan Boyle, aylarca gündemden düşmemeyi başaran "Charlie Bit My Finger" ("Charlie Parmağımı Isırdı") videosu veya bu kitabın yazıldığı daha yakın zamanlarda, taktığı gülen Chewbacca maskesiyle Facebook'un Canlı Yayın özelliğini kitlesel başarıya taşıyan Candace Payne bunun güzel örneklerinden sadece birkaçıdır. Hepsi, geçici internet sansasyonları olarak kendilerine kısa veya uzun bir yer bulabilmiş unsurlardır. Bunların bir diğer ortak özelliği ise, hepsinin birer "mem" olmasıdır. İyi ama, mem nedir?

1976 yılında İngiliz evrimsel biyolog Richard Dawkins, *Bencil Gen* isimli kitabında bir fikir ileri sürmüştür: Ya fikirler de, tıpkı organizmalar gibi, çoğalıp, mutasyon yoluyla farklılaşıp, evrimsel bir süreçten geçiyorsa? Tıpkı organizmaların bulundukları yaşam alanlarına adapte olmaları ve o çevreyle birlikte evrimleşmeleri gibi, ya fikirler de içinde bulundukları toplumda ayakta kalmaya çalışıyor ve onlarla birlikte evrimleşiyorsa?

Kültürümüzü ve toplumumuzu bir düşünün. Gerçekten de her türlü fikir, birilerinin beyninde doğduktan sonra topluma yayılır, yani çoğalır. Bu yayılma sırasında ufak tefek değişimlere uğrar; yani mutasyonlar meydana gelir. Bu mutant fikirlerden bazıları, kendisini oluşturan öncül fikirlerden daha da başarılıdır. Bu başarı, toplum içinde kendine yer etme ve sürerliliği sağlama çerçevesinde değerlendirilir. Daha çok yer edinenler, daha başarılıdır. Daha başarılı fikirler, toplumda varlığını daha uzun sürdürür. Toplumda daha uzun varlığını sürdüren fikirler, daha fazla yayılma imkânı bulur ve kendilerinin kopyalarını üretir. Bu sırada mutasyonlar meydana gelir, fikir her seferinde birazcık fark-

lılaşır, topluma en uyumlular "hayatta kalırlar", tekrar "ürerler" ve bu sürekli böyle devam eder. Bu, adeta kültürün evrimidir. Bu, "kültürel evrim"dir.

Dawkins'in araştırmaları büyük oranda genetik odaklıdır. İddiasının temelinde, yaşamın tamamının özünün üremeye dayalı olduğu fikri yatar. Yaşam birimleri olan genler, ne pahasına olursa olsun üremeyi ve çoğalmayı hedeflerler. Bunu bilinçsiz olarak yaparlar; ancak yine de yaparlar. Ona ve bazı diğer bilim insanlarına göre organizmalar (örneğin biz insanlar), genlerin kendilerini kopyalayabilmek için kullandıkları araçlardır. Tıpkı çeşitli arazilerde hayatta kalabilmek için farklı tür araçlara ihtiyacımız olması gibi (denizde gemiler, arazide ATV'ler gibi), genler de evrimsel süreçte farklı çevrelerde hayatta kalabilmek için sürekli seçilim baskısı altında kalmış, en uyumlular seçilmiş, bu uyumluların özelliklerinden ötürü canlılar da kademeli olarak ve sürekli değişmiştir. Bu, Evrim Teorisi dahilindeki Bencil Gen Teorisi isimli bir alandır.

Fikirlerin de benzer bir şekilde "konaklarını" (o fikri barındıranları) yönetmesi, onlarla birlikte değişmesi, beyinden beyne sıçraması, bu bakımdan genlerimizin yaptığına büyük oranda benzemektedir. İşte bu hayatta kalma mücadelesi veren fikirler (ve genel olarak "şey"ler), "gen" değil de, "mem" olarak isimlendirilir. Bu, kültürün evriminin ilk defa bu kadar kapsamlı ve net olarak evrimsel temelde tanımlanmış halidir.

Memler, genlerin aksine hayatta kalmak için kimyasal bir ortama ihtiyaç duymazlar. Basitçe, birilerinin beyninde doğarlar, sonrasında bir bireyden diğerine iletişim araçlarını kullanarak sıçrarlar, yayılırlar ve değişmeye başlarlar (aslında bu bakından bir "beyne", dolayısıyla biyolojik ve kimyasal bir ortama muhtaç oldukları düşünülebilir). Bu yayılım sırasında dikkat çekmek için mücadele ederler. Bu mücadele, illa "bayat" bir mücadele olmak zorunda değildir (örneğin belli bir sanatçının popüler olmak için zorlama bir klip çekmesi gibi). Yeni bir tasarım (örneğin Tesla Motors'un ürettiği tam elektrikli araçlar), yeni bir fikir (SpaceX'in tekrar tekrar kullanılabilir şekilde bizi uzaya çıkarabilecek roketler inşa etme hayali) ve hatta bilimsel teorilerin (örneğin Evrim Teorisi) var olmak için verdikleri mücadele bunun örnekleridir.

Fikirlerin bazıları, diğerlerine göre daha başarılıdır. Bu kıyaslamayı her zaman yapmak kolay olmayabilir. Örneğin, bir futbol takımıyla ilgili bir fikir ile, bir kimya teorisini başarı açısından birbiriyle kıyaslayamayabilirsiniz. Bu, biyolojide de böyledir: Bir çıtanın başarısı ile deniz anasının başarısını doğrudan kıyaslamak mümkün değildir. Bu nedenle evrimsel biyologlar, hayatta kalarak bugüne kadar ulaşabilmiş her türü, hemen hemen eşit miktarda başarılı türler olarak görürler. Memler de böyledir: Bazı fikirler, gerek içlerinde taşıdıkları doğruluk miktarı, gerek bulaşıcılık miktarı, gerekse de özel durumlara uyum sağlayabilme becerileri sayesinde toplumda diğerlerine göre daha fazla tutunurlar. Dikkat edilmesi gereken şey, "başarılı bilgi"nin "doğru bilgi" olmak zorunda olmayışıdır. Bu üzücü bir durumdur, çünkü çoğu sefer yalanlar, saptırmalar, hileler; doğrulara göre toplumlarda daha fazla yer edinirler. Çünkü genellikle

bunlar, insanların "duymak istedikleri" şeylerden oluşurlar. Bu da, yalan temelli fikirlerin daha adaptif ve güçlü olmasını sağlar. Bu da, onların evrimsel başarısıdır. Örneğin hiçbir bilimsel alt yapısı olmayan alternatif tıp, astroloji, kuantum iyileşme teknikleri gibi nice uydurma kavram, modern bilimin gerçeklerine (evrim, iklim değişikliği, vb.) nazaran halk arasında çok daha kolay kabul edilmekte ve "gerçekmiş gibi" el üstünde tutulmaktadır.

İşte Dawkins, tüm bunları ve çok daha fazlasını anlatmak için, bir sözcüğe ihtiyaç duyuyordu. Öncelikle "mimime" sözcüğünü kullanmayı düşündü. Bu, Yunancada "çoğalmış/üremiş olan şey" anlamına gelir. Fakat bu birazcık uzundu ve akılda kalması da çok kolay değildi. Nihayetinde bu yeni kavram için seçtiği sözcüğü neden o şekilde seçtiğini kitabında şöyle anlatmaktadır:

"Umarım benim klasikçi arkadaşlarım bu sözcüğü ['mimime' sözcüğünü] kısalttığım için beni affedebilirler. Ben, 'mimime' yerine, 'mem' diyorum. Eğer bir teselli aranıyorsa, bu yeni sözcüğün Fransızcada 'hafıza' anlamına gelen 'même' ile benzer olduğu düşünülebilir."

Bu kısaltmanın nedeni, tek heceli bir sözcüğün hem akılda kalıcılık, hem de "gen" sözcüğüne benzemesinden ötürü daha uyumlu olacağını düşünmesiydi. Yani anlayacağınız bu sözcüğün türeyişi bile, kültürel (memetik) evrimin bir ürünü olacak şekilde seçildi: Daha yüksek akılda kalıcılık ve daha kolay yayılma potansiyeli gözetildi!

Elbette Dawkins, "mem" kavramını ve memetik evrimin detaylarını ileri sürerken, sadece günümüzde internet üzerinden yayılan komik fotoğrafları kastetmiyordu. Ancak bu fotoğraflar ve daha önceden sözünü ettiğimiz diğer paylaşım biçimleri, kullanışlı olmaları, internet akımlarının önemli bir parçası olmaları ve insanlar tarafından beğenilmeleri bakımından memlerin harika birer örnekleridir. Her ne kadar memetik evrime karşı çıkan birçok bilim insanı olduysa da, toplumun ve kültürün modern evrimi bakımından birçok noktayı açıklayıcı ve aydınlatıcı bir özellikte olma potansiyeline sahip olduğu aşikardır.

Memlerin geçerliliğini ilginç bir araştırma da doğruladı. Araştırma, memlerin yayılmak için kullandığı en önemli araçlardan biri olan Facebook tarafından yapıldı. Araştırmanın yapıldığı dönemde meşhur olan "memler" arasında ABD eski başkanı Barack Obama'nın büyük ses getiren "Obamacare" projesi ve ve Miley Cyrus isimli sanatçının "popo sallama dansı" (twerk) meşhurdu. Araştırma da, bu gibi memlere odaklanıyordu. Araştırmanın sonucu oldukça ilginç bir bulguyu ortaya koyuyordu:

"Tıpkı bazı genetik mutasyonların belirli çevrelerde avantaj sağlaması gibi, mem mutasyonları da farklı toplumsal birimlerin inançları ve kültürlerine uyacak ve yayılacak şekilde varyasyonlar oluşturabilir."

Örneğin, Obamacare (resmi adıyla Affordable Care Act – Düşük Maliyetli Bakım Yasası) isimli sağlık sigortası programını destekleyen bir Facebook görseli ve durum iletisi olarak paylaşılan şu memi ele alalım:

"Kimse sağlık hizmetlerine erişemediği için ölmemelidir. Kimse hasta olduğu için maddi çöküntüye (iflasa) uğramamalıdır. Eğer buna katılıyorsanız, gün boyunca bu iletiyi yayınız."

2009'un Eylül ayı içinde 470 bin Facebook kullanıcısı, yukarıdaki iletiyi birebir olarak paylaştı. Ancak toplama bakıldığında, 1.14 milyon Facebook kullanıcısının, aynı mesajın 121.605 farklı varyasyonunu paylaştığı tespit edildi! Bunlar arasında Star Wars hayranları tarafından paylaşılan şu mesaj da bulunmaktaydı:

"Kimse Jabba the Hut'a parasını ödeyemediği için karbonit içinde donmaya mahkum edilmemelidir.[8]*"*

Peki bu neden böyledir? Çünkü insanlar memleri bükerek kendi hitap ettikleri kitleye uyumlu hale getirirler. Bunun arka planında elbette orijinal mesajla alay etmek ya da başkalarının önem verdikleri şeylerli tiye alma merakı gibi davranışsal güdüler de bulunabilir. Ancak en nihayetinde taklitlerin yayılımı bile, asıl mesajın kendine yer bulmasına ve toplumda etkiye yol açmasına katkı sağlar.

Bu da, bize memetik evrimin biyolojik evrim ile ortak olan bir başka noktasını göstermektedir: Evrimleşmeye daha yatkın olan popülasyonlar, daha kapalı olan popülasyonlara göre evrimsel süreçte, uzun vadede daha başarılı olacaklardır. Benzer şekilde, evrimleşmeye ve değiştirilmeye açık olan memler, muhtemelen tekil ve değişime pek açık olmayan memlere göre daha uzun süre varlıklarını koruyacak ve toplumun daha geniş bir kesimine yayılabilecektir. Yapılan analizler, Obamacare ile ilgili paylaşılan bu bildirimlerin Dawkins ve Malcolm Gladwell gibi bilim insanlarının savundukları teorilerle birebir uyumlu olduğunu göstermektedir.

Josh Constine tarafından yazılan Stanford Üniversitesi Sibersosyoloji Yüksek Lisansı Tezi'nde belirtildiği gibi, farklı şekillere sokulabilen memlerin paylaşılma miktarı daha fazla olmaktadır. Eğer ki bir memin değiştirilebilir parçalardan oluşan net bir şablonu varsa (yani bir nevi "modüler" ya da "parçalanabilir" yapıdaysa), insanlar kendilerine göre bunu nasıl değiştirebileceklerini kolayca bilirler. Böylece, değiştirilmiş versiyonlarını paylaşma ihtimalleri artar. Bu da, orjinalin farkındalığının artmasına neden olacaktır. Bunu, Harlem Shake veya Gangnam Style gibi birçok farklı internet meminden görebiliriz.

Facebook gibi sosyal ağlar için, bir memin nasıl evrimleştiğini anlamak daha yeni içerikler görebilmemizi sağlayacaktır. Ana sayfamızda tekrar tekrar aynı memin paylaşımlarını tekrar görmektense, Facebook algoritmaları amaçlı olarak mutasyona uğramış varyasyonları göstermeyi sağlayabilir. Örneğin sürekli Obamacare'ı görmektense, şöyle bir şeyi görmeyi tercih edebilirsiniz:

8 Bilmeyenler için, sözünü ettiğimiz bu "mutant mem", Star Wars'un Harrison Ford tarafından canlandırılan ve çok sevilen karakteri Han Solo'nun, borçlu olduğu Jabba the Hut isimli "kötü" karaktere parasını ödeyememesi sonucu "karbonit" adı verilen bir kimyasal kullanılarak dondurulmasına göndermede bulunuyor.

"Kimse sırf Miley Cyrus'ı sürekli radyoda duymak zorunda kaldığı için twerk[9] yapmak zorunda bırakılmamalıdır. Eğer ki buna katılıyorsanız, lütfen gün boyunca, dilinizi güvenle ağzınızın içinde tutunuz."

Dolayısıyla, görebileceğiniz gibi, sağlık sigortası gibi son derece ciddi konular bile, dönemin meşhur paylaşımlarına tutunarak kendilerini yaymak adına şekilden şekle girebilmektedirler. Bu sayede, adeta bir virüsün konağıyla birlikte hareket ederek başka yerlere yayılabilmesi gibi, konuya ilgi duymayan kitlelere bile bu bilgiler ulaşabilmektedir.

Kültürü elbette ki sadece internet memlerine indirgemek doğru olmayacaktır. Ancak unutmayınız ki memler, internetteki bilgi kırıntılarından çok daha fazlasıdır. Bir mem, herhangi bir alanda, herhangi bir insanın geliştirdiği, herhangi bir fikirdir. Dolayısıyla memetik evrim, hayatımızın her alanını sarmış haldedir.

Bu noktada memler aracılığıyla kültürün evriminin nasıl gerçekleştiğini öğrenmiş bulunuyoruz. Şimdi birkaç adım geriye gidelim ve türümüzün "kültür" dediğimiz olguyu nasıl inşa ettiğini ve ondan nasıl etkilendiğini ele alalım. Unutmayınız ki kültür, insana özgü bir özellik değildir; ancak kültür, insan ile vücut bulmuş, son derece karmaşık bir sistemdir. Dolayısıyla onu anlamak için, kültüre giden yolu takip etmemiz gerekmektedir.

KÜLTÜRE GİDEN YOL TASARIM ÜRÜNÜ DEĞİLDİR!

Evrim tarihi, kendi edebiyatını ve sanatını oluşturmuş bir tarihtir ve bu tarih, günümüzün gerçek bilimsel eğitim süzgecinden geçmemiş yorumlara tamamen kapalıdır. Çünkü bu birikim, yalnızca bu sahada eğitim almış gözlerce anlaşılabilir, yorumlanabilir ve değerlendirilebilir. Aksi takdirde kaçınılmaz olarak hatalı, eksik ve çarpık yorumlar ortaya çıkacaktır. Çünkü elimizdeki birikimin belki de en önemli özelliklerinden biri, kaotik ama kendini tekrar eden yapıda oluşudur. Bu kendini tekrar eden döngüyle süregelen kaotiklik, evren içinde ve dünya bazında (arkeoloji açısından bizi ilgilendiren şimdilik Dünya gezegenidir) kendine has dans motifleri ile işlemiştir. Evrim tarihini, bir türü izleyen bir başka türün tarihi olarak yorumlamak, dans esnasında partnerinizin ayağına basmak gibidir; çünkü partnerinizin ayağına basmanız ile dans sanatının içindeki birçok özelliği darmadağın etmiş olursunuz. Ayağa basmak, tesadüften daha ziyade iyi anlaşılamamış dans kurallarından kaynaklıdır. Evrim tarihinin bilimsel analizi de bir bakıma böyledir. Evrene bakıp da kusursuz bir düzen görmek, anlaşılamamış evren kurallarından kaynaklanır. Evrimsel biyoloji ve onunla birlikte çalışan bilim dallarının tümü tesadüfleri değil, anlaşılır türden ama önceden tasarlanmamış nedenleri, döngüleri, kuralları ortaya koyar.

9 Yine, bilmeyenler için, bu memin sözünü ettiği Miley Cyrus, daha önce de sözünü ettiğimiz gibi poposunu hızlıca yukarı aşağı sallamak suretiyle yapılan twerk isimli dansı meşhur etmiş kişidir. Bir aralar bu dans öylesine popülerdi ki, her 2-3 paylaşımdan birinde görmek mümkündü. Ayrıca Cyrus'u meşhur kılan bir diğer hareket, tuhaf bir uzunluğa sahip olan dilini ağzında tutamayışı ve sürekli dışarıya çıkarıp acayip acayip pozlar vermesiydi.

Arkeolojiyi ilgilendiren birçok kitap ve sözüm ona arkeoloji dersi, *Homo sapiens*'ten ve *Homo erectus*'tan bahsederken şöyle der: *"Bakın bakın! Homo erectus, Homo habilis'ten daha fazla evrimleşmiştir. Hatta dişleri de daha fazla bizim dişlerimize benziyor!"* Bu gibi tanımların nedeni kural bilmemezliktir (ve tabii laf aramızda, bilinçli kural ihlalleri de bilim düşmanları arasında oldukça fazladır). Tanımların günümüzün bakış açısıyla süslenmiş olmaları, kimi akademisyenlerin ve yazarların iddia ettiğinin aksine, onları daha anlaşılır kılmaz. Anlaşılır olması için hatalı verilen bilgi, hiç verilmeyen bilgiden daha iyi değildir. Her ne kadar biz, kendi zamanımızın ve türümüzün bakış açısından bakarak atalarımızı "daha az gelişmiş" görüyor olsak da, *Homo habilis* de kendi zamanının doğal ortamına uyum sağlayıp hayatta kalmaya çalıştığı için, günümüzün bakış açısını samimi bulmayacaktır. Bir diğer deyişle her canlı, kendi zamanının şartlarında değerlendirilmelidir. Uyum süreci süreklilik arz ettiğinden dolayı da, *Homo habilis* de asla "tam olarak tamamlanmış" veya "biraz eksik" değildir. *Homo erectus*'un *"Ben bir gün Homo sapiens olacağım/olmalıyım"* gibi bir gayesi hiç bulunmamıştır.

Bu tanımlar, evrimin nihai bir amacı, mükemmel bir hedefi, bir "son durağı" olduğuna dair saplantılı, sanrılı ve hatalı bir algıya dayanmaktadır. Halbuki böyle bir şey söz konusu değildir. Hiçbir tür, nesnel bir şekilde tamamlanmış, nihai, son değildir. Biz anatomik olarak modern insanlar da (*Homo sapiens*) böyle değiliz. Biz insanlar, tamamlanmış bir proje değiliz. Yaşam alanına uyum sağlamaya çalışan bir hayvan türünden ibaretiz. Tıpkı var olmuş, var olan ve var olacak diğer tüm türler gibi!

Hemen yeri gelmişken izah edilmelidir: *Homo sapiens*'in ("modern insan") Türkçeye çevrilmesi sırasında kullanılan "modern" sözcüğü, içinde yaşanılan çağda var olan, "çağdaş" (ortak bir çağı paylaşan) anlamına gelmektedir. *Homo sapiens*, şu anda içinde yaşadığımız çağda bulunan bir tür olduğu için bu şekilde isimlendirilmektedir. "Modern" sözcüğünün "daha gelişmiş" anlamındaki kullanımı dile sonradan yerleşmiştir. Dolayısıyla tanıdığımız en basit yapılı bakterilerden biri olan *Mycoplasma genitalium,* bizim türümüz olan *Homo sapiens* kadar moderndir. Daha fazla ya da daha az değil. Günümüzde (bulunduğumuz çağda) varlığını sürdürmeyi başarabilmiş her canlı türü "modern"dir.

Her tür, kendisiyle aynı çağda yaşayan (onunla "çağdaş" olan, onun kadar "modern" olan) aynı gelişmişlik düzeyindedir. Bu durum, arkeoloji çerçevesinde bolca incelenen kültürel evrimde de sıklıkla kullanılan, evrimle ilgili çok temel bir gerçeği gözler önüne sermektedir: Aynı çağda var olan hiçbir tür, o çağdaki bir diğer türe evrimleşmez. Böylece yeri gelmişken, evrimsel biyoloji gibi insanlık tarihinin en önemli bilim sahalarından birisini; insanların, insanlar gibi modern bir tür olan şempanzelerden evrimleştiğini indirgeyen zihniyetin iddialarını da çürütmüş olalım. Çağdaş türler birbirlerine evrimleşmezler! Kimi zaman torun türler ile ata türler bir arada yaşıyor olsa da, birbirinden milyonlarca yıl ile ayrılmış türlerin birbirinin atası veya torunu olduğunu iddia etmek akıl dışıdır. Evet,

Antropoloji bölümünde gördüğümüz gibi, insan maymunlardan evrimleşmiş bir kuyruksuz maymun türüdür; ancak evrimleştiğimiz bu maymunlar şempanzeler, goriller, orangutanlar veya diğer modern maymunlar değildir!

Özetle; günümüzden geçmişe (geriye) doğru uygulanacak olan bir kronoloji var olan tüm türleri öncelikle sudaki ilk koaservatlarda (cansızlıktan canlılığın evriminde ortaya çıkan en ilkel canlı formlarında) buluştururken, daha da geriye gidilecek olursa tüm varlığın yapıtaşları olan yıldız tozlarına ulaşmamızı sağlar. Günümüzden geleceğe (ileriye) doğru takip edilecek bir kronoloji ise, önceden tasarlanmamış/belirlenmemiş çeşitliliğin sürekliliğine ve evrimine kapı aralar. Böylece yıldızların bizleri meydana getirmek için oluşmadıklarını; ama canlılığı üretebilecek kapasiteye sahip her gezegenin oluşmasında zorunlu bir parça olduklarını anlarız. Benzer şekilde, kültüre giden yolu geriye doğru olan kronolojide takip ettiğimizde, bu karmakarışık sürecin çok sayıda kavşaktan geçerek günümüze kadar ulaştığının farkına varır, insan atalarının *"Kültür üretelim!"* amacıyla tasarlanmış bir yolu takip etmediklerini anlarız.

Kültüre giden yol, önceden tasarlanmış değildir. Toplumların içinde aktığı süreç içinde şekil bulur, gelişir, yükselir, çeşitlenir ve bir kısmı nihayetinde yok olur, diğer bir kısmı ise varlığını sürdürerek gelecek kültürlerin temelini atar. Tıpkı biyolojik türlerin, zaman içindeki yolculuklarında olduğu gibi... Şimdi gelin insanın kültürel evrim yolculuğuna, arkeolojinin gözünden kısa bir bakış atalım.

AĞAÇ KÜLTÜRÜ'NDEN, OSTEODONTOKERATİK KÜLTÜR'E...

Önce ağaç dallarını salladık. Ağaç dallarını ve ağaçtaki meyveleri kendimizi savunmak için kullandık. Böylece belki de ilk defa sadece fiziksel görünümümüzü kullanmanın ötesinde, çevremizde bulunan aletleri de kullanarak karşı cinsiyeti etkilemeye çabalamaya başladık.

Konuya başlamadan önce, şu soruyu sormak zorundayız. Çünkü alet kültürü evriminin anlatımı boyunca takip edebileceğiniz konulardan biri de bu olacak. Biyolojik evrimi, taş alet evrimine uyarlayarak şöyle diyebilir miyiz: Nasıl ki "ilk insan" hiç var olmamıştır[10] o halde "ilk Osteodontokeratik[11] Kültür alet", "ilk Oldowan Kültür alet" ve "ilk Aşölyen Kültür alet" de hiç var olmamıştır.

10 Evrimsel biyolojide türlerin "ilk bireyleri" bulunmaz. Çünkü hiçbir tür, sadece 1 nesilde bir diğer türe evrimleşmez. Hiçbir *Australopithecus* bireyi, bir *Homo* bireyini doğurmamıştır. Türler arasında yumuşak geçişler olduğu daha önceden açıklanmıştı. Evrimsel süreçte eşikler ve sıçramalar olmadığı için, bir türün ilk bireyinden de söz edilemez. Evrimleşen bireyler değil, popülasyonlardır ve bu evrim 1 nesilde değil, yüzlerce ve binlerce nesilde gerçekleşir. Dolayısıyla "ilk insan" diye bir şey asla var olmamıştır.

11 Avustralyalı antropolog Raymond Arthur Dart tarafından ortaya atılmış olan, insanın erken atalarından kimi türlerin fosilleşmiş kalıntıları çevresinde, herhangi bir alet kalıntısı bulunmamasını, alet kullanmamış olmalarına değil, kemik (osteo), diş (dento) ve boynuz (keratin) gibi organik hammadde ile alet yapmalarına dayandıran görüştür.

Biyolojik evrimde olduğu gibi, kültürel evrimde de "ilk"lerden değil, "ilkin"lerden (veya "ilksel"lerden) bahsedebiliriz. Çünkü unutmayın(!) Evrimde olduğu gibi, kültürde de geçişler kesintili, sıçramalı ve eşiklere dayalı değildir. Tamamen yumuşak, kademeli ve takip edilebilirdir. Öyle ya, narin yapılı *Australopithecus*'u erken *Homo* türlerinden ayırt edemiyorsak, erken Aşölyen aletleri de geç Oldowan aletlerden ayırt edemeyiz; çünkü Aşölyen aletler, Oldowan aletlerlerden evrimleşmiştir. Arkeolojiyle aşina olup da evrimsel biyolojiyle pek içli dışlı olmayanlar için bu aslında oldukça kışkırtıcı bir önermedir. Ancak belki de bu kitapta arkeolojiye ayrılan kısmın asıl kışkırtıcılığı da bu söylemimizden ileri gelecektir.

Bu noktada vurgulanması gereken bir diğer zorunluluk ise, *Australopithecus*'un (ve bize kadar gelecek soy hattındaki diğer tüm atalarımızın), dinozorları ve dönemin tüm türlerinin %75'ini yok eden Kretase Yok Oluşu'ndan sağ kurtulmuş memeli ataların torunları oldukları gerçeğidir. Evet, yaşanan felaket memeli atalarımızın bir kısmını aşırı parlama nedeniyle kör etti, hatta bir kısmı belki de güçlü patlama nedeniyle sağır oldular, önemli bir bölümü ise tıpkı dev dinozorlar gibi alev ve kül içinde yanarak yok oldular; ama içlerinden bazıları üremeye ve yeni doğal ortamlara uyum sağlamaya devam ettiler. Birçok memelinin, dinozorların aksine ufak ve sıcakkanlı canlılar olması, aşırı hızlı değişen çevre koşullarına, mağaralara ve oyuklara kolayca sığınabilmeleri ve sıcaklık değişimlerine dirençli olabilmeleri sayesinde uyum sağlamalarına yol açtı. Sürüngenler gibi soğukkanlı, dinozorlar gibi ılıkkanlı[12] ve genel olarak hantal olan sayısız tür ise memelilerin bu başarısını sergileyemeyerek yok oldu. Dinozorların hüküm sürdüğü çağlarda veya az bir zaman öncesinde yolları kesişen ve birbirlerine çok benzeyen sivrifare soyu, dinozorların yok olması ile etçillere ve primatlara evrimleşti. İşte *Australopithecus* (ve yine bizim de diğer tüm atalarımız), bu önceden tasarlanmamış evrim sürecinin veya süreçlerinin ürünüdür. Ya o göktaşı hiç çarpmasaydı veya o jeolojik felaketler art arda hiç yaşanmasaydı? Bugün burada olur muyduk? Düşünmeyi size bırakıyoruz.

Evrimsel süreç dahilindeki türler arası geçişte aslında boşluk ya da boşluklar yoktur. Evrimin amacı da boşlukları atlamak değildir. Boşluklar, bizim evrime dair bilgilerimizdeki eksiklikten kaynaklanır. Eğer ki A türü ile C türü arasındaki B türünü bulamıyorsak, bunun nedeni B türünün yaşamamış olması değil, günümüze kadar fosillerinin ulaşmamış olması veya ulaşmışsa da bizlerin bunları bulamıyor oluşudur. Benzer şekilde, X aletleri ile Z aletleri arasındaki Y alet teknolojisini bulamıyor oluşumuz, atalarımızın bu geçiş aletlerini üretmediği anlamına gelmemektedir.

12 Dinozorlar süpersınıfı sadece sürüngenlerden kuşlara geçişte kocaman bir ara grup değildir. Aynı zamanda birçok diğer açıdan da eşsiz bir evrimsel ara geçiş grubu olarak karşımıza çıkarlar. Bunlardan birisi, yakınlarda tespit edildiği üzere, soğukkanlı sürüngen ataları ile sıcakkanlı kuş torunları arasında tam da bulmayı beklediğimiz gibi "ılıkkanlı" oldukları gerçeğidir. Yani dinozorların vücut sıcaklığı soğukkanlılar gibi tamamen dış çevreye bağımlı değildir; ancak vücut sıcaklıkları üzerinde sıcakkanlılar kadar da hassas bir kontrole sahip değillerdir.

Ayrıca kimi zaman halk arasındaki "boşluklu evrim" algısı, evrimi anlatanların anlatımları sırasında mecburen büyük zaman dilimlerini atlayarak anlatmasından ileri gelmektedir. 100 milyon yıl önce yaşamış dinozorlardan, 2 milyon yıl önceki ilk *Homo* türlerine bir anda sıçrayıvermek evrimsel açıdan imkânsız olsa da, bir popüler bilim kitabının pratiklik açısından başvurmak zorunda olduğu bir yöntemdir.

İşte bölümümüzün bu noktasından sonra insan kültürünün evrimindeki taş ağırlıklı aletlerin evrimine yer vereceğimiz için, 70 milyon yıl önceden 6-7 milyon yıl önceki aralığa, yani şempanzelerle insanların birbirinden ayrıldığı zamanlarda, insan koluna doğru ilk adımların başrol oyuncuları olan *Sahelanthropus tchadensis*'e ve *Orrorin tugenensis*'e doğru sıçramak zorundayız. Bunlar, şempanzeler ile insanların ortak atası olmaya en yakın olan fosil türlerdir. Fakat bizim bu şekilde bu atalarımıza sıçrıyor olmamızın, evrimsel değişimin bu şekilde büyük bir sıçramayla yaşandığı anlamına gelmediğini önemle hatırlayınız.

Evrimsel süreçte 6-7 milyon yıl öncesinden günümüze doğru hızlı bir yolculuk yapacak olursak, göreceklerimiz kabaca şunlardır: İki ayaklılık ile eller serbest kaldı ve beyin bu nedenle büyümeye zorlandı. El donanımı önce geldi; sonra kontrol edici beyin donanımı bundan yararlanacak şekilde gelişti. Nihayetinde ise bu güçlü beyinlerimiz sayesinde öncelikle basit taş aletleri üretmeyi başardık, en sonundaysa başka gezegenlere gitmemizi sağlayan uzay araçlarını... Genel kabul gören görüş bu şekildedir. Aslında detaylarda gizlenen çok bilgi, süreçle ilgili söylenecek çok şey vardır. Ancak bizler de, tıpkı konu hakkındaki uzman birçok diğer araştırmacı gibi bu süreci yönlendiren en temel unsurların daha önceden Etoloji bölümünde ele aldığımız ayna nöronların ve diğer bölümlerde de sözünü ettiğimiz cinsel seçilimin ayıklayıcı mekanizması sayesinde oluştuğu kanısını taşımaktayız. Bunlara ilerleyen sayfalarda kısmen geri döneceğiz.

Australopithecus ile bahsedeceğimiz Osteodontokeratik Kültür'ün ön adaptasyon(lar) süreci, *Sahelanthropus tchadensis*'e veya *Orrorin tugenensis*'e ayrı ayrı hatlar üzerinde veya her ikisine de eşit oranda uzanıyor olabilir. Bizim eğitimli tahminimiz, her ikisine de eşit ya da belirgin olmayan farklılıklar ile uzandığı yönündedir. Her ikisinin de iki ayak üzerinde yürüdüğünü gösteren bulgular, dört ayak üzerinde yürüdükleri olasılığını destekleyen verilere karşı, ezici bir üstünlükle galip gelmektedir. Her ikisinin de kullandığı veya ürettiği herhangi bir aleti henüz saptayabilmiş değiliz. Belki de saptadık; ama tanımlayamadık. Diğer yandan iki ayaklı olma olasılıklarının baskın olduğu gerçeği, bizim "alet teknolojisi evrimi" hakkındaki düşüncelerimiz için çok daha kullanışlıdır. Çünkü iki ayaklılık, alet yapımında kullanmamız gereken ellerin serbest kalması demektir. *Sahelanthropus tchadensis* ve *Orrorin tugenensis*'in zaten tanıdığı/kullandığı ağaçlara, meyvelere ve ağaç dallarına taş ve kemik fırlatmak amacıyla iki ayaklılığa doğru evrimleşmediklerini söylemek için herhangi neden yoktur. Çok basit zorunluluklar bile, güçlü seçilim baskıları altında çok köklü evrimsel değişimlerin önünü açabilecektir.

Bu iki tür, biz insanlara kadar gelecek olan evrimsel süreçte şempanzeler ile ortak atamız olmaya en yakın aday olan iki atasal türdür. Bu bakımdan şu anda yaşamakta olan kuzenlerimizle ortaklıklarımızı tespit etmek adına en ilgi çekici atalarımızın da bu türler (ve henüz keşfedemediğimiz daha nicesi) olduğu açıktır. Ancak eğer ki insanların evrimine ve kültürüne odaklanacaksak, şempanzeler ile olan ortak atalarımızdan, insanların olduğu kola doğru adımlar atmak zorundayız. İşte bunu yaptığınızda karşınıza çıkacak ilk tür *Australopithecus* olduğu için, bizim odaklanacağımız atamız da budur.

İlksel özellikteki *Australopithecus* ile birlikte herhangi bir aleti ya da aletleri de *henüz* saptayabilmiş değiliz. Dolayısıyla *Australopithecus* kendi ürettiği aletleri kullanıyor muydu, bilemiyoruz. Verilerin eksikliğinden ötürü, bilimsel açıdan güvenli tarafta kalmak adına kullanmadığını varsaymak durumundayız. Yalnız matematik bilimindeki olasılığın bilinmesi ve ayna nöronların keşfi ile cinsel seçilimin ayıklayıcı gücü, *Australopithecus*'un alet kullandıkları hatta ürettikleri konusunda bizi ısrarcı olmaya sevk etmektedir. Fakat bu çok da önemli değildir. Osteodontokeratik Kültür'ü oluşturmak için duyarlı bir tutuşa yatkın el-parmak yapısına sahip oldukları anatomik çalışmalar ile izah edilmiştir. Dolayısıyla muhtemelen en eski atalarımız dahi, çeşitli aletler yapabilecek kadar gelişmişti; ancak buna dair henüz elimizde somut veri bulunmuyor. Bunu bulduğumuz zaman diyeceğimiz tek şey, *"Eh, evrimsel biyoloji ve arkeoloji işbirliği zaten yıllardır bunu öngörmekteydi"* olacaktır.

Bu görüşe katılmayanlar da vardır. Onlar *Australopithecus*'un alet yapmadığını ve Osteodontokeratik Kültür'e örnek olarak gösterdiğimiz parçaların *Australopithecus*'a ait olmadığını ve bunların etçil hayvan türlerinin yemek artığı olan kemiklerden ayırmanın imkânsız olduğunu dile getirirler. Bu görüşe katılmak her zaman kolay değildir, çünkü Osteodontokeratik Kültür, taş aletlerin evriminde bir nevi ön adaptasyon(lar) sürecini yansıtıyor olabilir. Atalarımız Oldowan Endüstrisi'nden daha önce, Osteodontokeratik Kültür ile tanışmak zorunda kalmış ve tükettikleri hayvanların kemiklerini alet olarak kullanmış olabilirler.

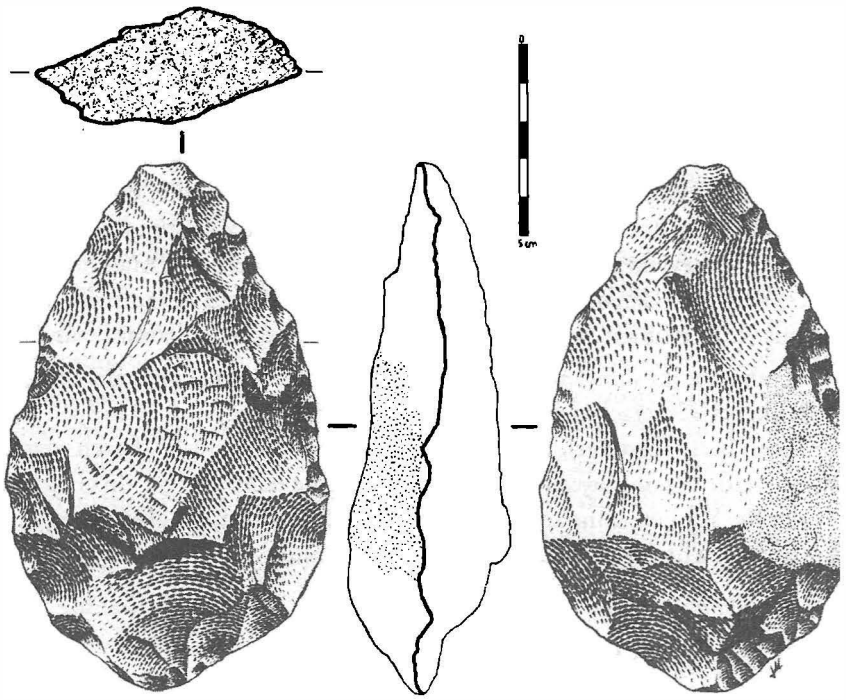
Daha önceki süreçlerde ağaç yaşamına uyum sağlamış olan atalarımız ise, öncelikli olarak ağaçları ve ağaç dallarını tanımıştır (ve bunu 70 milyon yıl öncesinden beri yapıyorlar). İki ayaklılık ve "geçici iki ayaklılık" (bazen ağaçta ve bazen yerde yaşam) sayesinde de taş ve kemik ile daha sıkı bir ilişki içine girmişlerdir. Yani en azından tanınan nesneler, alet yapımına gidecek yolda alet kullanımıyla başlayan sürecin ilk adımları olmalıdır.

OSTEODONTOKERATİK KÜLTÜR'DEN OLDOWAN KÜLTÜR'E...

Yaklaşık olarak 2 milyon yıl önceye tarihlenen taş aletler, *Homo habilis*'in beyninin ürünüdür. Ona, tam da bu sebeple "becerikli adam" denir ("becerikli kadın" ya da "becerikli insan" demek de aynı şekilde mümkündür). İlk sap-

tandıkları buluntu yerinin adıyla, yani Oldowan Endüstrisi olarak, anılırlar ve tanıtılırlar. Oldowan Endüstrisi'nin ilk buluntu yeri, Tanzanya'daki Olduvai Boğazı'dır. Oldowan Endüstrisi'ne ait olan taş aletler kaba ya da ilkel değildirler. Onlar, *Homo habilis*'in biyolojik, kültürel yapısına uygun olarak ve jeoloji ile uyum içinde olması gerektiği ve tam da beklendiği gibidirler.

Oldowan Kültür aletleri, Osteodontokeratik Kültür aletlerden evrimleşmiştir. Aletlerin işlenişi Oldowan Kültür'de, Osteodontokeratik Kültür'e oranla daha fazla belirgin farklılıklar içerir. Beyin ve el koordinasyonuna uygun olarak seçilen doğal çakıllar, lav kökenli taşlar veya kuvars gibi farklı maddeler keskince kenarlar elde etmek amacıyla işlenmeye başlarlar. Bu işleme tekniğinde taşın üzerinden irice ve tek yönlü çentik çıkartılarak "satırlar", karşılıklı çentikler çıkartılarak "kıyıcı satırlar" elde edilmiştir. Günümüzde hem doğal çakılların, lav kökenli taşların veya kuvars gibi farklı maddelerin hem de bunlardan çıkartılan uygun çentiklerin *Homo habilis* tarafından alet olarak kullanıldığını biliyoruz. Oldowan Kültür'ü oluşturan aletleri biraz daha özelleştirerek verecek olursak, belli başlı dört tür alet tipinden bahsedebiliriz. Bunlar; satırlar, kıyıcı satırlar, çekiçler, kullanıma uygun yongalar şeklinde sıralanabilirler.



Görsel 9-3: Oldowan Kültür'e ait taş aletlerden birisi. Çizim, Locutus Borg'a aittir ve tarafından halka arz edilmiştir.

Oldowan Kültür'ü oluşturan aletler sadece avlanmak amacıyla kullanılmamıştır, onlar çok yönlü kullanılmış olmalıdır. Yapılan çalışmalar da bu çok yönlü kullanımı destekler niteliktedir. Örneğin Kuzey Kenya'da yer alan Koobi Fora adlı mevki yerinde saptanmış olan bazı Oldowan türü aletler mikroskopla incelenmiştir. İnceleme, hiç de şaşırtıcı olmayan sonuçları vermiştir. Koobi Fora'nın *Homo habilis*'i, bu türden aletler ile ot, saz ve kök kopartmıştır. Ayrıca yine bu türden aletler ile ince dalları kesmiş ve kabukluların kabuğunu soymuştur. Koobi Fora'dan elde edilen başka bulgular ise, bu türden aletler ile etlerin de kesildiği göstermiştir. Bu türden aletler sayesinde *Homo habilis*'in çene yapısına uygulanan baskının biraz daha hafiflediğini de belirtmek önemlidir.

Bir önceki paragrafta "şaşırtıcı olmamıştır" derken parantez içinde *"Biz de dahil olmak üzere bazı arkeologlar adına şaşırtıcı olmamıştır"* demek zorunda kalabiliriz; çünkü genel görüş, *Homo habilis*'in avcılıktan ziyade ağırlıklı leşçil ve toplayıcı oldukları yönünde küçümser bir tavır takınır. Küçümser bir tavır olması ise, günümüzde mevcut olan geri görüş kibrine; yani, var olan her şeyin merkezine cahilce yerleştirilen *"En üstün benim!"* iddiasındaki insan yorumlanışına dayanıyor. Bugün bazı şempanzelerin, yine bazı primat türlerini avladığını biliyoruz ve eti kemikten ayırmak için de herhangi bir alet kullanmıyorlar. *Homo habilis* atalarımız da avlanırken *her zaman* alet kullanmak zorunda değildi, eti paylaşırken veya yerken de *her zaman* alet kullanma zorunluluğu yoktu. Dolayısıyla onları tek bir davranış tipine sığdırmaya çalışmak, onları küçük görüyor olmamızın bir ürünüdür.

Buna rağmen, elimizde leşçil olduklarına yönelik birkaç örnek de mevcuttur, bunları görmezden gelemeyiz. Örneğin Oldowan türü aletler ile kemikler üzerine bıraktıkları izlerin hemen altında etçil yırtıcıların diş izlerine rastlanmıştır. Bu nedenlerle, *Homo habilis* için *"Hem avlanıyorlardı, hem de bulabildikleri leşleri yiyecek biçimde leşçillerdi"* demeyi daha uygun buluyoruz; çünkü tarih öncesi arkeolojisinin, bu türden şaşkınlıkları yok edici bir etkisi vardır. Türler, onlardan beklediğimiz gibi tek bir davranış kalıbına sıkıştırılamazlar. Çoğu zaman, sandığımızın (veya belki de umduğumuzun) aksine, son derece geniş bir davranış yelpazesine sahiptirler.

Oldowan Kültür'ün en özet hikâyesi şudur: Ağaç yaşamı ile dalları yakından tanıyan; ama yer yaşantısını gözlemeyi ihmal etmeyecek biçimde ağaçlarda yaşayan (arboreal) atalarımız, iki ayaklılık ile yer yaşantısını daha da iyi tanımaya başlamıştır. Bu tanışma, taşları ve odun parçalarını daha iyi analiz imkânını sunmuştur. Osteodontokeratik Kültür üreticileri ise, taşın fırlatıldığı zaman parçalara ayrıldığını, *Sahelanthropus tchadensis* ve *Orrorin tugenensis* ile gözlemiş ve Oldowan Endüstrisi ile bunu taşa taş ile vurarak çentikler çıkarmaya evrimleştirmiştir. Bir diğer deyişle, Oldowan Kültür, atalarımızın ağaçlara olan bağımlılıklarının zincirini kırmaya başladığı, daha korkusuzca yere inmeye başladıkları dönemin temel alet kültürüdür diyebiliriz.

OLDOWAN KÜLTÜR'DEN AŞÖLYEN KÜLTÜR'E...

Oldowan Kültür'ü oluşturan *Homo habilis*, deriyi ve eti ayıracak, kemikten ilikleri çıkaracak keskinlikte çentik veya çentikler düşürme işinde zamanla oldukça ustalaşmıştır. Bununla birlikte göbeğinden çentik çıkardıkları taşı veya taşları form olarak zorlamayı pek düşünmemişlerdir. Parçacıklar düştükçe göbek taşın aldığı biçime ayrıca bir yön vererek kullanmayı akıllarına getirememişlerdir. Göbek taşına yön vermeye *Homo erectus* başlamıştır.

Homo erectus ile birlikte, göbek taşından alınan çentikler sayesinde, şekli değişen taşın biçimi de önem kazanmıştır. Burada altını çizmeye değer ve ilgi çekici olduğunu düşündüğümüz bir nokta var: Düşünmemiş olmaları, onların düşüncesizliğini göstermez. Evrim serüveninde, tam da kendilerinden beklenen, çevrenin onları yapmaya zorladığını, fiziksel niteliklerinin (örneğin zihinsel kapasitelerinin) onlara izin verdiğini yaptıklarını gösterir. Darwin'in de dediği gibi, en iyi uyum sağlayan değil midir hayatta kalan?

Bu kültür, adını ilk saptandığı yer olan, Fransa'daki St. Acheul mevkisine borçludur. Günümüzde ise, yapılan çalışmalar Aşölyen Kültür türündeki aletlerin Avrupa'ya ulaşmadan çok daha önceleri Afrika'da evrimleşip ortaya çıktığını göstermiştir. Aslında bu bir yerde bir "kültürel bencillik" örneğidir. Biz arkeologlar, evren veya dünyanın, Batı veya Doğu'nun öznel (subjektif) bakış açılarına göre şekillendirilmemesi gerektiğini düşünmekteyiz. Neyse, bu uzun bir konu, o nedenle biz konumuza devam edelim.

Yapılan çalışmalar; ilksel özellikteki Aşölyen aletlerin, Oldowan Kültür'ü oluşturan aletler ile birlikte aynı zamana tarihlendiğini göstermektedir. Bir diğer deyişle, Oldowan Kültür'ün son dönemleri ile Aşölyen Kültür'ün ilk dönemleri birbiriyle harika bir şekilde örtüşmektedir. Bu durum, Aşölyen Kültür'ü oluşturan aletlerin, Oldowan Kültür'ü oluşturan aletlerden evrimleştiğini tarihsel olarak da doğrulamaktadır. Bu kısmın esas konusu, bu kültürel evrim olacaktır.

Oldowan Kültür'ü oluşturan aletler bir veya birkaç çentiğin tek yönden veya kenarın her iki yönünden alınması ile oluşturuluyordu. *Homo erectus* ile bu çentikleme işlemi, taşın her iki yüzeyinin daha fazla çentiklenmesine evrimleşti. Sonuçta, kabaca armut biçimli ve kenarları düz veya zikzaklı olan klasik tipteki iki yüzeyli aletlerden oluşan Aşölyen Kültür ortaya çıktı. Aşölyen Kültür'ü oluşturan aletlerin dip kısımları ya yuvarlaktır veya yuvarlağa yakın formdadır. Dip kısımlarının çentiklenmeden bırakıldığı da olmuştur. Bu sayede alet hem ele iyi oturur hem de üçgenimsi çok amaçlı bir gövde ile iyi bir uç elde edilmiş olur. Uç kısımlar sivri veya sivriye yakındır. Bundan dolayı dilimize yanlış olarak el baltası olarak çevrilirler. Oysa günümüz baltalarının ucu, sivri veya sivriye yakın değildir. Boyları 5 santimetre ile 35 santimetre arasında değişlikler gösterir. Ağırlıkları ise; 250 gram ile 500 gram arasında olabildiği gibi, 1 kilograma varan örnekleri de saptanmıştır.

Homo erectus, önceki atalarından aldığı biyolojik ve kültürel mirası geliştirerek Aşölyen Kültür ile doğal çevreyi boyutları ile değerlendirmeye başlamış ve değerlendirmeyi aletlerindeki çok yönlülüğe daha fazla aksettirmiştir. Çünkü Aşölyen Kültür'ü oluşturan aletler ile kazmanın, kesmenin, sıyırmanın yanında uca takılan ve çentiklenerek sivriltilmiş taşlar ile elde edilen kargılar sayesinde avcılık da yapılmaya başlanmıştır. İspanya'da yer alan Torralba ve Ambrona buluntu yerleri *Homo erectus* avcılığının anlaşılması açısından önemlidir. Torralba ve Ambrona *Homo erectus*'u satırlarla ve kıyıcı satırlarla hayvanları parçalara ayırmıştır. İki yüzeyli alet tipleri ile de hayvanların beyinlerini çıkartmak maksadıyla kafataslarını parçalamışlardır. Hatta sivri uç kullanımı ve farkındalığı, Neandertal ve *Homo sapiens* için kullanılacak olan, maddeyi delerek kullanmanın inceliklerine götüren yolun başlangıçlarından birini oluşturmuştur.

Her iki kültürü oluşturan alet örnekleri arasında, bu iki tip alet arasındaki belirgin geçişleri ortaya koyacak herhangi bir bulguya şu an için ulaşamadık. Bu durum bekleneni karşılar ve diğer yandan bu bölümde sözünü ettiğimiz eşik karşıtlığı değirmenimize yine su taşır: Çünkü evrim, aradakiler silsilesinden bahsetmeye başladığı zaman, "arada kalanlar"dan değil, yaşadığı zamana en iyi uyum sağlamış olanlardan bahseder. Bu alet teknolojisinde de böyledir. Yaşadığı doğal ortama en iyi uyum sağlayan *Homo habilis* ile en iyi uyumsal alet tipi olan Oldowan Kültür'ü oluşturan aletler, bu defa yaşadığı doğal çevreye en iyi uyum sağlayan *Homo erectus* ve onun elindeki Aşölyen Kültür'ü oluşturan aletlere evrimleşerek bir başka vücut bulmuştur. Günümüze kadar ulaşmayı başarabilen aletlerse, onları üreten türleri hayatta tutmayı başarabilecek kadar başarılı olan aletler olmuştur. Diğerleri ise, pek fazla varlık gösteremediği için sayıca pek de fazla çoğalamadan tarihin tozlu sayfalarına karışmıştır. Üstelik "sanatsal yaratıcılık" kimi zaman oldukça hızlı ilerleyebilmektedir. Yine kademelidir; fakat aralarda daha hızlı geçiş dönemleri yaşar. Dolayısıyla antik atalarından öğrendikleri alet yapma teknolojisindeki eksiklikleri fark etmeye başlayan torunlar, hızlı bir şekilde bu hataları ayıklamış olabilirler. Bu durum da, söz konusu geçiş aletlerinin günümüze ulaşması konusunda büyük bir engeldir. Ah, keşke bir zaman makinemiz olsaydı da, bu geçişleri sizlere bir bir gösterebilsek, kendi gözlerimizle görebilseydik!

Aklın düşmanları evrimsel biyologlara haddinden fazla sataşırlar ve sürekli olarak aynı cümleleri tekrarlarlar: *"Bize bir ara form gösterin!", "Bize, manda ile kurbağa arasında bir form gösterin!"* (atış serbesttir ondan dolayı bu istek, kara sinek ile keçi arasında, çam ağacı ile köpek arasında bir geçiş formu aratmaya da yönelik olabilir) Bu istek arkeologlara yöneltilse idi şu şekilde olacaktı: *"Bize bir ara form gösterin; örneğin, Oldowan Kültür'den bir alet ile günümüz demir çekiçleri ya da demir keserleri arasında bir form olsun!"*

Niyetin ne denli kötü olduğunu görebiliyor musunuz? Yarı Oldowan yarı demir çekiç türünde bir alet! Bu söylem ve isteğin mantıklı hiçbir tarafı yoktur, aslında soru dahi değildir. Ne tür bir düşünce *Homo erectus*'un altına

1965 Chevrolet Impala çekmeyi kurgulayabilir ki? Gerçek şudur: Oldowan Kültür'den Aşölyen Kültür'e doğru eksiksiz taş alet örneğimiz olsa idi, geçişleri anlamakta, daha doğrusu alet silsilemizi adlandırmada oldukça zorlanırdık.

KÜLTÜREL EVRİM İÇİN BENİ KOPYALA, BENİ KOPYALA!

Her ne kadar Etoloji bölümünde nörobiyolojisini kısaca ele almış olsak da, bu bölüm için fazlasıyla önemli olduğu için ayna nöronlara kısaca yeniden dönmemiz gerekiyor. Fazlaca tekrara düşmeden, bu bölüm açısından önemli olan ayna nöron perspektifini sizlere anlatmamıza izin veriniz:

Büyük nörobiyolog Vilayanur S. Ramachandran, primatların istemli haraketlerinde, üst düzey düşünme becerilerinde ve uzun dönem hafızalarında çok önemli rollere sahip olan frontal loblarında, Giacamo Rizzolatti ve ekibi tarafından ayna nöronların keşfedilmesini ve bu nöronların biz kuyruksuz maymunların beyninin evrimiyle olası bağlantısını, son 10 yılın halka duyurulmamış en önemli hikâyesi olduğunu ileri sürmektedir. Haksız da sayılmaz; çünkü DNA'nın evrimsel biyolojide üstlendiği rolü, ayna nöronlar evrimsel psikolojide üstlenmiştir ve biz arkeologlar bunu taş alet evrimine gönül rahatlığında uyarlayabiliyoruz (isterseniz siz de dillerin evrimleşmesine uyarlayabilirsiniz). Yola, Darwin'i izleyerek koyuluyoruz:

Ağaçta başlayan alet evriminin iki ayaklılık ile Oldowan'a, oradan ise Aşölyen'e evrimleşirken cinsel seçilimin baskın geldiğini ve yayılımın da ayna nöronlar eşliğinde gerçekleştiğini ileri sürüyoruz. Ve ekliyoruz: Ortaya çıkan benlik kavramı *Homo habilis*'e veya *Homo erectus*'a şu farkındalığı kazandırmış olabilir: *"Daha ileriye, daha iyi taş alet üreticilerinin omuzlarından geçerek ulaşabilirim ve daha iyi alet yaparak daha fazla çiftleşebilirim!"*

Rizzolatti, maymunların frontal loblarının dokunma, görme ve hareket etme gibi önemli fonksiyonlarının yerine getirilmesinde görev alan ventral premotor bölgelerinden kayıtlar aldı. Maymun bir hareket sergilediğinde belli hücreleri ateşliyordu ve farklı davranışlar karşısında farklı nöronları ateşliyordu. Deneyi asıl ilgi çekici kılan ise, maymun fıstık atan diğer maymunu izlediğinde bile bahsi geçen ayna nöronları ateşliyordu. Yani bu nöronlar, tıpkı aynadaki karşılığımızın bizi birebir takip etmesi gibi, türdaşlarımızın davranışlarının sonuçlarından neredeyse birebir etkilenmemizi sağlamaktaydı!

Ayna nöronlar biz kuyruksuz maymunlarda var mıdır? Evet! Cevap, anosognazi hastalarından geldi. Bu tip bir hastalıkta kişi, kendi hastalığının veya uğradığı işlevsel yeteneklerindeki kaybın farkında değildir. Anosognazi hastalarının yaklaşık %5'i zihnen aklı başında ve zeki olsalar dahi, hararetli bir şekilde felçlerini inkâr etme eğilimindedirler. Bazı anosognazi hastalarının diğer hastalardaki felci bile inkâr ettiği gözlemlenmiştir. Bunun tek sebebi, ayna nöronların iş başında oluşudur. Bir birey, kendisini diğerlerinin yansımasından yola çıkarak ifade etmektedir. Ayna nöronlar, bizi kültürümüze bağlayan en önemli sinir yumaklarıdır.

İşte *Homo habilis*'te (ve öncesinde) empatinin ve taklit yoluyla öğrenmenin etkileri taş aletlerin evrimine bu şekilde yön tayin etmiş olabilir diye düşünüyoruz. Diğer yandan Rizzolatti'nin ayna nöronları neden Ramachandran'ın da dediği gibi bir tür ön adaptasyon olmasın? Yere inmenin sonucunda iki ayaklılık ile evrimleşen Oldowan Kültür'ü oluşturulan aletler; taklit yoluyla öğrenilmiş, zihin okuma ile hızlı bir şekilde yayılmış ve Aşölyen Kültür'ü oluşturan aletlere evrimleşmiştir.

Peki ya mimari?

Taş alet kültürel evrimine benzer olan bir evrimsel süreç, yine, mimari için de geçerlidir. Ele aldığımız memetik benzer taktikler ile mimari de inşâ edilebilir.

Bunun en güzel ve en ilgi çekici örneklerinden biridir Çayönü. Diyarbakır ilimizin Ergani ilçesinde tüm dünyaya, *"Gökkuşağının her rengine sahibim!"* diyerek haykırır. Çanak çömleksiz Neolitik Çağ'dan Ortaçağ'a kadar hemen hemen sürekli yerleşim gören, olasılıkla orijinal konisinin günümüzden daha yüksek olduğu tahmin edilen höyükte, çanak çömleksiz ve çanak çömlekli Neolitik Çağ, Kalkolitik Çağ, İlk Tunç Çağı, M.Ö. 2. binyıl ve Demir Çağı, Ortaçağ kültürlerinin var olduğu yüzeyde ele geçen çanak çömlek parçaları, maden, cüruf, yontma taş endüstrisi, Karbon-14 örneklerine dayanılarak ileri sürülmektedir.

Çayönü Çanak Çömleksiz Neolitik Çağ mimarisi birkaç evrede incelenebilir. İlk evreye, "Yuvarlak Planlı Çukur Yapılar Evresi" denilmektedir. İlk zamanlar, yuvarlak veya oval planda yapılan yapının üzerini, kalınca çamur ile sıvanmış dal örgü ile örten halk, daha sonraları yapıyı daha da sağlamlaştırmak istercesine alt kısımları taşlar ile güçlendirmiştir. "Izgara Planlı Yapılar Evresi" dediğimiz süreçte ise (yukarıdan bakar iseniz, dizilerin ızgara görünümünde olduğunu görebilirsiniz), Yuvarlak Planlı Çukur Yapılar Evresi'nden geniş kanallı ve birbirine paralel olacak şekilde taş dizileri ile yerleşmenin zeminden yükseltilmiş bir platform üzerine evrimleştiğini görürüsünüz. Hemen ardından, "Kanallı Yapılar Evresi" gelir. Kanallı Yapılar Evresi'nin sakinleri, yapılarını, köyün yaşam seviyesinden kanallı taş düzlemler ile biraz daha yükseltmiştir. Bu platformlar 20 santimetre genişliğinde çok dar kanallarla ayrılmış, küçük ocak taşlarının muntazam bir şekilde üst üste dizilmesi ile yapılmış duvarlardan oluşur. Derken, "Taş Döşemeli Yapılar Evresi" ile karşılaşırız. Bu evrede, Kanallı Yapılar Evresi'nde duvar yapımından önce döşenen döşeme, duvar yapımından sonra döşenmeye başlamıştır. Yapılar, hâlâ, dörtgen biçimlidir ve birbirine geçişleri olan birkaç odadan oluşmaktadır. "Hücre Planlı Yapılar Evresi" ile memlerin ve beynin karşılıklı etkileşiminde ani bir sıçrayış ile iki katlı yapıya kavuşulur. Depo veya gömülme yeri olarak işlev gören alttaki yapının üzerinde, daha büyük mekânlı olan yaşam alanı yükselmektedir. "Hücre Planlı Yapılardan Geniş Odalı Yapılara Geçiş Evresi", bozulan hücre planlar ve geniş planlı yapılara evrimleşme ile karakterizedir. "Geniş Odalı Yapılar Evresi" tek ve büyük odası olan yapılarla ile temsiz olunmaktadır.

Peki, Yuvarlak Planlı Çukur Yapılar Evresi'nin sakinleri, Hücre Planlı Yapılar Evresi'ni düşlediler mi? Düşlemiş olabilirler; ama, bunun inşaası için gerekli donanıma evrimsel sürecin ön tasarımsız sürecinde kavuştular. Evet, bunların tümü oldukça güzel gelişmelerdir, oldukça güzel yapılardır; ama, unutulmamalıdır ki güzellikleri kendi arkeolojik dönemleri içinde değerlendirilmelidir.

AĞAÇTAKİ MEYVEDEN YERDEKİ SEBZEYE VE KAPTAKİ SULU YEMEĞE: BİR SOFRA OLUŞTURUYORUZ!

5-6 milyon yıl öncesinin Afrika'sı, günümüz ressamlarına oldukça zengin tablolar sunacak kadar geniş bir yelpazeye sahipti. Zengin akarsular, zengin çeşitli meyveler, yanardağ püskürmeleri, sık sık yineleyen tektonik olayların açtığı vadilerde atalarımıza elverişli yaşam alanları sunuyordu. Ağaçta tohumlar, yapraklar, kuşlar ve diğer primatlar; yerde proteince zengin böcekler ve kurtlar ile beslenen paleolitik atalarımız beslenirken, çeşitli nesneleri (yumurta kabuğu, ağaç parçası veya taş) beslenme aracı olarak kullanmış olmalıdır. Jonathan Kingdon'ın deyimiyle iki ayağa dikilmeden hemen önce ön adaptasyon ile ağaçtan daha fazla inerek çömelerek beslenmeye başlayan atalarımız ya aynı nesneleri beslenmede araç olarak kullanmaya devam ettiler ya da çömelerek beslenmeye uygun olarak oval, iç bükey nesneleri daha fazla tercih ettiler.

Derken, kilden kap kacak yapımı ilk olarak *Homo sapiens* türünde evrimleşti. Onlar, çok önceleri yağmur sonrası çıkan güneşin çamuru nasıl çatlattığını izlemişti ve çamuru elinde de şekillendirebilmeyi denedi, sonunda da becerdi. Toprağa bağımlı olması, onu kili tesadüfen keşfetmeye itti. Elinde şekillendirdiği çamur, bu defa kil olmuştu. Elde şekillendirdiği kili güneşte kurutuyor, daha sonra depolama aracı olarak kullanıyordu; çünkü, Neolitik felaket (birçok kaynakta "devrim" olarak geçse de) ürettiği veya topladığı ürünün fazlasını saklatıyordu. Burada ilk defa "benim var senin yok" ya da "nesneleştirme" gibi kavramların kökenlerine dair izler görmeye başlamaktayız. O, artık içinde yaşadığı mevsimlere ve gel git kuraklık dönemlerine çok da yabancı değildi.

Sonra, şekillendirdiği kili tahta kalıplar ile kesmeyi denedi, bir öncekine göre daha düzgün şekil elde ettiğini görünce seri üretime geçti. Bu sırada farklı kil türlerinin de olduğunu biliyor, deneme yanılma yöntemi ile işine en iyi yarayanı test ediyordu. Önce elinde ördüğü emek dolu sepeti kil ile sıvazladı ve ateşe sürdü. Yeni bir kap elde etmişti; ama, bir diğer kabı da bu kabı elde edebilmek için feda etmişti. Sonra kili yuvarladı, değişik çaplarda yaptı ve her birini üst üste koyarak en son yüzeyini düzeltti. Ve parmakları ile kili ezmeye, ezdiğini çekerek biçimlendirmeye çalıştı.

Artık baktığı dünya eski savanaya pek benzemiyordu, kentleşme hız kazanmıştı. Atalarının, elinde yuvarlayarak başlattığı çamuru şekillendirme, kil ile

yoluna devam ederek kendi ekseninde yavaşça dönen altlık ile yavaş dönen çarkı evrimleşmiştir.

Kentsel ekonomik baskı ise, M.Ö. 3200'lerde Güney Mezopotamya'da çömlekçi çarkını buna benzer kendi iç ve dış dinamikleri ile evrimleştirmişti. Tanıdığı ateşin güneşten daha fazla sertleştirebileceğini düşünmüş ve farklı kil tiplerinden ve farklı ateş ısılarından hareketle gerçek bir çömlekçiliğe artık adım atmıştı. Paleolitik Çağ *Homo erectus*'unun kullanmayı keşfettiği ateşin, Çanak Çömleksiz ve Çanak Çömlekli Neolitik Çağ ile birlikte *Homo sapiens*'in elinde bu derece çeşitli kullanım alanlarına sunulacağını ve Kalkolitik Çağ ile seri üretime geçileceğini düşünebilir miydi? Şimdi ise, sofrasına gelen misafire, meyvenin ve sebzenin yanına bir de su katarak yaptığı çeşitli meyveli ve sebzeli yemeği kademeli kap kacak evrimi sayesinde dahil edebiliyordu.

İnanmaya programlı beyninin biyokimyası ona bu kapları sadece yemek yemek ve içmek için kullanmaması gerektiğini baskıladı. Öyle ya, beyin bir tür inanç süpürgesi gibi çalışır. Evrenden beynimize duyularımız aracılığı ile çekilen veriler, anlamlı veya anlamsız bulduğu her türlü kalıba konakçılar olarak yerleşirler. Konakçılar neden orada olduklarını açıklamak zorundadır ve bir amaç aramaya koyulurlar. Mantıklı veya mantıksız olması çok da önemli değildir, noktaları bir şekilde birbirine bağlayarak çizgi oluşturabiliyorlar mı ve bu çizginin nasıl oluştuğunu bu şekilde açıklayabiliyorlar mı, önemli olan budur. Bu süreç inançların oluşumunu da beraberinde getirir ve inançlarını destekleyen her türlü dayanak artık onun için birer kanıt olmuştur. Her kanıt ise, duygusunu inanç yönünde adlandırmaya zorlayıcı birer araçtır. Ve çömlekçilik yemek pişirmenin, depolamanın yanında tören kapları olarak da kullanılmaya başlamıştır. Diğer yandan süs eşyası ve müzik aletlerinin yapımında da kullanılmışlardır.

SORU ŞU: GEREKSİNİM, "DAİMA" HERHANGİ BİR İCADIN ANASI MIDIR?

Aisopos'un (Ezop) bir masalı vardır:

"Evvel zaman içinde susuzluktan ölmek üzere olan bir karga, dibinde biraz su bulunan bir testiye rastlamış. Boynunu güç bela testinin ağzından içeri sokan karga, testinin dibindeki sudan içmeyi birçok kez denemiş. Ama karganın gagası öylesine kısaymış ki, suya bir türlü ulaşamıyormuş. Bunun üzerine testiyi devirip suyu yere dökmeye çalışmış. Testi ağır olduğu için bunu da başaramayan karga, umudunu yitirmek üzereyken aklına parlak bir fikir gelmiş. Çevresinde bulduğu küçük çakıl taşlarını testinin içine atmaya başlamış. Testinin dibinde biriken taşlar suyun seviyesini yükseltmiş. Böylece karga suyu içerek ölmekten kurtulmuş."

Masal, birçok masal gibi biz kuyruksuz maymunların elinden bir türlü kurtulmayı başaramayan diğer bir hayvan türünün bir tür "lüzumsuz" çilesini yansıtmakla kalmayıp, icatların itici gücünün gereksinim olduğu tekrarına dayalı

argümanların da bir nevi çıkış noktasını oluşturuyor. Masal diğer yandan, mucizelere karşı ne kadar iştahlı olduğumuzu anlatan bir tekrar olarak da değerlendirilebilir. Bunu tarihimizden bir örnekle ele alalım: Büyük mucit Edison 1878 yılında aydınlatma sistemleri üzerine bir projeye girişti̇ği zaman, ABD'de ve Avrupa'da zaten iki tür aydınlatma sistemi kullanılıyordu.

Önce bu sistemlerin iyi taraflarına bakalım: Bu sistemlerden biri, merkezi sayılabilecek nitelikteki bir gaz fabrikasında üretilen gazı işlevsel hale getiriyordu. Bu sistemde gaz, döşenmiş boru hatları ile aydınlatma teçhizatlarına aktarılıyordu. Diğer sistem ise, ark lambası idi. Elektrik devresine bağlanmış olan iki iletken karbon çubuk, birbirine yaklaşınca ısınıyor ve bu sayede bir aydınlatma elde ediliyordu. Kötü yanları ise şunlardır: Gazla aydınlanma ciddi bir hava kirliliği yaratmanın yanında, 20 Wattlık ampule eşdeğer düzeyde zayıf bir ışık veriyordu. Ark lambaları da havaya saldıkları zararlı gazların yanında, titrek ışık ile gözü yoruyordu. Yani Edison için elektrik ışığı, basitçe yeni bir lambanın yapılması demek değildi. İstediği şey lambanın tek bir parça halinde, diğer parçalar ile birleştiği sistemdi. Upuzun uğraşlar, uykusuz geceler ve çok sayıda deneme ve yanılmanın sonucunda, bu ampulü üretmeyi başardı.

Şimdi sormak gerekir: Edison'un bu yapıtı bir sıçramanın ürünü müdür? Edison'un bu işe giriştiği noktadaki ampullerle, son ürün arasındaki her bir denemenin izlerini bulabilir miyiz? Bulamasak bile, geriye dönüp baktığımızda, bunun asla bir sıçramayla yapılamayacağını anlamamız, mutlaka çok uzun uğraşlar ve ufak değişimler sonucunda gerçekleşebileceğini görmemiz gerekmez mi?

Arkeolojinin matematik, sinirbilim, evrimsel biyoloji gibi bilim dallarından aldığı güçle atalarımızın kültürüne, davranışlarına, ürünlerine getirdiği bakış açısı da tam olarak budur. Nasıl ki paleontolojide bir türün bir diğerine evrimini görmek için her bir nesle ait her bir bireyin fosilini bulmamıza gerek yoksa (ama buna rağmen söz konusu evrimin yaşandığını bilimsel incelemelerimiz, eldeki veri yığını ve bilim sahasındaki deneyimlerimiz sayesinde anlayabiliyorsak), arkeolojide de bir ürünün veya bir bütün olarak kültürün evrimini anlamak için her ara basamağı bulmamız gerekmez. Unutmayın! Kazı, arkeologlar için sadece bir araçtır. Asıl amaç, o araç sayesinde edinilen bulguların bir bütüne oturtularak, gerçeğin ortaya konmasıdır.

Şöyle diyebilir miyiz? Kuyruksuz maymun atalarımız cinsel seçilimin etkisindeki duygusal seslenişler sayesinde dili oluşturarak bilgilerini ortak bir havuza aktardılar. Yeni türden alet veya aletler üretmelerinin nedeni, *her zaman* yeni türden bir alete gereksinim duymaları değildi. Birikim kimi zaman hızlı, kimi zaman yavaş bir biçimde, gerek ayna nöronlar üzerinden bireyden bireye, gerekse de toplumsal ilişkiler aracılığıyla ebeveynlerden yavrulara, nesiller boyunca aktarıldı. Ama kendimize kişi isimleri koymaya başladığımız andan itibaren, tüm birikim, kişilerin adı ile yüceltildi. Oysa kolektif beyin, Darwinci bir evrimin sonucudur. Oluşturulan taş alet endüstrileri ise, Darwinci bir evrimin kaçınılmaz dünya ölçeğindeki kütleçekimine dayalı sonucudur.

Görebileceğiniz gibi arkeoloji, sadece bir kazı işi olmaktan çok ötedir. İnsan kültürünü anlama, bu sayede insanı anlama sanatıdır. Arkeolojinin hayatımızdaki etkileri sadece antik kalıntıların gün yüzüne çıkartılmasından ibaret değildir. Arkeoloji, bu kalıntılardan yola çıkarak insanın geçmişini, bugüne nasıl geldiğini, bugüne gelene kadar geçmek zorunda kaldığı basamakları ortaya koyma işidir. Arkeoloji, geçmişten günümüze ulaşan kalıntılar ve eserler sayesinde gerçeği, bir hikâye gibi anlatabilme uğraşıdır.

Tembelliği bırakalım, her zaman üretileni alan ve hızla tüketen değil, üreten olalım. Hatta tükettiğimiz şeylerin ne olduğunu, nasıl var olduğunu, nasıl bir kültürel evrim tarihinin ürünü olduğunu öğrenelim. Doğu'yu ve Batı'yı kendi kültürümüz ile harmanlayamayı öğrenelim. Emeğin değerini yüceltelim. Evrimsel tarihe adımızı ancak bu şekilde yazdırabiliriz. Unutmayınız ki, dünya hepimizin...

Arkeolojiyle ilgili bu bölümü tek bir cümlede toparlayacak olursak, şöyle söyleyebiliriz:

"Arkeolojinin insanlığa yaptığı en büyük katkı, istisnasız herkesin zamanı geldiğinde arkeolojik buluntudan ibaret olacağını göstermek olmuştur."

Kaynaklar ve İleri Okuma

- Baldwin, J.M. (1896). A New Factor in Evolution. *American Naturalist*, 30, 441-51, sf. 536-53.
- Baldwin, J.M. (1909). *Darwin and the Humanities*, Baltimore, MD, Review Publishing.
- Basalla, G. (2000). *Teknolojinin Evrimi*, Tübitak, Ankara. Sayfa: 61.
- Blackmore, S. (2011). *Mem Makinesi - Genetik Evrimin Devamı Olarak Kültürel Evrim*, Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul. Sayfa: 9.
- Constine, J. (2012). Symbiotic Memes - A Study of Meme Popularity Cycles by Josh Constine. Retrieved July 05, 2016, from https://www.scribd.com/doc/126081918/Symbiotic-Memes-A-Study-of-Meme-Popularity-Cycles-by-Josh-Constine
- Constine, J. (2014). Facebook Data Scientists Prove Memes Mutate And Adapt Like DNA. Alındığı site: http://techcrunch.com/2014/01/08/facebook-memes/
- Dawkins, R. (2008) *Ataların Hikâyesi - Yaşamın Kökenine Yolculuk*, Hil Yayın, İstanbul.
- Dawkins, R. (2012) *Gökkuşağını Çözmek, Bilim, Yanılgı ve Mucize Tutkusu*, Kuzey Yayınları, İstanbul.
- Gowlett, J.A.J. (1992). *Ascent to Civilization - The Archaeology of Early Man*. Alfred A. Knopf. New York. Sayfa: 140.
- Güvenç, B. (2002). İnsan ve Kültür, Remzi Kitapevi, İstanbul.
- Harmankaya, S., Tanındı, O., Özbaşaran, M. (1997). *TAY*, Ege Yayınları, İstanbul. Çayönü.
- Hill, A. (1978). *Taphonomical background to fossil man: Problems in paleoecology*. Scottish Academic Press, Edinburg. Sayfa: 87-101.

- Keeley, L.H. & Toth, N. (1981). Microwear polishes on early stone tools from Koobi Fora, Kenya, *Nature* 293: 464-465.
- Kingdon, J. (2003). *Lowly Origin: Where, when and Why our ancestor First Stood Up*, Princenton University Press. Princeton / Oxford.
- Klein, R. (1983). The Stone Age prehistory of Southern Africa, *Annual Review of Anthropology* 12:25-48.
- Klein, G.R. (2003). *Uygarlığın Doğuşu*, Epsilon, İstanbul. Sayfa: 100.
- Leakey, M.D. (1980). *Early man, environment and tools.* A Wheaton and Co. Ltd, Exeter.
- Lewin, R. (1986). When stones can be deceptive, *Science* 231: 113-115.
- Lewin, R. (1988). A new tool maker in the Hominid record?, *Science* 240: 724-725.
- Martin, P. S. (1973). The Discovery of America, *Science* 179: 969-974.
- Özdoğan M. (1997) *TAY*, Çayönü, Ege Yayınları, İstanbul.
- Özdoğan, M. (2011). *50 Soruda Arkeoloji*, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, İstanbul. Sayfa: 181.
- Potts, R. & Shipman, P. (1981). Cutmarks made by stone tools on bones from Olduvai Gorge, Tanzania, *Nature* 291: 577-580.
- Ramachandran, V.S. (2011). *Zihin*, Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul. Sayfa: 118 - 123.
- Susman, R.J. (1988). Hand of Paranthropus robustus from Member 1, Swartkrans: Fossil evidence for tool behaviour, *Science* 240: 781-784.

BÖLÜM X

EVRİMSEL TIP

Vücudumuzda Damga Gibi Taşıdığımız Evrimin İzleri...[1]

Metin Berberoğlu - Çağrı Mert Bakırcı

Tüm canlılar gibi insanların da iki temel dürtüsü vardır: hayatta kalmak ve neslini sürdürmek. Bu amaçla kendimizi savunuruz, yuva kurarız, toplumun bir parçası oluruz, besleniriz ve nihayetinde, zamanı geldiğinde, uygun bir eş bularak çiftleşir ve yavrular üretiriz. Bu döngü milyonlarca ve milyarlarca yıldır kendini tekrar ederek bugüne kadar gelmiştir ve günümüzdeki sayısız tür çeşitliliğini yaratan evrimin bir parçası olmuştur. Ancak bu sürecin belli başlı bazı kısımları, gerek tıp bilimi açısından, gerekse de evrimin tıp ile örtüştüğü alanlar bakımından ek bir öneme sahiptir. Kitabımızın bu bölümünde birbirinden ayrı hayal dahi edilemez iki saha olan tıp ile evrimin birbirlerini nasıl bütünlediğini göreceğiz. Hepsinden önemlisi, sadece "hastalıkları tedavi etme yöntemi" olarak görerek hataya düştüğümüz tıp biliminin, kendimize bakarak geçmişimizle ilgili bilgiler edinmek açısından ne kadar faydalı bir araç olduğunu göreceğiz.

Halk arasında yaygın olarak iddia edilen ve sanılanın aksine türümüz, daha önceki bölümlerde de netleştirdiğimiz üzere, diğer hayvan türlerinden neredeyse tamamen farksızdır. Örneğin, sayısız diğer hayvan türü gibi savunma amacıyla toplu halde yaşar, saklanır veya kaçarız. Savanada yaşayan atalarımız avcılarından ve tehlikelerden kaçarken (veya onlarla savaşırken), modern insan hoşuna gitmeyen şeylerden kaçmayı sürdürür ve gerek fiziksel organları düze-

1 Bu bölüme yaptığı katkılardan ötürü Evrim Ağacı üyelerinden ve ODTÜ Biyoloji Bölümü'nden Meriç Öztürk'e teşekkür ederiz.

yinde "düşman" olarak görülebilecek hastalık yapıcı unsurlarla, gerekse de birey düzeyindeki gerçek düşmanlarıyla savaşmayı sürdürür. Aslına bakacak olursanız bilim, sanat ve edebiyat yapmamız haricinde bedenlerimizde ve akıl fonksiyonlarımızda öyle veya böyle başka hiçbir canlı ile ortaklık saptanamayacak hiçbir özelliğimiz yoktur. Kaldı ki, bu üst düzey fonksiyonlarımızın da inşa edildiği temellerin diğer hayvanlarla ortak olduğunu Etoloji bölümümüzde görmüştük. Anlayacağınız, diğer hayvanlarla aramızda var olduğu iddia edilen farklarımızın istisnasız hepsi nicelikseldir, niteliksel değil!

Bir tür olarak genetik yapımızın büyük oranda şekillendiği Afrika savanasından uzaklaşalı yaklaşık bin asır geçti. Bu süre, evrimsel ölçekte çok kısa bir zaman dilimidir. Kuzeyin soğuk, ışıksız ve verimsiz ortamında deri rengini yitirip görece kısa üyeler geliştirerek uyum sağlayan atalarımız, iri beyinleri ve gelişmiş zekâları sayesinde buz çağları gibi sayısız çevresel güçlüğü atlatmışlar, esnek genetik yapıları, araç geliştirme yetileri, evcilleştirdikleri hayvanlar ve kültürleştirdikleri bitkiler sayesinde dengesiz bir nüfus artışı şansı elde etmişlerdir. Doğada bir türün doğal düşmanları sayesinde sağlanan nüfus dengesi insan için kurulamaz olmuş, tüm doğal tehlikeleri "uygarlık" dediğimiz benzersiz organizasyonlarla bütünüyle aşan türümüz dünyanın başına bela olacak bir kalabalığa ulaşmıştır. Paylaştığı dünyanın kaynaklarını tüketene kadar kullanma şansını yakalayan insan, gerçekte kendi kendisine karşı bir tehdide dönüşmüştür. Bu nedenle rahatlıkla insanın kendinden başka "doğal" düşmanı yoktur denebilir. Bir diğer deyişle evrim, kendi kendini tüketen bir canavar yaratmıştır.

İnsanın beden ve akıl fonksiyonlarındaki her türlü ince detay evrimsel sürecin doğal mekanizmalarıyla şekillenmiştir. En temelde bile, ana kimyasal yapımız olan sarmal bilgi deposu DNA'yı istisnasız olarak tüm canlılarla ortak olarak paylaşmaktayız. Sadece bu özelliğimiz bile bir *ortak köken algısı* sağlamaya fazlasıyla yetmelidir. Hücre içi sıvısı olarak bilinen sitoplazmamız yine tüm canlılarla istisnasız olarak ortakken, mitokondrilerimiz sadece hayvanlarla ortaktır ve bitkiler gibi kloroplast taşımayız. Yaklaşık 1 milyar yıl kadar önce bir yerlerde bitkilerle yollarımızı ayırdık. Bazı türlerle omurgalı oluşumuzu paylaşırız. Memeli olmamız dolayısıyla birçok canlı türü gibi doğurduğumuz yavrularımızı emzirir iz. Primatlar gibi iri beyinli hayvanlarızdır. Kuyruksuz maymunlarla olan ortaklığımız, adından da anlaşılabileceği gibi kuyruksuz birer maymun oluşumuzdur. Bu gerçek, evrimsel geçmişimize güçlü bir ışık tutmaktadır. Diğer tüm canlılarla ortak olarak paylaştığımız özellikler, bizlerin ortak atalardan evrimleştiği gerçeğini doğrularken, gruplar arasındaki özel farklılıklar sayesinde hangi türlerle daha yakın, hangileriyle daha uzak akraba olduğumuzu anlayabiliriz. Bu amaç doğrultusundaki en büyük yardımcımız tıp sayesinde anladığımız ve çok daha yakından tanımayı başardığımız anatomik, fizyolojik ve morfolojik özelliklerimizdir.

Bir önceki atanın uyum sağlamış olduğu ortama uygun vücut parçaları, ortaya çıkan yeni yaşam koşullarına adapte olmak üzere evrimleşerek nesil-

ler sonucunda yeni şekiller almaktadır. Bu süreç içinde daima süregelmekte olan unsur, çevresel koşulların çeşitlilik içindeki farklı bireyleri hayatta kalma ve üreme mücadelesine zorluyor oluşudur. Buna bağlı olarak bazı bireyler hayatta kalır ve ürer, bazı diğerleri ise uyumsuz özelliklerinden ötürü bunu başaramaz. Buna bağlı olarak uyumluları "uyumlu" kılan özellikler nesiller içinde daha belirgin hale gelir. Fakat evrim, sıfırdan parçaları birdenbire yaratarak vücut planlarını değiştirebilen bir süreç değildir. Daha ziyade evrim, bir "yama makinesi" olarak görülmelidir. Bazı özellikler adaptif evrim sırasında gelişip ön plana çıkarken, çoğu zaman bazı diğer özellikler yitirilir ve arka plana düşer. İşte buna *takas ilkesi* denmektedir. Takas ilkesi dahilinde evrimleşen bireylerin bazı özelliklerinin iyileşirken, bazı diğerlerinin kötüleşmesine ise *uzlaşı* adı verilir.

Uzlaşı bedelleri günümüz insanının sağlık sorunlarının temel kaynağıdır. Doğada hiçbir şey mükemmel değildir. Evrimsel çeşitlilik üzerinde düşünecek olursanız, şu yalın ama çarpıcı gerçekle yüzleşmeniz kaçınılmazdır: Doğada çeşitlilik varsa –ki hepimizin bildiği gibi fazlasıyla vardır- mükemmellik olamaz. Kısmen eşit derecede başarılı çeşitlerin bir arada var olmasıyla, "kusursuz varlık" olgusu birbirini dışlayan, bir arada bulunması mümkün olmayan kavramlardır. Bir şey hem çeşitli, hem kusursuz olamaz.[2] Dolayısıyla bu çeşitlilik içindeki farkları, bu farkların kökenlerini ve süreç üzerindeki etkilerini anlamak, bilimin en ilgi çekici dallarından biri olan tıbbı doğurmuştur. Tabii ki tıbbın doğumundaki tek faktör bu farklılıkları anlama merakını değil, bizi hasta eden unsurları anlama ve tedavi etme, kendimizi daha iyi tanıma, ömrümüzü uzatma, ölümü öteleme, yaşlılığın etkilerini yumuşatma, doğaya hükmetme, vb. diğer birçok faktörleri de barındırır. Fakat çıkış sebebi her ne olursa olsun, kendi vücutlarımıza bakarak onu anlama çabası, evrimsel süreçteki geçmişimize dair birçok ilgi çekici ve gizemli konuyu aydınlatabilmemizi mümkün kılmıştır.

Yaşamın başlamasını, gelişmesini ve sürmesini sağlayan temel faktörler çeşitlenme ve farklılaşmadır. Çeşitlenmenin temel itici gücü mutasyonlar gibi çeşitlilik mekanizmalarıyken, farklılaşmanın temel itici gücü birikimli seçilimdir. Çeşitlilik olmaksızın evrimden söz edilemez. Ancak doğada canlı-cansız her neye bakarsanız bakın, çeşitliliğin izlerini görebilirsiniz. Zaten bu nedenle, bu kitabın neredeyse her bir bölümünde gördüğümüz üzere evrim algoritmasını biyoloji ötesine genellememiz mümkün olabilmektedir. Kim bilir? Belki

2 Aslında belli bir sorunu çözen, eşit derecede başarılı birden fazla çözüm olabilir, bu normaldir. Bu bile tek başına kusursuzluk iddiasını çürütmek için yeterlidir; zira eşit derecede başarılı çözümlerden birinin yapısı, diğerinden farklı olmak zorundadır (yoksa ikisi de aynı çözüm olurdu). Bu durumda bir çözüm, diğerinin bazı kısımlarını içermemesine rağmen (ve diğeri de ötekinin bazı parçalarını içermez) aynı çözüm başarısına ulaşabilmiştir. Eksiklik, başarıyı sağlayabilmektedir. Birinin parçalarını diğerine eklemek, sahip olunan başarıyı düşürmektedir. Bu durumda alternatiflerin eşit (veya eşite yakın) başarısının mümkün oluşu, kusursuzluk (nihailik, eksiksizlik, mükemmellik) iddiasını çürütmektedir.

de atom altı parçacıklar da "kar taneleri gibi" eşsizdirler[3] ve bu da doğadaki sonsuz çeşitliliğin (ve dolayısıyla sonsuz evrimin) temel nedenidir.

Ekoloji bölümünde de gördüğümüz gibi canlılar, gruplar halinde dünyanın her yerinde birbirileriyle çeşitli şekillerde, dolaylı ve dolaysız olarak etkileşmişler, nesiller içinde çoğalmışlar, farklılaşmışlar (evrimleşmişler) ve türleşmişlerdir. Hiçbir canlı türü yoktur ki yaşamını öyle veya böyle başka bir canlıya borçlu olmasın; hiçbir canlı yoktur ki diğer tüm türlerden bağımsız olarak varlığını sürdürebilsin. Milyarlarca yıldır süregelen evrimsel süreç, türler arası sıkı bağlantılar ile sonuçlanmıştır ve bu şekilde yoluna devam etmektedir.

Bizler de bu uzun evrimleşme süresinde edinilen özelliklerle şekillendik. Örneğin akciğerlerimiz, denizlerden karaya geçiş sırasında, balık atalarımızdaki yutak ile mide arasındaki bir organ olan hava keselerinden köken alarak evrimleşmiştir. Fakat kusursuz olamayan ve her zaman elindeki malzemeleri değiştirerek kullanmak zorunda kalan evrimsel değişim sürecinde solunum sistemimizin bazı parçalarında çok ciddi "tasarımsal sorunlar" meydana gelmiştir. Sırf bu nedenle göğüs cerrahları trakeo-özefageal fistül hastalığını ameliyat eder dururlar! Bu öylesine tuhaf ama aynı zamanda evrimsel geçmişimizi öylesine net bir şekilde gözler önüne seren bir hastalıktır ki, bu ameliyatı her seferinde gerçekleştirirken bilime hayran kalmamak elde değildir.

Her 3500 doğumdan birinde görülen bu hastalığa sahip bebeklerin yutakları ile soluk boruları arasında aslında olmaması gereken bağlantılar bulunur. Bu hastalıkla doğan bebekler tükürüklerini bile yutsalar, boğulma, öksürme, kusma ve hatta siyanoz (morarma) gibi belirtiler gösterirler; çünkü tükürükleri yemek borusundan soluk borusuna geçiş yaparak akciğerlere giden hava akışını kesebilmektedir. Akıllıca tasarlanmış hiçbir sistemde, yiyecek ve içeceklerin geçmesi gereken yutak ile havanın geçmesi gereken soluk borusu bu kadar yakın ve bu kadar tehlike arz edecek kadar bütünleşik olmaması gerekir. Eğer ki hayatınızda yalnızca bir defa bile "boğazınıza bir şey kaçtıysa", yutağınızın ne kadar başarısız bir şekilde "tasarlandığının" farkına varmışsınızdır. Fakat bu son derece anlaşılırdır ve ne yazık ki bu akılsız tasarım için kızabileceğimiz (veya işten atabileceğimiz) bir mühendis bulunmamaktadır. Bu tasarımın sorumlusu, hiçbir öngörüsü, zekâsı veya aklı bulunmayan evrimdir. Evrim, eldeki malzeme neyse ve o andaki doğa şartları neyi gerektiriyorsa, canlıların ona göre değişmesini sağlar. Atalarımızın fiziksel özelliklerinden, vücut yapılarından, morfolojilerinden ve anatomilerinden kaynaklanan bu evrimsel zorunluluklar, yutak

3 Esasında kar tanelerinin eşsizliği bilimsel olarak ispatlanmış bir olgu değildir; çünkü böyle bir iddiayı deneysel yöntemlerle bilimsel olarak ispatlamak olanaksızdır. Ancak kar kristallerinin oluşumu sırasında gözlenen yüksek rastlantısallık, söz konusu iddiayı güçlendirmektedir. Bunun sebebi, bir kar tanesinin oluşumuna etki eden parametrelerin yüksek sayısıdır. Teorik olarak birebir aynı iki kar tanesinin oluşması elbette mümkündür; en nihayetinde kar taneleri bilinçli bir şekilde oluşan, kendi şekillerine karar verebilen yapılar değildirler. Ancak çok fazla değişkenden, çok karmaşık bir şekilde etkilendikleri için, genellikle birebir aynı kar tanelerine rastlamayız.

ve soluk borularının dip dibe olacak şekilde evrimleşmesini gerektirmiştir. Bu nedenle sayısız insan her gün boğulma tehlikesi geçirir ve doğuştan yutak-soluk borusu kaynaşması sorunuyla doğan bebekler anında ameliyat edilmek zorunda kalırlar.

Vahşi doğada olsaydık, bu şekilde doğan bireylerin hayatta kalması mümkün olmazdı. Bu nedenle bu tip doğumlar aşırı yaygın ve sık değildir; fakat halen dikkate değer miktarda sıklıkla görülmektedir. Bunun sebebi, söz konusu gelişimsel probleme sebep olan mutasyonların ve çevresel faktörlerin spontane olması, yani ebeveynlerden alınmak yerine doğrudan doğruya birey üzerinde yaşanıyor olmasıdır. Evrimin çevreyi değiştirme gücü yoktur; sadece çevreye uygun olan bireylerin hayatta kalması ve üremesine dayalı bir süreçtir. Evrim, kalıtsal olarak süregelen mutasyonları eleyebilir, çevreye uyumlu bireylerin yaratılmasını sağlayabilir; ancak bunun ötesinde bir değiştirme ve hükmetme gücü yoktur. Buna rağmen nasıl olup da bazı kalıtsal zararlı (ve hastalık yapıcı) mutasyonların halen popülasyonlarımızda bulunduğuna bölümün ilerleyen sayfalarında geleceğiz.

Benzer bir örnek olarak verebileceğimiz, bugün fizyolojik hiçbir önemi kalmamış olan hıçkırık, su-kara sınırında yaşamış atalarımızın en yaşamsal refleksiydi. Bu refleks sayesinde gerek su içindeki hareketlerini kontrol etmekteydiler, gerekse de hava kesecikleri içerisine dolan sudan kurtulmayı başarmaktaydılar. Ancak günümüzde, bu refleksin hiçbir anlamı yoktur; zira türümüz de dahil olmak üzere birçok memeli artık suda yaşamamaktadır. Belirttiğimiz gibi evrim, kusursuz işlemez. Evrimsel süreçte oluşan veya körelen yapıların izleri, birer damga gibi günümüze kadar taşınmıştır. Hıçkırığın sağlayıcısı mekanizma ve kas sinir yolları halen vücutlarımızda ve beyinlerimizde bulunmaktadır ve günümüzde bu durum, bazı şartlar altında hastalar ve doktorlar için bezdirici sonuçlara yol açmaktadır. Buna rağmen bu sinir devreleri ve genetik altyapı ölümcül sorunlar yaratmadığı veya uyum başarısını dikkate değer miktarda düşürmediği için evrim tarafından elenememiştir. Unutmamak gerekir ki evrim, akıllı bir şekilde istenmeyenleri seçip yok eden, istenenleri vücuda ekleyen bir bilince sahip değildir. Evrimin izleyeceği yolak, popülasyon içi çeşitlilik ve bireylerin içinde bulundukları çevreye uyum miktarları (uyum başarısı) ile ilgilidir.

Bir diğer örnek, ateş mekanizmasıdır. Bedenlerimiz bakterilere karşı iç sıcaklığını birkaç derece artırarak bağışıklık sistemine yardımcı olmaktadır. Bu, bakterilerin çalışma hızını düşürse de, vücudumuzdaki enzimlerin de çalışmasını zorlaştırmaktadır. Akıllı bir sistemde bakterileri bir çırpıda silip atan veya hiçbir bakterinin vücudumuza girememesini sağlayan mükemmel savunma mekanizmaları olmasını bekleriz. Ancak evrim, kusursuz bir çalışma mekanizmasına sahip olmadığı için, "yama" olarak görebileceğimiz yöntemlerle sorunların çözümüne çabalamaktadır. Sıfırdan bir antibakteriyel savunma geliştirmek yerine, vücut sıcaklığını değiştirerek mikroplarla mücadele etmeye çalışmak evrimsel açıdan daha ekonomiktir (ama objektif bir perspektifen çok

daha acınası bir çabadır). İşte evrimin bu "yama" özelliği, vücutlarımızın eşsiz birer sanat eseri olmak yerine, var olan bir kalıbın üzerine bolca yama yapılmış, adeta "idareten" çalışan bir makine gibidir. Şöyle düşünün: Eğer ki vücutlarımız kusursuz olsaydı, yüzlerce farklı tıp dalında çalışıp insanların sorunlarını düzeltmeye çalışan milyonlarca hekime gerek olmazdı.

Vücutlarımızı tamir etmek, yamalara yama katmak yeterli değildir. Elimizden geleni yapmayı sürdürmek zorundayız elbet; ancak bunu yaparken, çok daha önemli bir şeyi de başarmak durumundayız: Bu sorunların, hastalıkların, sıkıntıların kökenini anlamak, evrimsel gelişimlerine hâkim olmak... İşte Evrimsel Tıp, bu çabanın bir ürünü olarak doğmuş ve özellikle 21. yüzyılda hızlı bir yükselişe geçmiş olan, nefes kesici bir bilim dalıdır. Evrimsel Tıp, anatomik ve fizyolojik yapıların işlevselliğinde ortaya çıkan aksaklıkların nedenini insanı şekillendiren uzak geçmişimizdeki evrimsel mekanizmalar üzerinden sorgular. Dolayısıyla hastalıklarımıza klasik tıp anlayışının sorduğu *"Nasıl?"* yerine *"Neden?"* sorusunu sorarak yanıt arar. Böylece hekimlere evrimsel bakış açısını kazandırarak daha sağlıklı inceleme, araştırma, izlem ve tedavi metodları edinmelerine yardımcı olur.

Eğer bir hastalığın nihai nedenini öğrenmek istiyorsak, dolayısıyla onu kökünden çözmeyi hedefliyorsak, her bir organı, sistemi ve hastalığı ortak köken algısı çerçevesinde incelemeli, hastalıkları da evrimsel mekanizmaların baskısı ile geçmişte edinilmiş fonksiyonların modern yaşamsal çevreyle uyumsuzluğu olarak görmeliyiz. Dahası, daha önceden başka fonksiyonları olan yapıların yeni koşullarda üstlendikleri yeni rollere uymada gösterdiği beceriksizlikleri de dikkate almak durumundayız. Zira evrimsel süreçte bir özellik yoktan var olmaz; halihazırda var olan özelliklerin bir "yeniden düzenlemesi" sonucu oluşur. Bu süreçte bazı yapılar yepyeni görevler kazanabilirler (balıklardaki bağırsak sistemi organlarından birisinin akciğere evrimleşmesi gibi).

Tıbba bu şekilde bütüncül ve evrimsel bir açıdan bakmak, daha önceden anlam verilemeyen birçok gizemi aydınlatmayı başarmıştır. Örneğin sıtmanın orak hücre anemisi ile coğrafi olarak aynı bölgede ve aynı sıklıkta olması, bir özellik için zararlı olan ancak bir başkası için avantaj sağlayan çekinik bir alelin seçilimi çerçevesinde, evrimsel mekanizmalarla kolaylıkla açıklanabilmektedir. Hastalıklara bakışımız, evrimsel analiz yeteneği kazanıp geliştikçe, doğal savunma mekanizmalarımızı engellememiz gerektiğini daha iyi anlar, hıçkırmak gibi gereksiz ve hiçbir işe yaramayan arkaik (ilkel) reflekslerin nedenini açıklayabilir, süt içen çocukların rahatsızlanmalarını zehirlenme veya alerji gibi asılsız iddialardan uzak olarak yorumlayabiliriz. Yani evrimsel tıp sadece hastalıkların evrimsel tarihini anlamak için değil, günümüzde akıllı kararlar alabilmek için de müthiş büyük bir öneme sahiptir. Bu da evrimle ilgili sıklıkla sorulan *"İyi de bunu bilmek ne işime yarayacak?"* sorusunun en kısa ve net cevabıdır. Eğer ki tıbbı evrimsel bir açıdan ele almazsak, halihazırda bir bilim dalı olmasına rağmen tıbbi bilgilerimiz bizi yanıltıcı sonuçlara götürecektir! En iyi ihtimalle yeterince tatmin edici olmayan cevaplar bulmamıza neden olacaktır.

Evrimi fark etmek, anlamak ve açıklamak için sadece aynaya bakmak bile neredeyse yeterlidir. İnsan bedeni, okunmaya hazır bir evrim atlası gibidir. 20 yaş dişlerimiz, apandiks isimli organımız, kuyruk sokumumuz, göz pınarlarımızdaki üçüncü göz kapağı, kulak kepçemizdeki minicik bir kabartı, ayaklarımızdaki plantaris kası, kulaklarımızın dibinde bulunan auricularis kasları, hücrelerimizde bulunan hurda DNA, burunlarımızda bulunan Jacobson organı, vücut kıllarımızın[4] ürperdiğimizde veya üşüdüğümüzde dikelmesi davranışı ve daha birçok kanıt... Bunların hepsi evrimsel süreçte körelmiş veya yeni işlevler kazanarak değişmiş ilginç organlara sadece birkaç örnektir. Bazı sayımlara göre sadece insan vücudunda 100-300 arası körelmiş yapı, organ ve davranış bulmak mümkündür!

Ancak evrimsel tıbbın var oluş sebebi evrimi savunmak veya ispat etmek değildir. Evrimin bir yasa olması bakımından böyle bir şeye ihtiyacı olmadığı gibi, Evrim Kuramı'nın bilim insanları arasındaki genel geçer kabulü de nettir. Evrimsel tıbbın asıl hedefi, insan sağlığı üzerine yapılan çalışma, araştırma ve uygulamalara evrimsel bakış açısı ile eğilerek, geçmişteki hatalardan arınmış, koruyucu ve tedavi edici uygulamalara gerçekçi destekler vermektedir. Yine de biz, kitabımızın bu kısmında vücudumuzda bulunan evrimin damgalarına bol bol yer vererek, gerek sizleri şaşırtmaya, gerekse de evrimsel tarihimizde bir yolculuğa çıkarmaya çalışacağız. Yeri geldikçe evrimsel tıbbın bu bulgulara yaklaşımlarını gösterecek, böylelikle sahanın ne kadar ilgi çekici olduğunu siz okurlarımıza aktarmaya çabalayacağız.

Evrimsel tıp öylesine önemli bir konudur ki, temel tıp eğitiminde yer almıyor oluşu yalnızca akıl dışılık ile izah edilebilir. Tıp eğitimi müfredatına evrimsel tıbbın eklenmesi durumunda, hekim adaylarına en temel gereksinimleri olan evrimsel analiz yeteneği verilmiş olacaktır. Şu anda bu pek olası gözükmediğinden, bu kitabın bu bölümünde vereceğimiz bilgilerle temel bir anlayış yerleştirmeye çalışacağız. Kitabın diğer bölümleri sayesinde ise daha bütüncül bir algıya erişmek mümkün olacaktır diye düşünüyoruz.

Günümüz doktorlarının ne kadarı evrim gerçeğini reddetmektedir, bunu bilemeyiz ama şunu üzülerek söyleyebiliriz ki evrim yasalarını kabaca da olsa anlatabilecek hekim sayısı maalesef son derece azdır.[5] Hekimler arasındaki ev-

4 Her ne kadar Türkçede "tüylerim diken diken oldu" desek de, aslında memelilerde "tüy" değil, "kıl" bulunur. Yani "tüy", sanıldığının aksine "ufak kıl" demek değildir. Tüyler, Kuşlar Sınıfı'nın ayırt edici bir özelliğidir. Kıllar ise Memeliler Sınıfı'nın. Bizlerin tüy yerine kıllarımızın olması, memeli bir hayvan türü olduğumuzun en bariz örneklerinden birisidir. Bu bakımdan deyimin doğrusu "kıllarım diken diken oldu" olmalıdır.

5 2005 yılında ABD'de görev yapmakta olan 1472 hekim üzerinde yapılan ulusal bir anket sonucunda tıp doktorlarının %63'ünün evrimi kabul ettiğini göstermiştir. Bu oran, temel bilimlerdeki orana göre çok ama çok düşüktür. Lakin bunun sebepleri anlaşılırdır. ABD'de de, Türkiye'de olduğu gibi tıp eğitimi sırasında insan vücudu ironik bir şekilde "muhteşem", "mükemmel" bir mekanizmaymış gibi anlatılmaktadır (bu durumda insanlığın neden hekimlere ihtiyacı olduğu sorulmalıdır). Dahası, ABD'de dini görüşlerin etkisi, hemen hemen Türkiye'deki kadar yüksektir (ABD, halk arasında evrimin kabulü konusundaki sıralamada Türkiye ile komşu durumdadır).

rimin kabul ediliş ve anlayış oranlarının genel bilim insanı popülasyonuna göre çok düşük olması, evrimsel tıbbın öğrenilmesinin ve öğretilmesinin önemini bir başka açıdan da göstermektedir.[6] Bu nedenle evrimsel tıp, bir bilim dalı olarak sadece popüler bilim okurlarının değil, aslen doktorların da ilgi alanında olmalıdır. Evrim Kuramı ve bunun sağlığa uygulamaları konusunda bilgisi olmayan bir hekimin insan sağlığına bütüncül yaklaşabileceğinden kuşkuluyuz; çünkü geçmişteki kendi eksikliklerimizi bu kitabın yazarlarından bazıları olarak bizler de, evrimsel biyoloji ile tanışmamızdan sonra fark ettik.

Öyleyse lafı daha fazla uzatmayalım ve tıbbın kalbinde yatan çok temel bir soruyla konuya girelim:

HASTALIK NEDİR?

Konuya detaylı bir şekilde giriş yapmadan önce, tıpta kullanılan hastalık ve hastalıkla ilişkili bazı terimleri tanımlamakta ve örnekler vererek konuyu netleştirmekte fayda görüyoruz. Çünkü birçoğumuzun düşünmeden kullandığı, tanımlar yapıştırdığı, bilimin bu konudaki tutumlarından bihaber olarak yorumlar getirdiği konuların başında hastalıklar gelmektedir.

Kafamıza göre, bize uygun gelmeyen her sağlık durumunu "hastalık" olarak nitelendirmeyi pek severiz. Kolaydır çünkü bizden olmayanı "hasta" olarak görmek. Hele ki "norm" olarak kabul edilen; aslında birkaç on yıllık bir dilime vurulduğunda son derece değişken olduğu anlaşılabilecek, "genel geçer" sandığımız ama aslında olmayan durumlara göre değerlendiririz insanları... Bir zamanlar dişilerin erkekler gibi kotlar, gömlekler giyinmesi anormaldi ve "hastalıklı bir eğilim" olarak görülüyordu. Bugün her iş merkezinde, her spor salonunda, her halka açık meydanda böyle giyinen kadınları görürsünüz ve kimse bu davranışın hastalıklı olup olmadığını düşünmez. Ancak bu, şu anda içinde yaşadığımız zamanın koşullarına alışık olduğumuz için pek de anlamlı bir örnek gibi gelmeyebilir; sonuçta kadınların kot-gömlek giymesi bizler için son derece normaldir. Bunun hastalık olarak görülebileceği bir zamanı hayal etmekte bile güçlük çekeriz.

Şu örneği düşünün: Bundan sadece birkaç asır önce doğada bulunabilecek çeşitli kimyasallarla uğraşan, çeşitli maddeleri birbirine karıştırarak kokulu ve renkli karışımlar elde eden, bir adım öteye giderek bunların bazı hastalıklara iyi geldiğini, bazı sorunları çözdüğünü iddia eden ve bugün bazılarınca "deney" olarak görülebilecek işlere kafa yoran kişiler "cadı" denilerek diri diri yakılmaktaydı! Bazılarının gerçekten "kaçık" olduğu doğru olsa da, birçoğu aslında "hasta" insanlar değildi! Hele ki bugün bunun çok daha azını yapanlara "hacı hoca" diyerek el yüz sürenler olduğu düşünülecek olursa, hangisinin "hasta-

Gerçekten de yapılan araştırmada Musevi doktorların, %88'e karşı %54 ile Protestan doktorlara göre evrimi çok daha yaygın olarak kabul ettikleri görülmektedir.

6 2015 yılında yapılan kapsamlı bir Pew araştırması, tüm bilim insanlarının %98 civarının evrimi kabul ettiğini göstermektedir.

lıklı" davranış olduğuna karar vermek güçleşmektedir. Ama yine, günümüzde neyse ki cadı avlarına pek rastlamamaktayız.[7] Dolayısıyla bunu da hastalıkları tanımlamak için bir örnek olarak kullanmak pek kolay olmayacaktır.

O zaman bazı sorular sorarak sizi biraz daha düşünmeye zorlayalım: Eşcinsellik bir hastalık mıdır? Neden 1970'lerden sonra eşcinsellik bir "hastalık" olmaktan çıkarılmış, normal bir durum olarak bilim literatürüne girmiştir? O zamandan bu yana ne değişmiştir? Peki ya pedofili?[8] Eşcinsellik bir hastalık değilse, pedofili (çocuk sevicilik) hastalık mıdır? Eğer pedofili hastalıksa, hebefili veya efebofili de hastalık mıdır? Neden ya da neden değil? Eğer yasalar reşitlik yaşını 18 değil de 16 ya da 14 olarak belirleseydi bunların hastalık statüsü değişecek miydi? Delilik? Deliler hasta mıdır? Yoksa onları ayrı bir zihin formu olarak değerlendirmek, popülasyon içi bir varyasyon (çeşit) olarak görmek mümkün müdür? Delilik ile grip aynı derecede hastalıklar mıdır? Hastalıklar arasında belli seviyeler var mıdır? Varsa, bu sınırları nasıl, neye göre belirleyeceğiz? Kangren, gıda zehirlenmesi ve sıtma benzer hastalıklar mıdır? Yaşlılık ve hatta ölümün kendisi birer hastalık mıdır? Orak hücre anemisi ile Down sendromu arasındaki farklar nedir? Neden biri "sendrom" olarak anılır da, diğeri hastalıktır?

Belki tüm bu sorulara kitabımızın bu bölümünde kapsamlı cevaplar veremeyebiliriz. Çünkü bunların her biri ayrı birer kitap olacak kadar detayı hak eden konular. Ancak bu bölümde sizlere evrimsel tıp perspektifinden bazı temel bilgileri sağlayarak, sizlerin konuya bütüncül bir yaklaşım geliştirmesini sağlamaya çalışacağız. Gözden geçirilmiş bir hastalık tanımı geliştirerek, bir önceki paragrafta sorduğumuz soruların bazılarını kendinizin de yanıtlayabilmesini sağlamayı hedefleyeceğiz. Böylelikle bu bölüm, tam da hak ettiği gibi, ezbere bilgileri size dayatmak yerine, doğru yaklaşımları geliştirmenizi sağlayacak yöntemleri size kazandıracak diye umuyoruz. Yani bu bölüm, *ne* düşünmeniz gerektiği yerine, *nasıl* düşünmeniz gerektiğini öğretmeye çalışacak.

Bu bölümdeki amacımız size hazır tıp bilgilerini vermekten ziyade, çeşitli tıbbi durumları kapsayıcı bir tanım yapıp yapamayacağımızı incelemek ve bunların mümkün olduğunda farklı açılardan analizini ortaya koyabilmektir. Aksi takdirde, bu bölüm karmakarışık tıp terminolojisine boğularak içinden

7 O coğrafyadaki yaygın dine (veya herhangi bir diğer dine) inanmayan ateistleri, o coğrafyanın cinsel yönelim normlarına uymayan eşcinselleri öldüren bazı geri kafalı zihniyetler haricinde...

8 Pedofili, genel olarak bir ülkenin yasal reşitlik yaşının (genellikle 18 yaşın) altındaki bireylere cinsel ilgi duyan kişilere verilen isimdir. Aslında halk arasında pedofili olarak bilinen olgunun 4 ana alt başlığı bulunmaktadır: infantofili (0-5 yaş arasındaki bebeklere cinsel ilgi duyma), (gerçek) pedofili (5-11 yaş arası çocuklara cinsel ilgi duyma), hebefili (11-14 yaş arası çocuklara cinsel ilgi duyma), efebofili (14-19 yaş arası ergenlere cinsel ilgi duyma). Dahası, bunların davranış bakımından iki ana alt başlığı bulunmaktadır: Cinsel güdülerle hareket ederek ilgi duyduğu yaş grubuyla cinsel ilişkiye giren "aktif" pedofiller ve cinsel istek duysa da, sosyal olarak bu duygunun kabul edilmez olduğunu bilerek bu güdüyü bastırabilen "pasif" pedofiller. Pedofili, "pedofilik bozukluk" adı altında Zihinsel Hastalıkların Diagnostik ve İstatistiki Elkitabı'nda (DSM-5) ve "pedofili" adıyla Uluslararası Hastalıklar Sınıflandırması'nda (ICD-10) yer almaktadır.

çıkılmaz bir hal alacaktır. Eğer ki buradaki konuları daha detaylı incelemek isterseniz, bölüm sonundaki kaynaklarımızdan başlayarak okumalarınızı daha kapsamlı bir alana genişletebilirsiniz.

Öncelikle hastalıkların tanımını yaparak başlayalım. Az önce de değindiğimiz gibi, her ne kadar herkes bir şeyleri "hastalık" olarak nitelemekte pek bir şüphe duymasa da, resmi bir hastalık tanımı yapmak son derece güçtür. Belki hastalığı tanımlamak için, sağlığı tanımlamakla başlamak iyi bir adım olacaktır.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre sağlık, *"fiziksel, zihinsel ve sosyal olarak tam bir iyilik halidir; sadece hastalık veya sakatlığın olmama durumuyla tanımlanamaz"*. Bu terim, kapsayıcı bir şekilde tanımlanmış olsa da, eğer ki bu tanımı kabul edeceksek teknik olarak neredeyse kimse "sağlıklı" olarak kabul edilemeyecektir. Çünkü tanım muğlaktır; "tam bir iyilik hali"ni nasıl tüm coğrafyaları ve koşulları kapsayacak şekilde tanımlayabiliriz? Irak şartlarında yaşayan birinin "tam iyilik hali" ile İsveç'te yaşayan birininki aynı olabilir mi? Bir Afrika kabilesinin sağlıklı olma durumu ile bir Avrupa aristokratının bir midir? Dahası hastalıklar genellikle bir anda beliriveren durumlar değildir. Örneğin vücudumuzda gelişmekte olan bir hastalık, henüz semptomlarını göstermediyse ama içten içe bizi kemiriyorsa, biz "sağlıklı" durumda mı kabul edileceğiz? Tüm bunları aynı ölçekte tanımlayabilir miyiz; yoksa farklı skalalar mı geliştirmemiz gerekiyor? Bu tanım, her ne kadar iyi niyetle yapılmış olsa da, tarihçi Robert Hughes bu tanımı 1993 yılında eğlenceli bir şekilde eleştirmektedir:

"Bu tanım, bir insan için değil de, bir büyükbaş hayvan için daha geçerli gibi gözüküyor."

HASTALIKTA VE SAĞLIKTA: KEMİK ERİMESİ VE EŞCİNSELLİK

Görülen o ki sağlık üzerinden giderek hastalık tanımı yapmakta sıkıntı çekeceğiz. Ancak hastalık tanımı da aynı derecede sıkıntılıdır. Çünkü sağlığımızı etkileyen sorunların nerede bitip, nerede başladığı, ne zaman kaçınılmaz, ne zaman engellenebilir olduğu gibi konular son derece tartışmalıdır. Bunun en güzel örneklerinden biri kemik erimesidir.

Muhtemelen sokaktan çevirip soracağınız herkes kemik erimesini bir "hastalık" olarak tanımlayacaktır. Bu, yukarıdaki tanıma göre mantıklıdır. Ancak 1994 yılından önce Dünya Sağlık Örgütü, bu konuyu bir "hastalık" olarak değil, "yaşlılığın kaçınılmaz bir parçası" olarak tanıyordu. Yani 1994 yılından önce kemik erimesi teknik olarak bir hastalık değildi. O zamanki açıklaması da gayet makuldü: Yaşlılık anormal bir olgu değildir ve yaşlanmayı tanımlarken, mecburen bunun belirtilerine neden olan unsurları da doğal saymamız gerekmektedir. Sonuçta kemik erimesi, yaşlılığın ana parçalarından bir tanesidir ve bu sebeple, genel sağlık haline engel olan bir unsur olarak tanımlamamız kısıtlayıcı olmaktadır. Ancak sonradan, kemik erimesinin tedavi edilebilir ve

engellenebilir bir unsur olduğunun anlaşılması, bu durumu bir "hastalık" kategorisine koydu.

Burada fark ettiğimiz kritik bir nokta, farklı yaşlar için farklı sağlık koşullarını tanımlamamız gerekebileceğidir. Örneğin bir bebeğin çamur yeme davranışı ("pika") neredeyse her zaman normal bir durumdur. Ancak açık bir şekilde, bir yetişkinin bunu yapması "hastalık" olarak nitelenecektir. Bu sınır nerede biter, nerede başlar, nasıl bileceğiz? Popülasyon içindeki çeşitliliği nasıl hesaba katacağız? Bazı çocuklar çamur yeme davranışını 2 yaşında keser, bazıları 3 yaşında, kimi 5 yaşında... Bu durumda 5 yaşını doldurduktan sonra 6 ay daha bu davranışa devam eden birey "hasta" mıdır? *"O kadarcık olur"* dersek, 7 yaşında bırakmak hastalık olarak mı görülecektir? Sınırı kim, neye göre belirlemektedir?

Kemik erimesinin tam tersi bir örnek de, eşcinselliktir. Eşcinsellik binlerce yıldır insan toplumlarında görülmekte olan, canlılar dünyasında ise yüz milyonlarca yıldır bulunan bir olgudur. Dünya üzerinde en tutucu tahminle 500, en olası tahminle 1500 civarında türde eşcinsel davranışlar bulunmaktadır. 19. yüzyıldan önce insanlar eşcinselliği sıradan (ama çok da tasvip edilmeyen) bir davranış türü olarak tanımlıyordu; onlar için bu bir tercihti. O zamanlarda bu "davranışa" karşı bugün olduğundan bile az tepki vardı. Tabii bunun bazı durumlarda bir diğer sebebi, eşcinsellerin pek ortaya çıkamıyor oluşudur. Antik Yunan gibi bazı eski toplumlarda eşcinsel ve hatta pedofilik sayılabilecek bazı ilişkiler, günlük yaşamın sıradan gerçekleriydi! Bu, yakın dönem imparatorluklar tarihine kadar bile ulaşmayı başarmıştır. *Game of Thrones* gibi televizyon fantezilerinin anlattığı eşcinsel, pedofilik ve ensest ilişkiler tamamen uydurma değildir; insanlık tarihinin çok da eski olmayan geçmişini, hayal gücü ile harmanlayarak yansıtmaktadır.

19. yüzyılda eşcinsellik tanımsal bir evrim geçirmeye başladı: Bu yüzyılda, öncelikle bir davranış olmaktan çıkarak bir "durum" olarak görülmeye başladı. Yani artık eşcinselliğe bir anlam yüklenmeye başladı. 1900'lü yılların başlarında uzmanlar eşcinselliği hormon tedavisi gerektiren bir endokrin (hormon sistemiyle ilgili) "bozukluk" olarak tanımladı. Ancak hiçbir hormon tedavisi bu durumu düzeltmiyor veya iyileştirmiyordu; tam tersine bireyin genel sağlık durumunu bozuyordu. Bu nedenle 1900'lerin ortalarına yaklaşırken bu "durum", "doğal ve organik bir zihin bozukluğu" olarak tanımlanmaya başladı. Çünkü dediğimiz gibi hormon tedavisi işe yaramıyordu, belli ki (!) sorun zihinde bitiyordu. O dönemin uzmanları bu "bozukluğu", elektroşok ve kimi durumda sinir ameliyatları ile tedavi edebileceklerini ileri sürdüler. Tek bir başarılı vakaya bile rastlanmadı! Tıpkı hormon tedavisi gibi, elektrik tedavisi ve ameliyatlar da durumu daha da karmaşıklaştırıyor, hiçbir "fayda" sağlamıyordu. Sonunda genetik biliminin iyice gelişmesi, evrimsel biyoloji sayesinde türleri, doğayı ve akrabalarımızı daha iyi tanımamız, psikolojinin gelişerek zihnimizle genlerimiz arasındaki köprüyü daha net kurabilmeye başlaması sonucunda 1974 yılında dünyanın bu konuda en yetkili kurumu olan (ve önceki tanımlara da etki etmiş olan) Amerikan Psikiyatri Birliği eşcinselliği bir hastalık olmaktan çıkararak, normal bir durum olarak tanımlamaya başladı.

Gerçekten de eşcinsellik, tür içindeki sıradan varyasyonlardan birisidir; bireylerin kendisine ve popülasyonlara hiçbir zararı yoktur. Peki üremeye engel olan bu durum nasıl olur da evrimsel süreçte insanlarda ve diğer yüzlerce canlı türünde korunmuş olabilir?

Bu çok geniş bir konu, dolayısıyla konuyu dağıtmamak adına sadece özet geçeceğiz. Ancak öncelikle bilinmelidir ki eşcinsellik en azından insanlarda teknik olarak üreme başarısını azaltmamaktadır. Bir eşcinsel, pekâlâ heteroseksüel (düzcinsel) bir ilişki sonucunda yavru sahibi olabilir. Ancak bunu yapmak üzere girdiği ilişkiden cinsel olarak haz almayacaktır, hepsi bu. Eşcinseller, kendi cinsiyetlerine cinsel ilgi duymaktadırlar. Nasıl ki siz eğer ki bir düzcinsel erkekseniz, bir başka erkek ile seks yapmayı itici ve anlamsız buluyorsanız, eşcinsel bir erkek de bir dişiyle seks yapmayı itici ve anlamsız bulmaktadır. Hepsi bu! Ancak ola ki hayali bir "X kanseri" türü olsaydı ve bu süründürücü ve ölümcül kanserin tek nihai tedavisi eşcinsel ilişkiye girmek olsaydı, birçok kişi ölmek yerine bunu tercih edebilirdi. Benzer şekilde, eğer ki çocuk yapmak bir eşcinsel için o kadar önemliyse, gerek seks yoluyla, gerekse de modern teknolojiler (veya basitçe evlat edinme yoluyla) çocuk sahibi olabilmektedirler. Eşcinsellik, çocuk üretimi için dünyanın sonu değildir.

Lakin insan-harici hayvanların ne IVF[9] gibi modern üreme teknolojileri vardır; ne de insan kadar bilinçli tercihler yapabilirler (ve bu nedenle, insan-dışı hayvanlar eşcinsel olsalar da üreme amaçlı seksi genellikle tercih edemezler). Bu durumda daha kapsayıcı, daha evrensel ve daha evrimsel bir açıklama bulmak zorundayız demektir. Böyle bir açıklama gerçekten de bulunmaktadır.

Evrimsel süreç, sadece doğrudan uyum başarısı (ya da kısaca uyum başarısı) üzerinden işlememektedir. Dolaylı uyum başarısı da büyük bir öneme sahiptir. Dolaylı uyum başarısı, bir türün akrabalarının başarısı nedeniyle sahip olduğu daha kapsayıcı bir uyum başarısı olarak görülebilir. Unutmamak gerekmektedir ki bir canlı ebeveynleriyle, kardeşleriyle, yeğenleriyle, kuzenleriyle ve daha nice akrabasıyla çeşitli derecelerde gen ortaklığına sahiptir.[10] Bu akrabalık ilişkisinden ötürü, akrabalarının hayatta kalma ve üreme şansını arttıran bireyler, dolaylı olarak da olsa kendi genlerinin de hayatta kalma ve gelecek nesillere aktarılma şansını arttırmaktadır. Dolayısıyla teknik olarak bir bireyin kendisinin hayatta kalması ve üremesi şart değildir; akrabalarının hayatta kalıp üremesine katkı sağlaması bile evrimsel matematik çerçevesinde eşit derecede "başarılı" olmasını sağlayabilir. Ünlü evrimsel biyolog John Burdon Sanderson Haldane'e, meslektaşlarıyla bir barda bira içip, evrimsel

9 In-Vitro Fertilization (Yapay Döllenme): Yumurtanın vücut dışarısına çıkarılıp, bir sperm ile yapay yolla döllendikten sonra yeniden ana rahmine yerleştirilmesi yöntemi.

10 Evrimsel biyolojide akrabalık ilişkisi "r" katsayısı ile belirlenir. İkiz kardeşlerin genleri spontane mutasyonlar göz ardı edilecek olursa %100 aynıdır; bu nedenle r katsayıları 1'dir. İki normal kardeşin veya ebeveyn ile yavruların genlerinin %50'si ortaktır; bu nedenle r katsayıları 0.5'tir. Dedeler ile torunların ve üvey kardeşlerin r katsayısı 0.25'tir. Birinci derece kuzenlerde bu oran 0.125'e düşer. Örneğin, dördüncü derece kuzenlerde bu akrabalık katsayısı 0.02 kadar düşüktür!

süreçte ortaya çıkan fedakârlık (altruizm) konusunda sohbet ederken, kardeşi için hayatını feda edip etmeyeceği sorulduğunda, Haldane espritüel bir şekilde şunu demiştir:

"Bir kardeş için feda etmem; hayır. Ancak 2 kardeş veya 8 kuzen için ederim!"

Haldane'in burada söylemek istediği, 2 kardeşin (veya 8 kuzenin) hayatta kalma ve üreme başarısı, sizin hayatta kalma ve üreme başarınızla aynı evrimsel avantajı sağlayacaktır. Bu sayılar, dipnotta belirttiğimiz "r" katsayısından kaynaklanmaktadır: 2 kardeşin 0.5'lik katsayısının toplamı da, 8 kuzenin 0.125'lik katsayısının toplamı da 1'e, yani sizin uyum başarınıza eşittir.

İşte toplumlarda fedakarlığın bu kadar yaygın olarak evrimleşmiş olduğu gerçeği, eşcinselliğin evrimsel süreçte korunmasının, hatta desteklenmesinin arkasında yatan neden olabilir! Eşcinsel bireylerin kendileri genellikle çocuk sahibi olmadıkları için, popülasyon içindeki yakın bireylere katkı sağlayarak grubun tamamının avantajına çalışmış olabilirler. Bir düşünün: Yavrularınız için ayırdığınız enerjinin tümünü yakın akrabalarınıza ayıracak olursanız, çok fazla sayıda bireyin hayatını olumlu bir şekilde etkileyebilirsiniz. İşte bu durum, eşcinselliğin evrimsel başarısını tek başına açıklamak için bile yeterlidir.

Dahası, yapılan araştırmalar çok ilginç sonuçları da ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, meyve sinekleri üzerinde yapılan bir dizi genetik ve davranışsal deney sonucunda ortaya konduğu üzere, eşcinsel bireylerin daha sıklıkta olduğu dişil soy hatlarından gelen dişilerin üreme başarısı, soy hattında eşcinselliğin hiç görülmediği (ya da daha nadir göründüğü) bireylere göre istatistiki olarak anlamlı miktarda daha fazladır. Bir diğer deyişle, eşcinsellik erkeklere kısmen zarar veriyor olsa bile, dişilere üreme başarısından ötürü avantaj sağladığı için erkeklerdeki bu olumsuz taraf dengeleniyor gibi gözükmektedir.

Dahası, eşcinselliğe neden olan ya da eşcinselliğe etki eden genlerin (bu genler henüz net olarak tespit edilememiştir) bir kopyasını taşıyan heterozigotların, iki kopyayı da taşıyan homozigotlara göre avantajlı olacağını ileri süren aşırı baskınlık hipotezi de halen geçerliliğini koruyan açıklamalardan birisidir. Yani popülasyon içinde bir miktar eşcinsellik, hiç eşcinselliğin bulunmamasından daha iyi gözükmektedir.

Tüm bunlardan görülebileceği gibi, bir şeyleri "hastalık" olarak tanımlamak sandığınız kadar kolay değildir. Ancak onlara verdiğimiz tanımlardan bağımsız olarak, bu kavramları evrimsel bir bakış açısıyla analiz etmek bizlere son derece kıymetli bilgiler verebilmektedir. Dediğimiz gibi, bu bölümün asıl amacı da sizlere bu geniş perspektifli bakış açısını sunabilmektir.

Yine de tanımlar her türlü karşımıza çıktığı için, bazı tanımların netleştirilmesinde ve tıbbi bir durumdan söz ederken okurlarımızla aynı şeyden bahsettiğimizden emin olmakta fayda var. Bu nedenle bazı tanımları aradan çıkaralım. Bu tanımları öğrenmek, bazı kategorizasyonları yapmakta ve evrimsel analizde de faydalı olacaktır.

TANIMLAR, TANIMLAR, TANIMLAR...

Ne olursa olsun, bir şekilde bazı tanımlar yaparak sınırlar çizmemiz gerekiyor. Özellikle "hastalık" sözcüğü ile ilişkili olan semptom, sendrom, bozukluk gibi bazı terimleri tanımlamamız gerekiyor. Bu sebeple Hawaii Üniversitesi Psikoloji Bölümü'nden Dr. Elaine M. Heiby'nin ders notlarına bir göz atıyoruz:

Öncelikle *semptom (belirti)* ile başlayalım. Bunu anlaması çok zor değil, ismi zaten oldukça açık: Gözlenebilir bir davranış veya duruma belirti denir. Ancak tabii diğer tüm terimlerde olduğu gibi, bunun da sıkıntıları vardır. Örneğin bir tıbbi durum ne zaman semptomdur, ne zaman hastalık? Yüksek kan basıncı, kendi başına bir hastalık olabileceği gibi (örneğin sigara içmek, obezite, aşırı tuz tüketimi, stres, genetik, vb. faktörler hipertansiyon hastalığına neden olabilir), böbrek hastalıkları ya da kanser gibi bazı diğer hastalıkların semptomu da olabilir. Peki ya tek semptomlu hastalıklar var mıdır? Semptomlar ile hastalıklar arasındaki tam ilişki nedir? Böyle bir ilişki varsa, bunu bulabilir miyiz? Aynı semptomları paylaşan hastalıkları birbirinden nasıl ayırt edeceğiz? Semptomların zamana bağlı değişimleri hastalığın tespitinde ne kadar önemlidir? Bu soruların hepsini kolayca cevaplamak pek mümkün değildir. Ancak Dr. Heiby, bir semptomu tanımlayabilmemiz için illâ altında yatan problemin var olmasına gerek olmadığını, hatta fiziksel bir etiyoloji[11] bile olmasına gerek olmadığını belirtiyor. Yani belirti, başlı başına bir olgudur. Semptomlar, hastalıkların bir nevi temelidir diye düşünebiliriz. Zaten bunu Dr. Heiby, *"var olan bir problemin analizinin en alt seviyesi"* olarak tanımlamaktadır. Yani belirtiler, her şeyin başlangıcıdır.

Semptomların bir diğer tanımı da, belli bir zaman dilimi içinde "normal" olarak tanımlanan vücut fonksiyonlarından yaşanan her türlü sapmadır. Semptomları anlamanın güçlüğü, objektif bir tanımının yapılamıyor oluşudur. Çünkü semptomlar doktor değil, çoğu kere öncelikli olarak hasta tarafından belirlenir. Örneğin kulaktaki çınlama gibi bir semptom, sadece hasta tarafından belirlenebilir ve doktorun bunu belirlemesi mümkün değildir. Bir diğer deyişle, hasta eğer ki vücudunun herhangi bir bölümünde (fiziksel veya zihinsel olabilir) normalden farklı bir duruma rastlıyor veya böyle hissediyorsa bir belirti var demektir. Ancak bilindiği üzere, hastaların tanımları oldukça güvenilmezdir.[12] Buna rağmen bir doktorun gerekli adımları atabilmesi için mecburen hasta tarafından tanımlanan semptomları dinlemeli ve elinden geldiğince objektif bir şekilde değerlendirmelidir.

Baş ağrısı, en tipik semptomlardan birisidir. Genellikle kendi başına bir hastalık değildir; var olan başka tıbbi durumların bir belirtisi olarak ortaya çı-

11 Etiyoloji, bir hastalık ya da tıbbi durumun neden veya nedenleridir (veya bu nedenleri araştıran bilim dalıdır).

12 House, MD dizisinde Hugh Laurie tarafından canlandırılan, hiçbir hastaya ve hasta hikâyesine güvenmeyen (ve bu tutumunda neredeyse her zaman haklı olan) ünlü doktor Dr. Gregory House'un dediği gibi: *"Herkes yalan söyler!"*

kar. Tıbbi olarak asla görmezden gelinmemesi gereken semptomlardan biri olarak kabul edilir. İlginç bir şekilde, sanılanın aksine baş ağrısı beyinde değildir. Aslına bakarsanız beyin, acı ve ağrı hissedebilecek bir organ da değildir; zira beyinlerimizde acıya ve ağrıya karşı duyarlı "nosiseptör" denen sinirler bulunmaz. Bu sinirler, vücudumuzun dört bir yanındaki kas ve deri dokusuna gömülü halde bulunan sinir uçlarıdır. Baş ağrısının genelde oluştuğu yerler beynin etrafında yer alan dokulardaki, kan damarlarındaki, dış sinirlerdeki ve kaslardaki ağrılardır. Kimi durumda bu damarlar ve kaslar olması gerekenden fazla şişer ve bu baskı ağrıya neden olur. Benzer şekilde, olması gerektiğinden fazla kasılma da çevresel sinirler üzerinde baskı yaratarak baş ağrısına neden olabilir. Ancak nedeni olursa olsun, migren gibi ciddi baş ağrıları da dahil olmak üzere, hiçbir baş ağrısı beynin kendisinden ve beyindeki sinirlerden kaynaklanmaz! Ayrıca baş ağrısı doktorlar tarafından tespit edilemez; dolayısıyla bu durum hastalar tarafından belirlenmeli ve doktora belirtilmelidir.

Neyse ki her semptom hasta tarafından belirlenmez. Bazı belirtiler, doktor tarafından bizzat gözlenebilir ve bu bakımdan daha nesnel yapıdadır. İşte bunlara "semptom" yerine *bulgu* adını veriyoruz. Burada da tam tersi durumlar görmemiz mümkündür: Bazı bulgular hasta için anlamlı değildir; kişinin hayatını etkilemiyor olabilir ve hatta bunların farkında dahi olmayabilir. Ancak doktorlar, uzmanlıkları sayesinde bu işaretleri yakalayıp değerlendirmeye alabilirler. Örneğin parmak boğumlarının normalde olması gerekenden şişik olması bir bireyin pek umrunda olmayabilir; ancak bu durum, kalp rahatsızlıklarına işaret ediyor olabilir! Bu ve bunun gibi bulgular ilk başta hasta tarafından önemsenmeyebilir; ancak doktorlar için hastalık tanısının konulmasında büyük önem arz eder. Vücutta meydana gelen kızarıklıklar, döküntüler, morluklar ve genel olarak renk değişimlerinin, mutlaka hasta tarafından belirtilmesi şart değildir, doktor tarafından da açıkça görülebilir.

Dr. Heiby, semptomdan doğrudan *sendrom (syndrome)* kavramına atlamaktadır. Sanki toplumumuzda sendrom kavramı, hastalığın üzerinde, daha güçlü ve daha etkili bir olgu olarak hayal edilmektedir. *"Kişilik bozukluğu sendromum var"* demek, *"Kişilik bozukluğu hastasıyım"* demekten daha havalı mıdır nedir, sendrom sözcüğü dilimizde ek bir güce sahiptir. Ancak genel kabul gören ekole göre illâ bir hiyerarşi kurulması gerekiyorsa sendromlar, hastalıkların altında yer alır. Semptomdan bir sonraki analiz basamağı sendromlardır. En basit şekilde sendromlar, *"bir arada veya zaman içinde ortaklaşa olarak var olan bir grup semptom topluluğu"* olarak tanımlanabilir. Sendrom seviyesindeki durumların halen patolojisi, yani hastalıksal nedenleri çözülememiştir. Ancak sendromları tanımlamadaki sıkıntı, söz konusu belirtilerin gerçekten birbirleriyle ilişkili olarak mı ortaya çıktığı, yoksa birbirinden bağımsız semptomlar mı olduğu konusundaki ayrımdır. Bunu anlamanın tek yolu, her bir sendrom için ayrı deneysel araştırmalar yapmak ve sonuçları analiz etmektir; sorunun genel geçer bir cevabı yoktur.

Sendromlar tıbbi genetikte biraz daha farklı ele alınırlar. Bu bilim sahası dahilinde sendromlar, genetik kökenleri anlaşılmış olgulardır. Yani genel hekimliğin aksine, tıbbi genetik dahilinde sendromların genetik altyapısı bilinmektedir. Bunun en meşhur örneği, 21. kromozomda meydana gelen üçlenme sonucu oluşan Down Sendromu'dur. Dikkat edilmesi gereken, bu durumun bir "hastalık" olarak nitelendirilmiyor oluşudur. Bu da, ilerideki tartışmalarımız için önem arz eden bir noktadır. Ayrıca "sendrom" sözcüğünün 1000 yılı civarında ilk olarak İbn-i Sina tarafından tanımlanmış olduğunu, kökenlerinin Yunancadaki *sun-* eki ("birlikte") ile *dramein* ("koşmak") sözcüklerinin birleşiminden "beraber giden", "beraber ortaya çıkan" anlamında olacak şekilde üretildiğini söylemekte fayda var. Tabii ki bu büyük tıp bilginin bile tanımı ne yazık ki pek açıklayıcı değildir ve oldukça üstü kapalıdır.

En yaygın olarak bilinen sendromlardan birisi Down Sendromu'dur. Bu sendromun algısal kapasitenin ve analitik zekânın normalin altında olması ve öğrenme güçlükleri gibi zihinsel belirtilerin yanı sıra küçük çene (mikrogeni), eğik göz çukuru yarıkları, kas sıkılığında azalma (tonus kaybı), burun kemerinde basıklık/yassılık, tek avuç-içi çizgisi, yapısal bozukluğu olan ağızdan ötürü dışarı çıkık dil, şişkin dil (makroglassi), geniş ve yassı yüz, kısa boyun, gözlerde beyaz benekler (Brushfield noktaları), atlanto-aksiyel dengesizlikten ötürü eklem gevşeklikleri, ayak başparmağı ile diğer parmaklar arasında geniş açıklık, kısa parmaklılık, parmak izlerinde aşırı ulnar döngüler, vücut ölçülerinde normalde düşük değerler gibi belirleyici bazı belirti ve bulguları vardır. Bunlar bir araya gelerek, bireylerin yaşam standartlarında düşüşe neden olur. Dolayısıyla Down Sendromu, adı üzerinde bir "sendrom" olarak bilinir; ancak "hastalık" olarak görülmez. Zaten doğru müdahaleler ve uygun eğitim sistemi aracılığıyla kısmen hafif formda olan bazı Down Sendromlu bireyler normale yakın hayatlar sürebilirler.

Burada dikkat edilmesi gereken ve özellikle halkımızın sıklıkla düştüğü çok kritik bir hata vardır: İnternette (ve aslında bu kitapta da) belirli hastalıklara dair okuduğunuz semptomlardan bir ya da birkaç tanesi tutuyor, geri kalan çoğunluğu tutmuyorsa veya tutan semptomlar da yarım yamalak veya zorlama bir biçimde tutan semptomlarsa, o sendroma veya hastalığa sahip olduğunuzu iddia etmeniz mümkün değildir. Ne yazık ki birçok insan "hastalık hastası" olduğu için, en ufak belirtilerde Google'a sarılıp nerede en olmadık hastalıklar varsa, onlar ile kendi belirtilerini örtüştürüp fil hastalığı, kurtadam sendromu, Hartnup Hastalığı, Kartagener Sendromu, Marfan Sendromu, selektif IgA yetmezliği, obsesif kompulsif bozukluk, dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu, depresyon gibi en olmadık hastalıkları kendilerinde "teşhis" etmektedirler. Bunların neredeyse tamamı hatalıdır. Bu tip teşhislerin yapılabilmesi için bulguların önemli bir bölümünün tam olarak oturması yetmez; aynı zamanda laboratuvar testleriyle gözle göremeyeceğiniz semptomların da doğrulanması gerekmektedir. Dolayısıyla bir dahaki sefere vücudunuzda birkaç kırmızı leke gördüğünüzde, kendinizi azıcık halsiz hissettiğinizde, biraz öksürüp hapşırdı-

ğınızda internetin kollarına sarılıp da semptom arama motorlarını kullanarak kendinizi skleroderma, tip-2 diyabet, amfizem veya akciğer kanseri ile teşhis etmek yerine bir doktora gitmeyi denemenizi tavsiye ederiz.

Bundan sonraki basamağımızdaki durumlar *bozukluklar (disorder)* başlığı altında toplanabilir. Bozukluklar da, tıpkı sendromlar gibi bir grup semptomun toplamına verilen genel isimdir. Bozuklukları sendromlardan ayıran tek faktör, etkilerinin daha güçlü, daha yaygın, sağlık durumunu daha olumsuz etkileyen yapıda olmasıdır. Yani bozukluklar, sağlık durumunun analizinde bir ara basamak gibi düşünülecek olursa, sendromlardan hemen sonra gelmektedirler. Ancak bozuklukların da hastalıksal temelleri (patolojisi ve etiyolojisi) halen çözülememiştir.

Adı üzerinden gidecek olursak bozukluklarda fonksiyonel bir anormallik veya rahatsızlık görülmesi beklenir. Bu bozukluklar, fonksiyonel veya zihinsel olabileceği gibi fiziksel, genetik, duygusal ve davranışsal da olabilir. Açıkçası bu terim birçok dilde aynı zamanda "hastalık" sözcüğünün daha nötral, daha yumuşak bir hali olarak da kullanılabilmektedir. Çünkü "hastalık" sözcüğü hemen her toplumda olumsuz bir anlama sahiptir ve insanlar bunu yumuşatmak adına bu tip terimlere başvurmaktadırlar. Yine de az önce izah ettiğimiz gibi, tıbbi durum hiyerarşisinde kendisine yer bulmayı başarmıştır.

Günümüzde sayısız bozukluk bilinmektedir; bunların başlıcaları zihinsel bozukluklardır. Bazı yaygın bilinenleri sayacak olursak: akut stres bozukluğu, alkol bağımlılığı, anoreksiya, otizm, çoklu kişilik bozukluğu, disleksi, insomniya, kleptomanya, melankoli, manik depresyon, vb.

Son basamağımız ise (nihayet) *hastalıklar (disease)* olarak belirlenebilir. Dilimizde tam karşılıkları olmasa da, morbidite ("morbidity") veya "illness", "sickness" gibi İngilizce kelimeler de bu terimle eş anlamlı olarak kullanılabilmektedir (aslında her birinin özel anlamları vardır; örneğin morbidite epidemiyolojik bir sözcüktür ve "hastalık oranı" anlamına gelir; ancak duruma göre "hastalık" sözcüğü ile eş/yakın anlamlı olarak kullanılabilir). Bölümün ilk sayfalarında, bugüne kadar yapılan resmi "hastalık" tanımlarının ne kadar güç olduğundan söz etmiştik. Dr. Heiby'nin verdiği hiyerarşide ise, önceki tüm basamakları geçtikten sonra, artık neden olan unsurlar tüm detaylarıyla bilinmiş olan tıbbi koşullara "hastalık" adı verilmektedir. Bu, biraz daha pratik bir tanım gibi gözükmektedir; ancak yine de genelleme açısından eksiklikleri bulunmaktadır.

Aynı zamanda hastalıklar, tıbbi koşullarla ilgili algımızın doruk noktasıdır. Hastalıklar günümüzde daha çok "enfeksiyonlu hastalıklar" anlamında kullanılmaktadır. Yani eğer ki bir bozukluk ya da normalden sapma bakteriler, mantarlar, virüsler, protozoalar, çok hücreli canlılar ve hatta cansız yapılı hastalık yapıcı proteinler olarak bilinen prionlar gibi hastalık yapıcı (patojenik) mikroplar nedeniyle oluşuyorsa "hastalık" olarak tanımlanmaktadır. Fakat bu, kimi zaman kısıtlayıcı bir tanım olabildiği gibi bazen de hatalı tanımlamalara

neden olabilmektedir. Yine de kullanışlı olması açısından bugün en yaygın olarak kabul edilen tanımlarından birisi budur.

Hastalıkları bir diğer şekilde tanımlamak için, vücut dengesini bozan herhangi bir unsur olarak konuya yaklaşabiliriz. Ancak tabii ki vücut dengesini bozan her unsur hastalık değildir. Örneğin soğuk bir günde sıcak bir odaya birdenbire girmeniz vücut dengesini bozacaktır ama sizi hasta etmek zorunda değildir (ya da vücut dengesindeki bu ani değişimi "hastalık" olarak tanımlamak doğru olmayacaktır). Bu sebeple, hastalıklarla beraber ilişkilendirilmesi gereken başka bir unsura ihtiyaç duyarız. Bu unsur, çoğu zaman herhangi bir vücut fonksiyonunun bozukluğu olarak tanımlanır. Yani az önce de değindiğimiz gibi hastalık, "normalden sapma hali" olarak kullanılır. Çoğu zaman kullanışlı olan bu terim bile bazı uç örnekleri tanımlamamızı güçleştirmektedir.

Hastalıklara bariz bir örnek vermek gerekirse: "Beşinci Hastalık" olarak bilinen bir hastalık 6-13 yaş arası çocuklarda sıklıkla görülür. Henüz tam mekanizmaları keşfedilememiş olsa da, parvovirüs-B19 isimli bir virüs aracılığıyla bulaştığı bilinmektedir. En temel semptomu, yüzün önemli bir bölümünün kızarması ve döküntülerin oluşmasıdır. Ayrıca ateş, bitkinlik, burun tıkanıklığı, baş ağrısı, kusma ve mide bulantısı da diğer semptomlardır. Tabii ki dünyanın dört bir yanında tanımlanmış ve görülen binlerce hastalık bulunmaktadır. Bu hastalıkları kategorize edip belirli kodlar çerçevesinde kataloglamaya çalışan Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan ICD-10 veritabanında 2017 itibariyle 16 binden fazla hastalık teşhisi bulunmaktadır.

EVRİM AÇISINDAN HASTALIKLARI TANIMLAMAK...

İşte bu noktada Evrim Ağacı'nın (ve bu kitabın yazarları olarak bizlerin) yaptığı gözlemler ve araştırmalar ile Dünya Sağlık Örgütü'nün birkaç sayfa önce verdiğimiz, yer yer eleştirilse de kapsayıcı ve önemli noktalara parmak basan tanımından yola çıkarak yeni bir yaklaşım geliştirmeyi denemenin faydalı olacağını düşünüyoruz. Yaptığımız bu tanım aşırı yenilikçi bir açıklama olmasa da, bir hastalığı tanımlamak konusunda, diğer tanımlarla işbirliği içinde kabullenilebilecek bir yaklaşım olacaktır diye umuyoruz. Kitabın yazarları ve Evrim Ağacı olarak sunduğumuz tanım şu şekildedir:

"Hastalık, öncelikle söz konusu bireyde, sonrasında bireyin bulunduğu aile, grup veya toplumda (sosyal birimde) göreli yaşam standartlarını önem sırasına göre fiziksel, zihinsel, evrimsel uyum başarısı açılarından veya doğal olgularla sınırlı olarak sosyolojik açıdan olumsuzlaştıran, çoğu zaman biyolojik ve mikrobik (virüsler, prionlar, bakteriler, vs.) unsurlar dolayısıyla ortaya çıkan, çeşitli yöntemlerle potansiyel olarak tedavi edilebilen, etkisi azaltılabilen veya tamamen önlenebilen durumlardır. Hastalıklar tek bir seviyeye sahip değildir ve çeşitli kategorilere (sendrom ve bozukluk gibi) bölünebilir."

Aslında bu tanım, Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımının yeniden kelimelere dökülmüş ve detaylandırılmış hali gibidir. Ancak ifade, burada verdiğimiz haliyle, bazı sınıflandırmaların daha net yapılabilmesini sağlamaktadır. Üstelik tanım içerisine eklediğimiz ve önemli bulduğumuz bazı açılar, halihazırda yapılmış tanımları önemli ölçüde farklılaştırmakta ve şu anda olduklarından daha işlevsel hale getirmektedir. Tanımımız birkaç parçadan oluşuyor ve bunları analiz etmenin faydalı olacağı kanısındayız.

İlk olarak bir hastalığın tanımlanabilmesi için, en azından 1 bireyde gözlenebilir olması gerekmektedir. Yani henüz hiçbir semptom (belirti) göstermemiş bir durum, "hastalık" olarak nitelendirilemez. Ancak daha önce de değindiğimiz gibi, özellikle viral hastalıklarda gördüğümüz "gizlilik fazı" bu tanımı zayıflatmaktadır. Virüsler vücuda bulaştıktan sonra hemen hastalığa neden olmazlar, belli bir süre gizlice vücutta saklanırlar ve hiçbir belirti göstermezler.

Bu sebeple, bu gibi durumları kapsamak adına bilimde ön hastalık (kuluçka dönemi, latent periyod, hastalık öncesi, predisease) diye bir terim kullanılmaktadır. Adından da anlaşılabileceği gibi, henüz hastalığın belirtileri ortaya çıkmamış olsa da, nihayetinde hastalığı ortaya çıkaracak faktörlerin vücutta bulunması halidir. Bu durumda, iyileşme sürecini de göz önüne alırsak, hastalıkları 3 temel zamansal kısma ayırabiliriz: hastalık öncesi fazı, hastalık fazı ve hastalık sonrası fazı. Tahmin edilebileceği gibi "hastalık sonrası fazı" (postdisease), hastalığın belirtilerinin geçmesinden ancak hastalığa sebep olacak unsurların vücuttan tamamen yok olmadığı, tedavi sonrası dönemdir. Buna halk arasında "nekahat" da denmektedir.

Bir örnek olarak, AIDS'e neden olan HIV isimli virüsü ele alalım: AIDS hastalığının gelişimi sırasında, HIV'in ilk bulaşmasından sonra 4 temel hastalık fazından geçer ve her birinde farklı değişimler meydana gelir. İlk evrede HIV vücuda girer ve vücut-beyin bariyerini aşar. Bu noktada hemen savunma sistemi devreye girer. Ancak savunma sistemi yeterince güçlü olamadığı için HIV hızla yayılmayı sürdürür. Sonrasında geçici olarak bağışıklık sistemi üstün gelir ve HIV kronik faza girerek sabit bir seyirde devam eder. Bu sırada çeşitli organlara bulaşmayı sürdürür. AIDS'in semptomları belirmeye başlar. Birey enerjisini yitirmeye başlar, kilo kaybı olur, sık sık ateş ve terleme görülür, mantar enfeksiyonları başlar, deri sıklıkla kızarır, kısa dönem hafıza kayıpları başlar, ağızda, cinsel organlarda ve anüste sivilceler oluşmaya başlar. Nihayetinde seri virüs üretimi başlar ve savunma hücrelerimiz ölmeye başlar. Hastalığın seyri ilerledikçe daha ağır semptomlar oluşur: öksürük ve nefes darlığı, nöbetler, koordinasyon bozukluğu, yutkunma güçlüğü, kafa karışıklığı, sürekli ishal hali, ateş, görüş kaybı, mide bulantısı ve mide krampları, aşırı bitkinlik, aşırı baş ağrısı, koma, vb.

Peki hastalık hangi noktada başlar? İşte burada tanımımız oldukça faydalıdır: Ne zaman ki bireyin yaşam standartları düşmeye başlar, o zaman hastalık başlamış demektir. Buradaki "yaşam standardı" kavramı sosyolojik açıdan incelendiğinde özünde biraz sıkıntılıdır ve Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımını

zora sokan da büyük oranda o kısımdır. Çünkü bir kişinin gelir düzeyinin düşük olması, yaşam standartlarını düşürebilir ama geleneksel tabiriyle bir "hastalık" durumuna neden olmayabilir. Dolayısıyla sosyolojik durumları, "modern zamanların sorunları" haricinde ele almanın daha isabetli olacağı açıktır.

Bizim tanımımız dahilinde ise yaşam standardından sapmaları bireyin kendi *göreli* yaşam standardından sapma olarak kullanmaktayız. Dolayısıyla bir kişinin Afrika'da ya da Amerika'da olması önemli değildir. İçerisinde bulunduğu ve elinde olmayan (çoğu zaman mikrobik veya genetik sebeplerle) gelişen durumlardan kaynaklı yaşam standardı düşüşlerini "hastalık" olarak değerlendirmek mümkündür. Bu tanımda evrensel bir standarda gerek duyulmamaktadır.

Bu noktayı bir kenara bırakacak olursak, bireyin yaşam standartlarının düşmesi çok basit bir şekilde, burun tıkanıklığının nefes almayı güçleştirmeye başlamasından tutun da, bir uzvun kesilmesi durumu gibi kapsamlı bir duruma kadar geniş bir yelpazede incelenebilir. Bu geniş yelpaze içinde belirtilerin sayısı, şiddeti ve biçimine bağlı olarak bireyin yaşam standartları düşecek ve buna bağlı olarak sendromlar, bozukluklar ve hastalıklar oluşacaktır.

Tanımın içerisine evrimsel uyum başarısını eklediğimize de dikkatinizi çekmek isteriz. Çünkü bazı koşullar bireylerin normdan sapmasına neden olsalar da, bireyin veya türün uyum başarısını arttıran nitelikte olabilirler. Bunun en tipik örneği az önce bahsettiğimiz eşcinsellik konusudur. Ancak evrimsel uyum başarısını dahil etmekle birlikte bazı istisnai durumlar da doğabilmektedir. Örneğin orak hücre anemisi, tanımımız dahilinde bir hastalıktır; çünkü yaşam standartlarını düşürmektedir. Ancak Afrika popülasyonlarında orak hücre anemisine sahip bireyler, bölgenin en ölümcül sorunlarından biri olan sıtmaya karşı dirençlidirler ve bu, onların uyum başarısını arttırmaktadır. Bu durumda orak hücre anemisi hastalık değil midir? Hayır, hayır, elbette hastalıktır! İşte bu da bizi tanımımızın bir diğer önemli noktasına götürmektedir:

Söz konusu göreli yaşam standartlarındaki düşüş, belli bir hiyerarşiye sahiptir ve en genel hatlarıyla, tanımımız içinde verdiğimiz sıradadır. Fiziksel engeller yaşam standardını en hızlı şekilde düşüren sorunlardır. Bunu evrimsel biyoloji sayesinde daha net görebilmekteyiz: Bir canlının fiziksel özellikleri, yani fenotipi, onun doğrudan uyum başarısını değiştirir ve hayatta kalıp kalamayacağını en kritik şekilde etkiler. Bir canlı fiziksel olarak kısıtlıysa veya sorunlar yaşıyorsa, muhtemelen yaşam standardı diğer birçok olasılığa göre çok daha düşük olacaktır. Bu durumda hayatta kalması ve üremesi tehdit altına girecek, canlıların biyolojik varlık amacını yerine getirmeyecektir. Örneğin belli bir genetik mutasyon nedeniyle kol ve bacakları olması gerekenden %75 oranında kısa olan bir bireyin vahşi yaşamda hayatta kalması pek beklenen bir durum değildir. Ani etkili zararlı mutasyonların neredeyse her zaman ölümcül olmasının nedeni de budur: Fiziksel özellikleri doğrudan ve büyük miktarda değiştirirler!

Ancak bunun da istisnaları bulunmaktadır. Örneğin fiziksel olarak sorunlar yaşayan bir birey, ömrü boyunca giriştiği işler ve yaptığı çabalar sayesinde türünün genel uyum başarısını arttırabilir, sosyolojik açıdan yaşam standardını yükseltebilir. Hatta az önce sözünü ettiğimiz büyük miktardaki kol-bacak kısalığı bile yeri geldiğinde, belirli çevre şartlarında avantaj kazanımlarına neden olabilir. Sonuçta evrimsel potansiyelin bilinen bir sınırı yoktur! İşte bu yüzden tanımımızdaki sıralama fikir vericidir; ancak kısıtlayıcı değildir. Sıralamanın sonlarında yer alan unsurlar, sıralamanın başında yer alanlara üstün gelerek hastalığın sonuçlarını değiştirebilir. Fakat bunlar genellikle istisnadır. Örneğin beyni tam olarak oluşamamış bir bireyin yaşam standardından söz etmek bile güçtür. Öte yandan çok ağır fiziksel sorunlar yaşayan bireyler, Nick Vujicic'ten[13] öğrenebileceğiniz gibi müthiş işler başarabilirler.

Tabii ki hastalığın bizim yaptığımız tanımı bile oldukça esnektir. Zaten hastalık tanımı yapısal olarak esnek olmak zorunda olmasa, kesin tanımı yapılabilirdi ve bu kadar farklı açılardan analiz etmemiz gerekmezdi. Fakat en genel tabiriyle düşünecek olursak, az önce saydığımız açılardan bir bireyin veya toplumun yaşam standardını kritik ölçüde düşüren unsurlara hastalık olarak yaklaşabiliriz. Örneğin bir siyasi lider, bir toplumu dibe batırabilir ve bu durumda kitlesel bir yaşam standardı düşüşü gözleyebiliriz. Bu durumda o siyasi lider ve ekibi bir "hastalık" mıdır, bunu düşünmeyi size bırakıyoruz. Ancak tedavisi olması ve hatta önlenebilir olması açısından da tanımımıza uyuyor gibidir.

Bu da bizi "tedavi edilebilirlik" ve "önlenebilirlik" konularına getiriyor. Hastalıklar, tanımları gereği tedavi edilebilir (İng: "curable"), etkileri kısmen de olsa tersine çevrilebilir, belirtileri azaltılabilir veya idare edilebilir (İng: "treatable") ve hatta etiyolojisinin ve patolojisinin anlaşılması sayesinde önlenebilir olan kavramlardır. Çünkü eğer ki bunlardan en azından biri yapılamıyorsa, söz konusu durumu bir "hastalık" olarak tanımlamamız güç olacaktır. Eğer ki tedavi edilebilir bir durum söz konusu değilse, muhtemelen durum bir hastalık değil, bir çeşitliliktir. Burada "tedavi edilebilirlik" kavramından kastımızın, henüz tedavi edilebilen durumlarla kısıtlı olmadığının altını çizmek isteriz; bu nedenle tanımımızda "potansiyel" sözcüğü bulunmaktadır.

Örneğin AIDS şu anda tedavi edilememektedir; ancak bilimsel araştırmalar sayesinde bildiğimiz üzere, tedavi edilebilir bir durumdur, sadece henüz teknolojimiz yeterli değildir. Yani AIDS'e neden olan tüm süreçleri gözleyebilir, takip edebilir, ne yaparsak ona engel olacağımızı keşfedebiliriz. Fakat kontrol

13 Nick Vujicic, fokomeli denen, bebeklerde kol ve bacakların tam olarak gelişmemekle birlikte birbirine yapışık olarak oluşmasına neden olan, fiziksel hareketleri müthiş ölçüde kısıtlayan bir hastalığa sahip Avusturalyalı bir motivasyonel konuşmacıdır. 1982 doğumlu olan ve kolları ve bacakları hiç bulunmayan Vujicic, 19 yaşında konuşmalar vermeye başlamıştır, 30 yaşında ise evlenerek 2 çocuk sahibi olmayı başarmıştır. Vujicic vakasında da görülebileceği gibi, söz konusu insanlardaki hastalıklar olduğunda tıp ve teknoloji sayesinde son derece kısıtlayıcı durumlar bile aşılabilmektedir.

edemediğimiz bazı durumlardan ötürü (başlıcası virüsün evrimi olmak üzere) tedavi etmemiz çok güç olmaktadır. Dolayısıyla AIDS henüz tedavi edilemeyen bir hastalıktır.

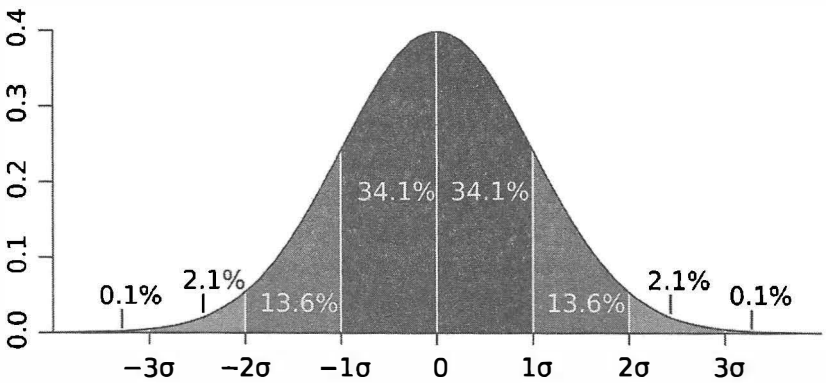
Dahası zaten tanımımızın tedavi edilebilmekle sınırlı olmadığına dikkat ediniz. İdare edilebilirlik veya önlenebilirlik de önemli unsurlardır. Öte yandan eşcinsellik örneğine yeniden dönecek olursak, olası hiçbir açıklamamızın bir hastalık teşhisi koymamıza yetecek bir "tedavi edilebilirliği" ve "önlenebilirliği" bulunmamaktadır. Heteroseksüelliği homoseksüelliğe "dönüştüren", cinsel yönelimi etkileyen genler, hormonlar, sinir yolakları, vs. henüz keşfedilememiştir. Bunlar keşfedilse bile, eşcinsellik bireyin yaşam standartlarını düşüren herhangi bir niteliğe sahip olmadığı için tanımımızın daha ilk kısmını bile geçmeyi başaramamaktadır. Yani hangi açıdan ele alırsak alalım, eşcinselliği heteroseksüellikten ayırabileceğimiz bir unsur göememekteyiz. Dolayısıyla bu konuyu bir hastalık olarak görmek için yeterli verimiz bile bulunmamaktadır. Bu açıdan da eşcinselliğin hastalık kategorisine alınamadığını görüyoruz: Tedavi edilebilir ve önlenebilir bir yapıda değildir; cinsel yönelimi etkileyebilecek unsurları kontrol ettiğimizde, eşcinsellikte normalliği bozan, güvenilir ve genel geçer bir sebep bulunmamaktadır.

ÇEŞİTLİLİK Mİ, HASTALIK MI?

Hastalıkların "normdan sapma" olarak tanımlandığından bahsetmiştik. Ancak bu oldukça tehlikeli bir tanımdır, çünkü toplumların ve biyolojik unsurların "normları" birkaç hafta içinde bile değişebilir (genelde bu tür değişimler birkaç on yıl sürse de). Toplumsal normları bir kenara bırakacak olursak, biyolojik açıdan baktığımızda neyin hastalık olup neyin olmadığını da yaptığımız tanım sayesinde anlayabiliriz: Örneğin toplum içinde "norm" olarak bildiğimiz göz renkleri kahverengi, mavi, yeşil gibi tekil renkler ve bazen ela veya bal renginde gördüğümüz gibi daha karmaşık yapılı renklerdir. Eğer ki bir bireyin gözleri bildiğimiz güneş sarısı rengindeyse, bu hastalık mıdır?

Bunu anlamak için tanımımızı uygulayabiliriz: Eğer ki bu durum bireyde veya toplumda kayda değer bir yaşam standardı düşüşüne neden olmuyorsa, hastalık değildir. Sarı göz rengi açık bir şekilde normdan sapmadır; ancak bir hastalık olarak görülemez, sadece bir varyasyondur (veya belki bir başka hastalığın semptomu olabilir; ancak eğer ki kendi başına yaşam standartlarını düşürmüyorsa bir hastalık değildir). Bu örneklerin sayısını arttırmak mümkündür. Örneğin burnun normalden aşağıya sarkık olması, kaşların normalden kalın veya bitişik olması, dişlerin ayrık olması ve daha nice özellik, yaşam standartlarını etkilemediği için sadece birer varyasyon olarak görülmelidir. Tabii ki kimi zaman yine muğlak ve tanımlaması güç durumlar oluşabilmektedir. Şimdi varyasyonu hastalıktan ayırt etmenin zor olabildiği birkaç örnek verelim:

Boy dağılımı popülasyonumuz içindeki en bariz çeşitlilik unsurlarından birisidir. Peki hiç düşündünüz mü, hangi uzunluğa veya kısalığa kadar "normal", hani uzunluk veya kısalıktan sonra "hastalık" durumundan bahsederiz? Cücelik ve devliğin sınırı nedir? İşte bunların tanımını yapabilmek için evrimsel biyoloji ve popülasyon genetiğine bakmamız gerekmektedir. Evrimsel süreç içinde her türün her özelliği belli bir isatistiki dağılım gösterir ve genellikle fiziksel özelliklerde gördüğümüz, Gauss tipi normal dağılımdır. Bu dağılım, Görsel 10-1'de görülebileceği gibi belli bir ortalama değer etrafında dağılan, ortalamadan uzaklaştıkça görülme sıklığı azalan şekildeki dağılımdır. "Çan eğrisi" olarak da bilinmektedir.



Görsel 10-1: Gauss-tipi Normal Dağılım Eğrisi. Görsel, Wikimedia Commons'tan alınmıştır ve halka arz edilmiştir.

Çan eğrisi tipi dağılımda belli bir özelliğin en fazla bulunduğu aralık "ortalama" olarak belirlenir ve bu ortalamadan belli miktardaki sapmalar ("standart sapma") 1 kat, 2 kat, 3 kat şeklinde uçlara doğru takip edilir. Ortalamadan saptıkça, popülasyon içinde bu özelliklerin görülme sıklığı da azalır. Örneğin dünya çapındaki ortalama erkek bireylerin boyu 173 santimetre ise, bu ortalama değerdir. Bu ortalamadan yola çıkarak, x-ekseni üzerinde boy uzunlukları olan bir grafiğin sağ tarafına gittikçe boy uzunluğu 184, 195, 206 santimetre olacak şekilde, sol tarafa gittikçe 162, 151, 140 santimetre olacak şekilde değişir. Dikkat edilmesi gereken, bu uçlara gittikçe sıklığın azalıyor oluşudur (bu, y-ekseni üzerindeki frekanslarla gösterilir). Örneğin ortalamadan 3 standart sapma sola veya sağa gittiğinizde popülasyonun %0,13 kadar ufak bir kısmını temsil eden bölgeye girersiniz. Ortalama değer (örneğin 173 santimetre boy ve 2-3 santimetre civarı) ise kabaca tüm popülasyonun %68,2'sidir (%34,1 + %34,1 dolayısıyla). İşte bu dağılımı incelediğimizde devliğin semptomu, ortalama değerden 3 standart sapmadan (standart sapma sigma, σ harfiyle gösterilir) daha fazla uzun olma durumudur. Bir diğer tanımı, boy uzunluğuyla ilgili en üstteki %1'lik dilimden bile daha uzun olma durumudur. Bu iki tanım birbiriyle kabaca eşdeğerdir.

Ancak devliğin tam sınırı nedir? Diyelim ki 3 standart sapma sonrası 210 santimetre olsun. 211 santimetre dev midir? 209 dev değil midir? Devse, hastalık mıdır? 213 santimetre? 220? Nerede başlar? Çünkü eğer ki "hastalık" değilse, sıradan bir "varyasyon (çeşitlilik)" olarak görmek durumundayız. İşte bu noktada tanımımıza bakmamız gerekir: Eğer ki boyunun uzunluğu bireyin yaşam standartlarını kısıtlamaya başlıyorsa, hastalık sınırlarına girmişiz demektir. Dev bireyler genellikle hareket etmekte zorlanırlar, kemikleri daha kolay kırılır ve aşınır, aşırı terlerler, bitkindirler, dolaşım sistemlerinde sorunlar oluşur, ergenliğe geç girerler, sağırlığa daha yatkındırlar, dişilerde adet döngüsünde bozulmalar görülür. Tüm bunlar, semptomlardır. Bunların her biri, yaşam standardını özellikle fiziksel ve zihinsel olarak etkileyen sorunlardır. Dolayısıyla bu belirtiler görülmeye ve artmaya başladıkça, hastalık bölgesi içinde ilerliyoruz demektir. Yani arada varyasyonla hastalık arasında bariz bir sınır yoktur, bir geçiş bölgesi vardır. Bunu gerçek örnekler üzerinden inceleyelim:

Dünyanın yaşayan en uzun insanı, 2,51 metre boy ile Sultan Kösen'dir. Sultan'ın durumu bir hastalık boyutundadır. İnternetten bulabileceğiniz fotoğraflardan görülebileceği gibi, normal hareketlerini yapabilmek için yapay bir araca, bir değneğe ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca diğer belirtiler de söz konusudur. Aslında burada Dr. Heiby'nin orijinal tanımı yardımcı olmaktadır: Devlik, büyüme hormonunun aşırı salgılanmasıyla ilgilidir (bazı diğer nedenlerle de olabilir). Bu durumda, problemleri ve semptomları bir arada barındıran tıbbi durumun nedenleri tespit edildiği için ve ciddi sorunlara neden olabildiği için bu koşul bir hastalıktır. Öte yandan 2,3 metre civarında bir boya sahip olmak, bir anda hastalığın sınırlarından çıkmanıza neden olabilir. Bunun en güzel örneği 1993-2005 yılları arasında NBA'de oynamış profesyonel basketbolcu Shawn Bradley'dir. Bradley'nin 2,29 metre boya sahip olmasına rağmen herhangi bir bilinen hastalık semptomu veya yaşam standartlarını düşüren bir durumu yoktur. Bu durumda, bu kadar uzun bir boy, 3 standart sapmadan büyük olmasına rağmen bir "hastalık" değildir, sıradan bir genetik varyasyondur.

Tabii ki daha önceden de değindiğimiz gibi, sadece fiziksel veya zihinsel bir olumsuzluk, bireyin "acınası halde" olduğu anlamına gelmemektedir, bu önemlidir. Örneğin Sultan Kösen, boyunun reklam ve tanıtım avantajını kullanarak sosyolojik bakımdan çok iyi yerlere gelebilir, ortalamanın çok üstüne çıkabilir. Bu yüzden tanımımızın etki sıralaması önem arz etmektedir. Yani hastalık, "anlam yüklü" bir kelime olsa da (bu yüzden "rahatsızlık" gibi kelimelerin dilimizde kullanıldığını hatırlayın), her hastalık süründürecek ve ölümcül düzeyde değildir; belirlemesi çok güç olan seviyeleri vardır.

Tüm bunları cücelik için de benzer bir şekilde analiz edebiliriz; ancak farklı ve zıt bir örnek olması açısından bir diğer konuya bakalım: çok parmaklılık. Parmakların sayısı *HOX* genlerinin aktivasyonu ve deaktivasyonu sonucu üretilen Sonik Kirpi Proteini ile belirlenir. Eğer ki bu genlere bağlı olarak üretilen

bu sinyal (protein veya hormon) fazla üretilirse, parmakların sayısı artar. Az üretilirse, parmakların sayısı azalır. Ancak hangi durumda 6 parmağa sahip olmak bir hastalıktır? Hangi durumda bunu varyasyon olarak görmeliyiz? Yine tanımımız imdadımıza yetişiyor: Eğer ki yaşam standartlarını düşürüyorsa hastalıktır, yoksa değildir.

Tabii yine bunu bu kadar net söylüyoruz ama, her zaman araya bariz sınırlar çekmek mümkün olmuyor. Çünkü ekstra üretilen 6. parmak her zaman işe yarar olmuyor. Kimi birey bu parmağını normal şekilde kullanırken, kimisininki düzgün gelişmiyor bile. Örneğin yine ülkemizde yaşayan Ahmet Gazanfer isimli şahsın her elinde tamamen işlevsel 6 parmak bulunuyor. Keza, Brezilya'da bulunan ve 2014 Dünya Kupası sırasında meşhur olan bir ailenin her bir üyesinin her bir elinde 6 parmak bulunuyor. Bu ailenin bireyleri 6. parmaklarını da kullanarak basketbol oynayabiliyorlar ve piyano çalabiliyorlar. Öte yandan, bu parmakları düzgün gelişmeyen her bireyde de dikkate değer miktarda olumsuz sonuçlar var olmuyor, sonuçta ellerinde fazladan bir çıkıntının olması her zaman fiziksel ve zihinsel bir olumsuzluk yaratmıyor.

Üstelik önemli olan bir nokta var: Evrimsel süreçte, işte bu şekildeki "fazladan" veya "normalden farklı" yapılar seçilerek türler yeni yönlere doğru değişiyorlar. Yani fiziksel bir sıkıntı yaratsa bile bu "anormallikler" evrimsel bir avantaj sağlayabilmektedir. Bu durumda, bir hastalık olarak görülebilecek bir durumun bile evrimsel avantaj sağlayarak norm haline gelebileceğini görürüz. Sonuçta balıklar amfibilere evrimleşirken yüzgeçleri normalden farklı kemik yapısına sahip olan soy hatları hayatta kalmış ve seçilmişti. Daha sonra bu ilkin parmaklar, ataları bu ilkin denizlerden karalara geçen canlılar olan günümüzdeki tüm kara omurgalılarının vücudunun bir parçası haline geldi. Balıksı atalarımızın ellerinde 4-8 arasında değişen parmaklar bulunuyordu; ancak karaya çıkan atalarımızda bu parmakların sayısı 5 olacak şekilde azaldı ve sabitlendi, böylece neredeyse tüm karasal omurgalı hayvanın ellerinde 5'er parmak bulunacak şekilde bir evrim yaşanmış oldu. Muhtemelen bu geçiş dönemi sırasında, o kemik düzenindeki değişimler ilk meydana geldiğinde bir "hastalık" olarak görülebilecekti, hatta belki su içindeki hareketi zorlaştırıyordu! Ancak sahil kenarlarında bulunan türlere müthiş bir avantaj sağladı: karada daha kolay hareket edebilme!

Bu durumda, bir analiz yaparken tanımımızın her parçasını dikkate almak gerektiğini görebilirsiniz. Bir diğer önemli nokta, hastalık olan bir şeyin uzun vadede de her zaman sorun yaratmak zorunda olmadığı gerçeğidir. Fenotipimizde, yani fiziksel yapımızda meydana gelen değişimler kısa vadede kısmen zararlı olsa da, uzun vadede evrimsel avantaj sağlayabilir ve seçilebilirler.

Örneğin parmak yapısının değişimini piyano çalma becerisiyle ilişkilendirebiliriz. 6 parmaklı bir birey daha iyi piyano çalmak zorunda değildir, öncelikle onu belirtelim. Eğer ki bu ekstra parmak düzgün çalışıyorsa belki bu ona bir avantaj sağlayabilir; ancak her zaman böyle bir durum oluşmaz. Fakat ola ki

piyano çalma konusunda, 5 parmaklı bireylere göre ciddi bir avantaj sağlasaydı, bu bireyin çok farklı ve orijinal eserler yaratması ve toplum içinde yerinin apayrı hale gelmesi mümkün olabilirdi. Bu durumda, fazladan olan bu parmak bir "hastalık" olarak görülemezdi.

Piyano çalmanın (hatta herkesten iyi çalmanın) zihinsel ve sosyolojik açılardan yaşam standardını yükselttiği kabul edilirse, parmak yapısındaki "hastalık" olarak görülebilecek unsurların aslında hastalık olmadığı anlaşılacaktır. Piyanistler üzerinde yapılan analizlere göre fazladan gelişen bir küçük parmak, başparmak gibi diğer parmakların karşısına gelebilecek yapıda (karşıt parmak - opposing finger) yapıda olabilseydi, piyano çalmak çok daha kolaylaşırdı. Dolayısıyla söz konusu normalden sapmanın ne şekilde ve şiddette gerçekleştiği de tanımımız açısından büyük öneme sahiptir.

Bir diğer durum, tırnakların hiç uzamaması olabilir, bu da piyanistler için çok faydalı olurdu. Normalde tırnakların uzamaması çeşitli hastalıklar için bir semptomdur; ancak böyle bir durumda, başka herhangi bir hastalığa neden olmadan bireyin yaşam standartlarını düşürmek yerine, arttırabilir bile! Dolayısıyla hastalıklarla ilgili marjinal örnekler daha geniş açılı ele alınmalıdır. Ayrıca sağ elin başparmağındaki tırnağın uzun olmasının piyano çalımında "glissando" denen nota kaymaları açısından faydalı olduğu belirtilmektedir. Benzer bir şekilde, parmaklar arasındaki ağın daha gevşek olması da piyano çalmayı kolaylaştırmaktadır.

Tüm bunlar, aslında piyano çalma açısından ele alınmasaydı, "hastalık" veya en azından "semptom" olabilecek durumlardı. Çünkü normalden sapmaya neden olmaktadırlar. Ancak sadece bir "normalden sapma" olarak değil, yaptığımız kapsayıcı tanım dahilinde incelediğimizde, bu tür "anormalliklerin" her zaman hastalık belirtisi olmayabileceği görülmektedir. Bireylerin yaşam standartlarını çok yönlü olarak nasıl etkilediği önemlidir.

Daha önce de değindiğimiz ve bu noktaya kadar yaptığımız açıklamalardan görebileceğiniz gibi, olgular arasındaki sınırlar net değildir; oldukça muğlaktır. Örneğin bir varyasyon hangi noktada hastalık olarak görülmelidir? Bu soruya net bir cevap vermek mümkün değildir; tek yapılabilecek olan, olgu bazlı bir analiz yapmaktır. Bazı tıbbi durumlar evrensel olarak hastalıktır (genellikle grip, AIDS gibi mikrobik hastalıklar); ancak bazı durumlar (vücut oranları, renk, uzuv sayısı gibi fenotipik özelliklerdeki farklılıklar) her zaman hastalık olmak zorunda değildir. Söz konusu bu ikinci kategoride her bir durum ayrı ayrı bireyler üzerinde incelenmelidir.

Sonuç olarak, burada ele aldığımız konuların hiçbiri nihai yanıtlara sahip değildir. Çünkü anlattıklarımız, bilimsel olarak henüz çözülmüş konular olmadığı gibi, etik ve kültürle de son derece harmanlandığı için "sağlıklı", objektif ve bilimsel kararlar alınabilmesini zorlaştırmaktadır. Fakat önceki sayfalarda önerdiğimiz tanımın, birçok hastalığı gerçekten kapsayıcı olduğu kanısındayız. Geriye kalan istisnalar da, diğer resmi tanımların istisnalarıyla kıyaslandığında

sayıca daha fazla değil, daha azdır. Bu açıdan, en azından düşünsel süreçlere katkı sağlayacak bir tanım yaptığımızı düşünüyoruz.

Hastalıkları tanımlamak oldukça zor bir iş olduğu için çoğu zaman üzerinde düşünmeden geçmek daha kolaydır. Fakat eğer ki hastalıkları tanımak ve önlemek istiyorsak, onları tanımlamayı da öğrenmemiz gerekiyor. Bu sebeple, hastalık tanımlarıyla ilgili çalışmaların önemli olduğu kanaatindeyiz.

Şimdi sağlık sorunlarının kökenlerine ve çözümlerine ulaşan yolların evrimsel analizine başlayabiliriz.

AMANSIZ SAVAŞ: ANTİBİYOTİK DİRENCİ VE MİKROBİK ORGANİZMALARLA MÜCADELE

"Enfeksiyon hastalıkları defterini kapamanın zamanı gelmiştir: biz Amerika'da enfeksiyonun kökünü kazıdık."

William Stewart bu talihsiz sözü 1969 yılında söylediğinde eski bir enfeksiyon uzmanı ancak bir genel cerrah olarak görev yapıyordu ve derinlemesine yanılıyordu. Dikkat etmişsinizdir, sürekli olarak *"Gereksiz antibiyotik kullanmayın!"* uyarıları yapılmaktadır. Halen hastanelerde doktorlar dirençli mikroplarla boğuşup duruyorlar ve özellikle yoğun bakımların yüksek ölüm oranlarından da bu durum sorumludur. Yani kullanılan antibiyotiklere karşı direnç kazanmış mikroplar...

Modern tıbbın en amansız mücadelesi budur. Gezegenimizde muhtemelen on milyonlarca farklı tür tek hücreli canlı yaşamaktadır. Her canlı gibi bu canlılar da bir şekilde korunmak, beslenmek ve çoğalmak zorundadırlar ve bu türlerin bazıları, bu amaçla bedenlerimizden yararlanırlar. Bu esnada bazıları fayda sağladıkları için biz de onlara kapı açarız. Bu sayede onlardan vitaminler ve enzimler sağlarız. Bu güzel ilişki bozulup bizim vücut düzenimizde aksaklık oluşturduklarında ise tıp devreye girer: Vücudun savunma mekanizmasına ek olarak, kimi zaman bakteri öldürücü ya da durdurucu kimyasallar kullanırız. Bunların ilk keşfedileni mantarlar tarafından üretilen bir bakteri zehridir: Meşhur penisilin...

Fakat antibiyotiklerin üretimi sonucunda hiç beklemediğimiz bir şey oldu. Evrimin saatinin tik takları bize karşı işlemeye başladı. Biz ilaçlar verip bakterileri öldürdükçe, virüslere karşı aşılarla çocuklarımızı korumaya aldıkça, bu hastalık yapıcı bakteri ve virüslerin oyun alanlarını büyük oranda kısıtladık, hatta bazılarını tamamen yok ettik. Ancak bir şeyi unutuyorduk: Bir hastalığın tüm patojenleri (hastalık yapıcı mikropları) birebir aynı yapıda değildir. Evet, çoğu ortalama özelliklere sahiptir (tıpkı çoğu insanın boyunun ortalamaya yakın olması gibi); ancak bazıları, uçlardadır. Bambaşka özelliklere sahiplerdir. Bizim ilaçlarımızsa, sadece ortalamayı hedeflemektedir. Çünkü etrafımızda ezici çoğunlukta gördüğümüz onlardır.

Aşı ve ilaçlarımızdan, ortalama özelliklere sahip olanlara kıyasla çok daha az etkilenen bu "uç mikroplar", hayatta kalıp çoğalmaya başladılar. İlaçlara ve aşılara belki %100 dirençli değillerdi. Sonuçta varyasyonların evrimsel değişime neden olması zaten genellikle ani sıçramalarla olmaz. Ancak ortalama özelliklere sahip bakteriler örneğin %10 dirençliyse (evet, onlar da tamamen dirençsiz değillerdi!), bu uçlarda yer alanlar %20 dirençliydi. %10 dirençli olanların neredeyse hepsi öldü, %20 olanlarınsa sadece bir kısmı öldü. %20 dirençli olanlar çoğaldıkça, mutasyonlar nedeniyle ufak varyasyonları olan yeni nesiller oluşmaya başladı. Yani biz aşı ve ilaç verdiğimiz için mutasyonlar oluşmadı. Mutasyonlar (ve transpozonlar gibi çeşitlilik mekanizmaları) zaten sürekli yeni çeşitlilikler yaratıyordu. Biz sadece o çeşitliliğin yaygın olarak gördüğümüzü yok etmeye başladık. Böylece azınlıklar hayatta kaldı. %20 olanlardan, %25 dirençli olan varyasyonlar oluştu. İlaçlarımız %20 dirençli olanları daha çok öldürürken, %25 olanları daha az öldürebildi. Bu şekilde artarak, %100'e yakın dirence ulaştık. Yeni ilaçlar geliştirdik; ancak tüm bakterileri bir anda yok edemediğimiz için, ona karşı dirençliler de hayatta kalıp, evrimsel mücadeleyi kazanmayı başardı.

Örneğin, penisilinin keşfinden sadece 20 yıl kadar sonra ilk dirençli bakteriler de görülmeye başladı. Yüksek dozlara rağmen bakteriler artık öldürülemiyordu. Evrimsel mekanizmalar devreye girmiş, insanlarda hastalık yapıcı türler değişime uğramıştı. Buna cevaben insanlar yeni yöntemler kullanmak ve yeni antibiyotikler geliştirmek zorunda kalmışlardır. Ancak doğanın bu yeni silahlara cevabı da her zaman aynı olmuştur: Evrimleşerek, o ilaçlara da dirençli bakteri türlerinin yaratılması... Bu karşılıklı silahlanma mücadelesi nedeniyle günümüze kadar üretilmiş antibiyotik çeşidi yüz elliyi geçmiştir! Sadece bu bilgi parçası bile evrimin gücünü ve evrimi anlamanın ne kadar önemli olduğunu kavramak için yeterli olmalıdır.

Evrimsel biyolojiyle ilgili algıyı köreltmek isteyen kişi ve gruplar, bakteri direncinin evrimle ilgisi olmadığını, sadece çeşitlilikten ibaret olduğunu söyleyerek algı yönetimi yapmaktadırlar. Bu doğru değildir. Daha önce de izah ettiğimiz gibi çeşitlilik, zaten evrimin üzerinde işlediği malzemedir. Evrimden bağımsız bir olgu olarak düşünülemez. Bir diğer deyişle çeşitlilik, evrimin ilk adımıdır. Popülasyon içinde sürekli çeşitlilik yaratılır. Bu çeşitliliğin temel kaynağı mutasyonlardır; ancak crossing-over, transpozonlar, viral enfeksiyonlar ve yatay gen transferi gibi mekanizmalar da bu çeşitlilik üretimine sürekli katkı sağlar. Canlıların içinde bulunduğu çevre değiştiğinde, bu çeşitlilikten bazıları diğerlerine göre avantajlı olur, bazıları olmaz. Bu avantajlı olanlar sürekli daha fazla üreyerek, kendilerini avantajlı kılan o özelliği gelecek nesillere aktarabilirler. Diğerleri yok olurlar. Bu durum, 5, 10, 100 senede olduğunda pek bir etkiye sahip değildir. Canlı sürekli değişir, genetik yapısı sürekli farklılaşır; ancak dışarıdan bakıldığında bunu görmek pek mümkün olmayabilir. Hele ki canlının üreme döngüsü bakteriler kadar hızlı değil de, örneğin insanlar veya

filler gibi birkaç on yıla varabilecek kadar uzunsa, değişimi makul süreler dahilinde görmek hiç mümkün olmayabilir. Çünkü 100 sene gibi bizler için uzun olan bir sürede bile bu canlılar en fazla 2-3 nesil atlayabilirler. Evrim, nesiller boyunca popülasyonlarda meydana gelen değişim olduğu için, 2-3 nesil tek kelimeyle "hiç"tir. Ancak bu değişimi 100 yıl değil de, 100 bin yıla yaydığınızda, artık her çevre değişiminde uyumlu olanların özellikleri belli bir yöne doğru o kadar fazla birikmiştir ki, elinizdeki canlılar 100 bin yıl önceki atalarından tamamen (ya da ciddi miktarda) farklı görünümlere sahiptirler. İşte bu, evrimdir.

Unutmayın! Evrim illa ki fiziksel değişimi gerektirmez. Genlerdeki tek 1 nükleotit pozisyonunun popülasyon içinde nesiller içinde görülme sıklığının değişimi bile evrimsel bir değişimdir. Tekil olarak bu olaya "mutasyon" deriz; ancak mutasyonların seçilim mekanizmalarının etkisi altında kalarak popülasyon içerisine nesiller içinde yayılması evrimin ta kendisidir. Bir diğer deyişle, evrimden söz etmek için illa dinozorların kuşlara dönüşümünü gözlememiz gerekmez. Kuşlar dinozorlardan evrimleşmiştir evrimleşmesine; ama bu çok daha uzun vadede olan bir süreçtir ve evrimi gözlemek isteyen birinin bu kadar uzun zaman dilimlerinde olan makro (büyük ölçekli) evrime odaklanması pratik olmayan bir çabadır. Öte yandan genlerdeki değişimlerin popülasyonlara yayılması, yani mikro (küçük ölçekli) evrim kolaylıkla gözleyebileceğiniz bir evrimsel süreçtir. Bu tür evrimi her an, her gün laboratuvarlarımızda gözleriz. Vücutlarımızdaki bakterilerin, antibiyotiklere karşı verdikleri mücadelede olan da kabaca budur. Mikroevrim, onların yerel olarak değişmesini sağlar ve ortama daha uyumlu hale getirir. Fakat bu mikroevrim sürekli olarak belli bir yöne doğru seçildiğinde, en nihayetinde canlılar başlangıçtaki atalarına göre öylesine farklılaşmış olurlar ki, artık makroevrimden de söz etmeye başlayabiliriz. Çünkü bu uzun süreçte meydana gelen ciddi seçilim baskıları, atasal türlerden farklı türlerin evrimleşmesine neden olur. Bu da, herkesin görmek isteyip de ne yazık ki görmekte zorluk çektiği makroevrimi gözler önüne serer. Yani eğer ki bir kolun uzunluğunun değişimini, yeni bir organın oluşumunu, vb. köklü değişimleri incelemek istiyorsanız, laboratuvardan fazlasına ihtiyacınız var: Çok uzun bir zaman dilimi boyunca yaşayabilmek, zamanda yolculuk yapabilmek veya evrimi bilgisayar simülasyonları aracılığıyla aşırı hızlandırmak gibi...

Ya da, ileriyi görmeye çalışmak yerine, geriyi görebilirsiniz: fosiller, bize bu uzun vadeli değişimleri, kademe kademe olacak şekilde, bariz bir biçimde gösterebilirler. Elbette fosiller kusursuz değildir, çünkü bize tarihten sadece kesitler sunarlar. Örneğin belli bir evrimsel süreci gösteren iki fosil arasındaki süre 30 milyon yıl gibi devasa bir boşlukla ayrılabilir. Bu, çok uzun bir filmden iki adet ekran görüntüsü ("screenshot") almak gibidir. Eğer uzman değilseniz, bu görüntülerin aynı filme ait olduğunu anlayamayabilirsiniz. Ancak bir görüntü uzmanıyanız, bunu rahatlıkla kesitlerin özelliklerine bakarak anlayabilir ve noktaları birleştirebilirsiniz. İşte paleontologların ve evrimsel biyologların yaptığı da budur. Sayısız ama boşluklu olan kesitleri didik didik ederek bir dolu

bilgi edinirler ve aradaki bağlantıları kurarlar. Bu, tam anlamıyla bir dedektiflik işidir. Ancak dedektiflerin aksine, gizemi aralanmaya çalışılan olay birkaç gün ya da hafta önce değil, milyonlarca ve milyarlarca yıl önce yaşanmıştır (ve halen yaşanmaktadır).

Peki ne olmaktadır da bakteriler antibiyotiklere karşı direnç kazanmaktadır? Öncelikle bakteriler çok hızla çoğalmakta ve kendi DNA'larındaki mutasyonların yanı sıra başka bakterilerden gen parçacıkları almaktadırlar. Bu sayede bakteri popülasyonunda genetik çeşitlilik inanılmaz boyutlara çıkmaktadır. Çoğalmayı etkileyen mekanizmaya bağlanarak görev yapan antibiyotikler tam bu bağlantı noktasında etkin bir genetik değişim geçiren bakterinin üremesini engelleyemezler. Yeterli dozda ve sürede uygulanmayan, hele hele viral hastalıklarda gereksiz verilen antibiyotikler yüzünden bu sorun katlanarak büyümektedir.

Dahası, bakterilerin evriminde olan tabii ki sadece antibiyotiğe karşı direnç kazanmak değildir. Sonuçta bu canlılar, çok daha geniş ve kapsamlı bir yaşam mücadelesi vermektedirler ve bu mücadelede en başarılı yöntemlere sahip olanlar hayatta kalıp üremektedir. Bu süreçte ortaya çıkan en ilginç evrimsel ürünlerden birisi, bakteriler arası iletişim yöntemleridir. Western Ontario Üniversitesi'nde yapılan bir araştırma, *Burkholderia cenocepacia* gibi bakterilerin birbirleriyle iletişim kurmasının antibiyotiklere karşı direnmesini kolaylaştırdığını açığa çıkarmıştır. *B. cenocepacia*, bağışıklık sistemi yetersizliği olan hastalarda sistik fibroz gibi yıkıcı etkilere neden olabilen bir bakteridir.

Dr. Miguel Valvano ve araştırmanın baş yazarı olan doktora öğrencisi Omar El-Halfawy, antibiyotiğe karşı iyi direnen bakterilerin, bakteri popülasyonu içinde küçük moleküller üreterek, iyi direnemeyen hücrelere yolladığı ve böylece o hücreleri de antibiyotiğe karşı iyi direnir hale getirdiğini göstermiştir. Benzer şekilde, cinsel yolla bulaşan hastalıklar (CYBH) ve bunlara neden olan virüs ve bakteriler de müthiş bir evrimsel başarıya sahiptirler. Bu hastalık yapıcı unsurlar sadece kendileriyle ilişkilendirilen hastalıklara neden olmazlar, aynı zamanda diğer virüs ve bakterilerin de vücuda yerleşebilmesine katkı sağlarlar. Örneğin gonoreye neden olan *Neisseria gonorrhoeae* bakterisi tedavi edilmediğinde, günümüzde hâlâ pelvik inflamasyonu, çeşitli gebelik komplikasyonları ve dişi kısırlığına neden olmaktadır. Enfeksiyonun varlığı, AIDS'e neden olan HIV ile enfekte olma ihtimalini arttırmakta ve gebelerde kör bebek doğurma riskini doğurmaktadır. Antibiyotikler çoğunlukla birkaç günlük rahatsızlığın ardından gonore enfeksiyonunu iyileştirmesine rağmen, enfeksiyona neden olan bakteri sürekli ilaçların içindeki kimyasalları atlatacak şekilde evrimleşmektedir. Bu ve benzeri bakterilerle mücadelede kullanılan sülfonamidlerin 1940'larda tedavi etkisi tamamen yitirilmiştir, penisilinler ve tetrasiklinler 1970'ler ve 80'lerde etkisini kaybetmiştir, florokuinolonlar 2007'de tedavi şablonundan çıkarılmıştır. Görüldüğü üzere bugüne kadar üretilen her antibiyotik, etki etmeye çalıştığı bakteriler karşısında evrim nedeniyle diz çökmek zorunda kalmıştır. Bunu durdurmanın tek yolu, evrimi anlamaktan geçmektedir.

Bir çeşit yapay seleksiyonla tetiklenen bu belayı savuşturmak için popülasyon genetiği üzerinden ve evrimsel bakış açısıyla büyük hastanelerde antibiyotik uygulama modelleri geliştirilerek direnç gelişimine karşı özel tedbirler alınmaktadır.

EVRİMİMİZLE UYUMSUZ YENİ ÇEVREMİZİN SAĞLIĞIMIZA ETKİLERİ

İnsan, mevcut genetik yapısının hemen hemen tümünün şekillendiği çevreden çıkmıştır. Halen bedensel ve zihinsel olarak üstesinden gelmekte zorlandığı bir ortamda yaşamaktadır. Geçmişte asalaklar, parazitler ve daha birçok tehdit edici dış etmenlerin bulunduğu bir ortamda var oluş mücadelesi verirken, özellikle son bir asırdır etrafımıza tamamen bambaşka bir çevre yarattık ve içine kendimizi hapsettik. Teknolojinin devasa gelişimi ile "tertemiz" yaşam alanları oluşturduk. Gelişen tıp sayesinde içimizi dışımızı parazit ve mikroplardan arındırarak sözümona pırıl pırıl ve "mükemmel" bir dünya yarattık. Elbette aslında tek yaptığımız, kendimizi kandırmak... Ne parazit ve mikroplardan gerçekten arındırdığımız var, ne de dünyamızın mükemmelliği...

Bu dünyayı yaratırken oluşturuduğumuz devasa karbondioksit ve kloroflorokarbon salınımını görmezden gelirsek, birlikte evrimleştiğimiz parazitlerin eksikliğini astım, allerji ve kronik barsak hastalıklarındaki artış ile hissetmekteyiz. Bağışıklık sistemimiz, beden eğitimi ile gelişen kaslarımız gibi, sağlıklı bir yapıya kavuşmak için çocukluktan itibaren dış etmenler sayesinde gelişir. Doğumla birlikte gelişimini sağlayacak yeterli dış uyaran bulamayan bağışıklık sistemi, beklenmedik bir şekilde vücudun kendi yapılarına düşmanca yönelir. Bu durum, birçok otoimmün hastalığın[14] kalbinde yer almaktadır.

Bu arada sürekli gelişen teknolojik ürünlerin çeşitliliği bedenlerimizin hiç ummadığı yepyeni kimyasallara maruz kalmamıza da neden olmaktadır. Gereğinden fazla tepkide bulunarak ölüme kadar götüren ağır alerjilerden tutun da, bir miktar kılkurdu yumurtası alınarak sakinleşen kronik barsak hastalıklarını ve ascaris varlığında gerileyen astım bulgularını örnek olarak verebiliriz.

Özellikle bu son iki örnek çok şaşırtıcıdır: Yapılan kontrollü çalışmalarda, bir şekilde bağışıklık sistemi kaynaklı kronik iltihabi hastalıklara neden olan parazitlerle yeniden karşılaşmanın hastalık bulgularında ciddi gerilemelere neden olduğu gösterilmiştir. Bu maksatla hastalara kontrollü olarak parazit yumurtaları verilmiş ve bulguların durumu not edilmiştir. Görülen şudur: Bağışıklık sistemimizin sağlıklı gelişmesi için bir oranda "pis" bir çevreye ihtiyaç vardır. Ancak tüketim toplumunun iteklemesiyle çoğu insan "hastalık hastası" olmuş, asla elde edemeyeceği "steril" bir ortam yaratma uğruna gereksiz titizliğinin kurbanları haline gelmişlerdir.

14 Vücudun bağışıklık sisteminin yabancı unsurlar yerine kendi hücrelerine saldırması sonucu oluşan hastalıkların genel adıdır.

Yatacağı yatağı her gece kendi başına ve bir başka kuytuda, dallar ve yapraklar kullanarak hazırlayan bir türden evrimleşen insanlar, evlerini "duvardan duvara" kaplı halılar ve sentetik yataklarla donatması yüzünden bu kez de olmaması gereken miktarlarda akarların saldırısıyla maruz kalmıştır. Böylece insanlara başta astım olmak üzere birçok yeni hastalık musallat olmuştur. Bu konu son yıllarda tıp alanında "Hijyen Teorisi" adı altında hekimlerin uğraş alanı olmuştur. Kırsal alanda yetişen çocuklarda astım, kronik barsak hastalıkları ve benzeri otoimmün hastalıklar çok daha az görülmektedir. Bir örnek verelim:

Amazon ormanının derinliklerinde bulunan Yanomami köyü batılı kültürü reddetmektedir. Köylüler, üzerlerinden geçen helikopterleri görüyor olsa da bazı gruplar halen batılılarla hiç iletişim kurmamıştır ve onların modern yaşantılarıyla henüz tanışmamıştır. Bu tarz gruplar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu yayınlanan araştırmalara göre, modern yaşam tarzımız gerçekten de vücudumuzda bazı önemli değişimler yaratmaktadır.

Araştırmacılar 34 yerli bireyin ağızlarını, derilerini ve yüzlerini bezle kaplamış ve buradan elde ettikleri bakterilerin DNA'sını kontrol etmiştir. Sonuç olarak da Yanomami grubunun insan grupları içindeki en yüksek mikrobiyal çeşitliliğe sahip olduğunu bulmuştur. Köylülerin dışarıda çok fazla zaman geçirmesi, avlanması ve tabii ki antibiyotiklerle tanışmamış olması araştırmacılarca bunun sebebi olarak düşünülmektedir. Yanomamiler, Venezuella'daki Guahibo Amerindians'lardan ve Güney Afrika'daki Malawian kabilesinden daha fazla mikrobiyal çeşitliliğe sahiptir; çünkü bu kabileler Yanomamiler'e nazaran daha batılı bir yaşam tarzı benimsemiş durumdadırlar. Araştırma, insanlar batılılaştıkça mikrobiyal çeşitliliklerinin düştüğünü göstermektedir. Bu da neden bizim hastalıklara daha kolay yakalandığımızı doğrulamaktadır. Araştırmanın baş yazarlarından birisi olan, New York Üniversitesi'nde insan mikrobiyomu üzerinde çalışmalar yürüten Maria Gloria Dominguez-Bello, bakteriyel çeşitlilik, sanayileşme ve diyabet, astım, obezite gibi hastalıklar arasında bir bağ olduğunu öne sürmüştür.

Fakat size sükseli şekillerde pazarlanan probiyotikleri çılgınlar gibi biriktirmeye başlamadan önce, Harvard Üniversitesi epidemiyologlarından[15] William Hanage, araştırma hakkında bazı önemli noktaları aklımızda bulundurmamızı istemektedir. İlk olarak, eğer ki bir zaman makineniz yoksa, teknik olarak Yanomami kabilesinin mikrobiyom çeşitliliğinin atalarımızınkini kesin olarak temsil ettiğini söylemenin herhangi bir yolu bulunmamaktadır. İkinci olarak, mikrobiyom ile insan sağlığı arasındaki ilişki son derece karmaşıktır. Düşük çeşitliliğin hastalıklara sebep olduğunu halihazırda biliyoruz; fakat bu, her şeyi açıklamamızı sağlayan net bir çıkarım değildir. Dahası, Yanomami kabilesinin sahip olduğu bazı mikroplar hastalık yapıcı da olabilir! Fakat ne olursa olsun bu

15 Epidemiyoloji; hastalıkların nedenlerini, sonuçlarını ve bu hastalıkların toplum içindeki örüntülerini inceleyen bilim dalıdır.

antitezler, bizler ile vahşi popülasyonların mikrobiyomları arasında farklılıklar olduğu gerçeğini değiştirmiyor.

Buna rağmen batılı yaşamı reddeden yerlilerin vücudundaki bakterilerin bazılarının yararları şimdiden tespit edilmiştir. Örneğin, *Oxalobacter formigenes* isimli bir bakteri, böbrek taşı oluşumunu engellemektedir ve bu bakteri Amerikalılara kıyasla Yanomami kabilesinde daha sık görülmektedir.

Şehirlerde yaşayan bizlere düşen, aşırı temizlik hastalığından bir an önce kurtulmak ve özellikle büyümekte olan çocuklarımızın özellikle doğal ortamlarda belli oranlarda olabildiğince "kirlenerek" yetişmesini sağlamaktır. Yaşadığımız mekânların oluşmasında ve ikamesinde kullanılan maddelerin ve kimyasalların olabildiğince doğal olanlarından seçilmesi ise ayrı bir gereklilik olarak karşımızda durmaktadır.

ÇEVREMİZİN EVRİMDEN HIZLI DEĞİŞMESİNDEN KAYNAKLI FİZİKSEL SORUNLAR

Tabii ki yaşam biçimlerimizin değişmesinin ve evrimsel sürecimizin bununla eşit hızda vücudumuzu değiştirmiş olmamasının bazı başka sorunlarla da ilişkisi vardır. Bunların başında fiziksel sorunlar gelmektedir.

Bel ağrısını ele alalım. 2013 yılında yayınlanan bir araştırmaya göre bel ağrısı; ağır depresyon, demir eksikliği, HIV, diyabet ve hatta savaş gibi unsurların içinde yer aldığı bir listede, insan yaşam kalitesini en sık düşüren rahatsızlık olarak karşımıza çıkmaktadır. ABD'den Rusya'ya, Türkiye'den Brezilya'ya kadar dünyanın dört bir yanında karşımıza çıkan, yaşam kalitesini düşüren 1 numaralı etmendir. Bu nasıl olur? Neden bel ağrısı bu kadar yaygındır?

Türümüz, primatlar ve maymunlar arasında evrimsel açıdan en başarılı hayvan türüdür. Ancak evrimsel süreçte gelişen vücut planımız, "şampiyon" diyebileceğimiz niteliklere hiç de sahip değildir. Çünkü son 6 milyon yıldır, özellikle de son 4 milyon yıldır çok hızlı bir evrimsel süreçten geçiyoruz. Ne yazık ki bu hızlı evrimsel süreç, birçok sıkıntının elenemeden günümüze kadar taşınmasına neden oluyor. Bel ağrısı da, bunun binlerce göstergesinden sadece bir tanesi.

2013 senesinde, dünyanın 2 numaralı akademik dergisi olan *Science* dergisini de çıkaran Amerikan Bilimin İlerleyişi Cemiyeti kapsamında düzenlenen Yıllık Toplantı'da antropologların ortak olarak dikkat çektikleri nokta da tam olarak buydu: Evrim, birçok konuda başarılı olsa da, vücudumuzun genel tasarımının evriminde hiç de iyi bir iş çıkaramamıştır. Toplantıda bu argümanı destekleyecek bol miktarda fosil kanıt sunan uzmanlar, aynı zamanda insanı günümüzdeki baskın tür konumuna getiren başarılı evrimsel değişimleri de tek tek listelediler ve kanıtlarıyla desteklediler. Bunlar arasından en önemlileri, insanın dik yürümesini sağlayan adaptasyonlar ve tabii ki, her şeyimizi mümkün kılan iri beynimizdir.

Ancak bunlar öyle birdenbire var oluvermiş özellikler değildir. Her biri, kendimizden önce gelen insansı ve hatta onlardan önce gelen maymunsu atalarımızın vücut planlarının ve özelliklerinin yumuşak ve kademeli bir evrim sürecinden geçerek oluşmuş versiyonlarıdır. Bunları genetik olarak, fizyolojik olarak, anatomik olarak ve hatta paleontolojik olarak çok eski zamanlara kadar adım adım takip edebilmekteyiz. Buna rağmen anatomimizin son derece sıkıntılı olması, evrimin araştırılmaya değer sonuçlarından birisidir. Boston Üniversitesi'nden Jeremy DeSilva bunu net bir şekilde şöyle ifade ediyor:

"Ola ki sıfırdan bir anatomi tasarlayacak olsaydınız, şu andaki insan vücudu kesinlikle tasarlayacağınız ürün olmazdı. Ne yazık ki evrim adeta bir elinde bant, diğer elinde ataçlar olan kötü bir mühendis gibi çalışır."

Bunun en net örneklerinden bir tanesi ayaklarımızdadır. Evrimsel süreçteki atalarımız, ağaçlara tutunabilmek için son derece esnek ayaklara ihtiyaç duyuyordu. Bu nedenle evrimsel süreçte, çok parçalı kemiklerden oluşan ayaklar evrimleşti. Ancak geride bıraktığımız yaklaşık 5 milyon yıl içinde bizlerin ataları ağaçlardan ayrıldı ve yerde, iki ayak üzerinde durmaya başladılar. Artık bu fazladan kemiklerin neredeyse hepsi işlevsiz hale gelmişti. Bazı parçalar evrimleşerek değiştiler: Örneğin ayak baş parmağımız, atalarımızdakinin aksine diğer 4 ayak parmağının karşısına gelebilmesini sağlayan "karşıt başparmak" özelliğini tamamen yitirdi. Ancak ayağımızda halen 26 tane kemik, 33 eklem, 100'den fazla kas bulunmaktadır. Bu kemiklerin önemli bir bölümü gereksizdir veya çok daha verimli olacak şekilde tasarlanabilir. Bunu DeSilva şöyle anlatıyor:

"Eğer bir ayak tasarlayacak olsaydınız, kesinlikle 26 kemik kullanmazdınız. Ayaklarımız, sapasağlam durabilmek için modifiye olmuştur (değişmiştir). Ancak bu evrimsel değişim sırasında kemiklerimizin arasına 'yama' olarak düşünebileceğimiz birçok eklenti gelmiştir. Buna rağmen kemik sayısı halen çok fazla olduğu için, ayaklarımız içe ve dışa gereğinden fazla bükülebilir ve yay halindeki yapısı kolaylıkla çökebilir. Bunun sonucu ne midir? Bilek bükülmeleri, topuk dikenleri, Aşil tendon yırtılmaları, incik nasırları, kırılan bilekler ve daha nicesi..."

Hemen aklınıza şu itiraz gelebilir: *"Modern zamanlarda stiletto ve topuklu ayakkabılar gibi birçok moda ürünü kullanılıyor, bunlar hep onun sonucu."* Cevap, koskocaman bir hayır! 3 milyon yıl geriye gidecek kadar uzun bir zaman aralığında bulunan çok sayıda insan fosilinde, yukarıda sözü edilen hastalıkların neredeyse tamamı görülüyor. Atalarımızın topuklu ayakkabılar kullanmadığından da oldukça eminiz. DeSilva'nın da belirttiği gibi, evrim ne yazık ki başa dönerek vücutlarımızı sıfırdan tasarlayamıyor. Akıllıca bir düzenleme yapılacak olsa, tabii ki baştan yaratmak en mantıklısı olacaktı. Fakat doğa böyle çalışmıyor. Elinde "bant ve ataçlar"dan başka hiçbir şey olmayan evrim, sadece var olan malzemeyi değiştirebiliyor. Var olan çeşitlilik içinden en uyumlu, en işe yarar olanlar seçilenler hayatta kalıyor, diğerleri ise yok oluyor. Ancak seçilenler, olabilecek en iyi tasarıma sahip olanlar olmak zorunda değil. İşte bu

nedenle, "kötünün iyisi" diyebileceğimiz birçok tasarım, doğanın dört bir yanında bulunuyor. Peki vücudumuz nasıl daha iyi tasarlanabilirdi? DeSilva şöyle anlatıyor:

"Eğer iki ayak üzerinde durabilen ve koşabilen bir tasarım istiyorsanız, ayak ve bilek tasarımı bir devekuşununkine benzer olmalıdır. Devekuşlarının bilekleri ve alt bacak kemikleri tek bir yapı oluşturacak şekilde birbirine kaynamıştır. Bu da adımlarını kat kat güçlendirir. Ayrıca ayaklarında sadece 2 tane parmak bulunur ve bu koşmak için fazlasıyla yeterlidir. Benim neden böyle bir ayağım yok? Bunun en basit nedeni, devekuşlarının 2 ayak üzerinde yürümesini sağlayan bu bacak yapısının temelleri, 230 milyon yıl önce yine 2 ayak üzerinde yürüyebilen dinozorlarda atılmış olmasıdır. Bizlerin iki ayak üzerinde yürüyen atalarımız ise sadece 5 milyon yıl önce evrimleşmiştir."

Ancak bu işin bacak boyutudur. Asıl konumuz ise bel ağrıları... Bel ağrılarının evrimsel nedenleriyle ilgili olarak, dünyanın en önde gelen araştırma kurumlarından Case Western Reserve University'den paleoantropolog ve anatomist Dr. Bruce Latimer'a kulak verelim:

"Eğer ki DaSilva'nın anlattığı gibi bant ve ataçlarla yapılmış kötü bir tasarım arıyorsanız, sırtınıza bakın."

İnsanlar iki ayak üzerinde yürüyebilecek şekilde evrimleşirken, evrimin kullanabileceği çok da fazla malzeme bulunmuyordu. Ağaçlar üzerine tırmanırken faydalı olan S şeklindeki omurgamız, "birdenbire" 90 derece dönüvermiş oldu. Bu, adeta 26 ayrı bardak ve tabağı üst üste dizip de dengede kalmasını sağlamaya çalışmak gibidir. Bizim omurgamızdakiler tabak çanak değildir de, omur ve disklerdir. Üzerinde bir de kafa gibi aşırı ağır bir nesne dengelenmeye çalışılmaktadır!

Evrimsel süreçte canlıların değişimi, elbette tek bir değişkene bağlı olarak farklılaşmaz. Örneğin omurgamızın yapısı, sadece genel anatomik özelliklerimizin bir ürünü değildir. Aynı zamanda ömrümüzün farklı evrelerinde deneyimlediğimiz unsurlar da, uzun vadede türümüzün şeklini belirlemektedir. Bunun en ilginç örneğini, doğumlarda görürüz. Omurgamızın S şeklindeki yapısı ve içe doğru kıvrımı, ana rahminden çıkmamızı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca bu şeklin iki ayak üzerinde dengeye de katkısı olduğu tespit edilmiştir. Yani bu nedenle evrimsel süreçte bu yapı pek fazla değiştirilememiştir.

Fakat bir özelliğimizin bize katkı sağlıyor olması, onun eksiksiz ya da kusursuz olduğu anlamına gelmez! S şeklindeki omurgamız üzerine binen yük, kaçınılmaz olarak bel ve sırt sorunlarını doğurmaktadır. Hele ki bir de sürekli aktif olmanızı sağlayan futbol, voleybol, basketbol, jimnastik veya kelebek yüzüş yapıyorsanız, bu yük katlanarak artmaktadır. Dünyanın çok büyük bir kısmı bel ve sırt ağrısı çekmektedir. Sadece ABD'de her sene 700 bin kişi omurga kırığıyla hastaneye kaldırılmaktadır. Hatta sırtımız bizi

ömür boyunca taşıyabilecek kadar bile evrimleşmemiştir! Latimer bunu şöyle anlatıyor:

"Eğer ki omurganıza gerçekten iyi bakacak olursanız, sizi 40-50 yaşına kadar götürecektir. Ondan sonra ne yazık ki kendi başınızasınız..."

Milyonlarca yıllık evrimin izlerini vücudumuzda bir damga gibi taşıyor olmak baş döndürücü değilse nedir?

Anlayacağınız, "mükemmellik" kavramı tamamen insan-bencil bir ifadedir ve bilimsel bir ifade ise hiç değildir. İnsanın arzu ve ihtiraslarını tetikleyen bir ön kabullenimdir. Modern yaşantımızda bizleri huzura bir türlü kavuşamayan mutsuz, depresif hatta zaman zaman saldırgan yapan önemli baş belalarımızdan birisidir. Gerçekte doğada "mükemmel" tanımına uyacak hiçbir "şey" bulamazsınız. O "şey"'lerin başında da "insan" gelmektedir.

Bedenleri oluşturan yapılar evrim sürecinde ortaya çıkan gereksinimleri karşılayacak şekilde bir fonksiyondan diğer fonksiyona doğru evrimleşirken, bu sürecin kaçınılmaz neticesi olarak "zorlanmaktadırlar". Elbette bir özelliğin ya da organın "zorlanması", organın bireyin ömrü içinde gelişerek evrimsel değişime uğraması değildir! Unutmayınız ki Lamarkçı evrim olarak bilinen bu "zorlamaya dayalı gelişimsel değişim" fikrinin günümüzde tamamen hatalı olduğu bilinmektedir. Ancak bu durum, özelliklerin çevresel ve evrimsel baskılar altında "zorlandığı" gerçeğini değiştirmemektedir. Belki bireyler bu zorluklara karşı bireysel bazı değişimler göstererek (örneğin çok ağır yükler taşıyan birinin giderek kaslanması gibi) tepki veriyor olabilirler. Ancak elbette ki, kaslı bir babanın evladı kaslı doğmayacak ya da kaslı olmaya meyilli olmayacaktır. Fakat eğer ki kasların daha güçlü ve sıkı olması yönündeki çevresel baskı uzun süreliyse ve yeterince şiddetliyse, genetik sebeplerle kaslı olmaya daha yatkın bireyler daha kolay hayatta kalacak ve daha fazla üreyeceklerdir. Böylece kendilerindeki "güçlü olmayı mümkün kılan" genleri, gelecek nesillere daha fazla aktarabileceklerdir. Bu durumun sonucunda, bir nesil içinde değil ama binlerce nesil sonucunda söz konusu "güçlü kılan genlerin" popülasyon içindeki sıklığı dikkate değer miktarda artacak, türün ortalama özellikleri değişecektir. İşte evrim, bu şekilde meydana gelir. Zorlamaktan kasıt da budur.

Denizde yüzmeye, karada yürümeye ve en nihayetinde havada uçmaya yarayan üyeler milyonlarca yıl içinde bu fonksiyonları sağlayabilmek için yapısal değişikliklere uğramış ve insana gelindiğinde arka üyeler iki ayağa kalkışımızdan dolayı tüm vücudun ağırlığını taşımak gibi ağır bir görev yüklenmiştir. Bu nedenle topuk dikeni denilen illet başımıza bela olmuştur. Başlangıçta balık dönemde hiç ağırlık taşımayan omurgamız, insana gelindiğinde üzerine binen yük nedeniyle bel ağrısı ve bel fıtığı sorunlarıyla gündemimizdedir.

Dört ayak üzerinde yürüyen memeliler görece çok kolay doğum yapmaktadır. Kalça-bebek oranları uygun ölçüdedir. Bu nedenle insan dışında neredeyse

hiçbir memeli, doğum kanalı problemleri sebebiyle sezaryanla doğuma ihtiyaç duymaz. İnsan iki ayağa kalkıp verimli yürüme amacına doğru evrimleşirken kalçanın yatay genişliği daralmıştır. Uyluk-kalça eklemi daha merkezde olunca, koşma fonksiyonu da çok iyileşmiştir. Ancak bu uzlaşının bir bedeli olarak dişilerimiz gerçekten zor doğum yapmaktadırlar. O daralmış kalçanın içindeki doğum kanalına uyabilmek için bebek "zorlanır". Bu durum, annenin de "zorlanması" demektir ki bu, evrimsel süreci tetikler.

Bu evrimsel çatışma, ya da daha teknik tabiriyle "evrimsel mübadele", bebeklerin gelişimlerini daha sonra tamamlamak üzere görece erken doğmalarına neden olmuştur. Doğum esnasında kafa, kemiklerinin birbiri üzerine binmesiyle kanala uymaya çalışır ve buna bağlı olarak kafatası anatomisi ve gelişiminde değişimler yaşanır. Kıkırdaksı dokularla doğan bebeklerin kemikleri ilerleyen yaşlarda sertleşir. Sağlıklı bebekler sıvı şeyler tüketirken ilk 9 ay boyunca kolay kolay boğazlarına kaçırıp boğulma riski taşımazlar. Ancak ilk yıl tamamlanırken zaman zaman içtikleri suyu boğazlarına kaçırıp öksürme ve bazen de boğulma riski ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Yenidoğanlarda ve bebeklerde küçük dil ile yutak kapağı nefes alma ile yutma ilişkisini birbirine karıştırmayacak konumdadırlar. Gerçekten de anneler, emzikli bebeklerinin bir yandan meme emer ve süt yutarken diğer yandan da mırıldanarak annelerine mutluluk sinyalleri yolladıklarına şahitlik etmişlerdir. Daha da öteye gidelim: Bu sesli sinyaller bebeği ile annesi arasındaki bağın güçlenmesine yönelik otomatik bir mekanizmadır (Etoloji bölümünde detaylarınız izah ettiğimiz içgüdüsel davranışları hatırlıyor musunuz?). Bebek, annenin hoşuna gideceğinden emin mırıltılar çıkarırken, anne de bu mırıltılara bayılmaya hazır bir "ruh haline" ulaşmıştır çoktan.

Bebeklerin gelişimi, doğum gibi zorlu bir süreç atlatıldıktan sonra tamamlanır. Gırtlak aşağıya iner, yumuşak damak yükselir ve yutma sırasında nefes alma şansı kalmaz. İşte bu aşamada nefes borusuna kaçışlar ve hatta boğulmalar başlar ve dikkat etmediğimiz takdirde ömür boyu aynı riski taşırız. İnsan dışında hiçbir canlı türünde böyle bir durum yoktur, çünkü sadece insan konuşabilmektedir. Konuşma fonksiyonunun yerine getirilebilmesi için ulaşılması gereken pozisyon dokuzuncu aydan sonra son halini alır. Buna bağlı olarak insanlar diğer hayvanlara göre "hatalar" dolayısıyla daha fazla boğulurken, gelişen ses zenginliği ve konuşma sayesinde çok daha başarılı bir iletişime kavuşurlar. Tüm bunlar, evrim ekonomisi ve uzlaşının harika birer örnekleridir!

Özetle, insan türünün evriminde sırf konuşabilmek adına zorlanan anatomik yapılarının son halleri, beraberlerinde ciddi sorunları getirmiştir. Evrim tarihi, bir şeylerden ödün verirken karşılığında başka bir şeyler kazanmanın tarihi gibidir. Canlılığı ve bugünkü canlıların özelliklerini anlamak isteyen birisi, o canlıların atalarının ne tür ödünler verip, karşılığında ne tür özellikler kazandıklarını incelemelidir.

ÂDET GÖRME VE EVRİM: EVRİM SAYESİNDE AÇIKLANABİLEN ERGENLİK SORUNLARI

Çoğu kere duymuşsunuzdur: *"Şimdiki kızlar erkenden gelişiyorlar!"* dendiğini. Ya da *"Kırsal kesimde kızlar erkenden evlendirilirler"* sözü de sıkça kulağa çalınır. Bu tespitler genelde doğrudur ancak bu olayların evrimsel mekanizmalarla kolaylıkla açıklanabilir özellikleri vardır.

İnsan dişilerinde ilk âdetin ("menarş") zamanlaması çevresel faktörlerle belirlenir. Ancak bu çevresel faktörlere vücudun nasıl tepki vereceği, evrimsel sürecin uzun geçmişi sırasında belirlenmiştir. Dolayısıyla bu noktada öğrendiğimiz, her ne kadar çevresel faktörler bir canlının ne olduğunu belirlemede etkili olsa da, o çevresel faktörlere ne tip tepkiler verileceğinin de gen kontrol ve işleme mekanizmalarınca belirleniyor olduğudur. Tabii ki bu mekanizmalar da evrim mekanizmalarınca denetlenir ve şekillendirilir. Âdet başlangıcı konusunda da bunu net bir şekilde görebilmekteyiz. Yapılan araştırmalar; hızlı büyüyen çocuklarda, yüksek sosyoekonomik duruma sahip ailelerin çocuklarında, çatışma veya boşanma halindeki ebeveynlerin çocuklarında, üvey babanın bulunduğu ailelerde, ergenlik başlangıcında veya öncesinde yüksek stres altında bulunan çocuklarda ilk âdetin ortalamadan daha erken başladığını göstermektedir.

Bu son derece mantıklıdır; çünkü bu sayılan durumlar ya çok iyi ortam koşullarına işaret etmektedir, ya da sıkıntılı ortam koşullarına... Normal, beklendik, ortalama koşullar söz konusu değildir. Örneğin, belirttiğimiz gibi yapılan araştırmalar ortalamadan zengin insanların özellikle de kilolu doğan kız çocuklarında erken yaşta âdet görmeye eğilim olduğunu göstermektedir. Belirttiğimiz gibi, bunun arkasında yatan mantık basittir: Hazır ortam koşulları iyiyken bir an önce üremek gerekir, zira ortamın sürekli iyi kalacağı garanti edilemez!

Bu son derece beklendik bir durumdur; zira evrimsel süreçte önemli olan hayatta kalmak ve üremektir. Bunun haricinde yaşamın nasıl yaşandığı, sosyokültürel durum, sınıf farklılıkları gibi konuların evrimsel uyum başarısı açısından doğrudan bir anlamı yoktur. Bunlar, evrimsel başarıyı özellikle insanlarda etkileyebilse de, nihai başarıyı belirleyen şey hayatta kalabilmek ve üremektir. Ne kadar fakir ve hasta olursanız olun, hayatta kalıp üreyebiliyorsanız dünyanın en zengin ve sağlıklı insanı ile aynı evrimsel uyum başarısına sahipsinizdir. Yani işin özü oldukça yalındır: Hayatta kalabilen ve üreyebilenler evrimsel açıdan başarılıdır; bunu yapamayanlar ise başarısız... Bu durumda, varlıklı bireylerin "bol kaynaklı" (kilolu) kız çocukları, ortam şartlarının halihazırda iyi olduğu bir yerde doğmuşken, olabildiğince hızlı üremeye ve genleri olabildiğince fazla bireye yaymaya genetik olarak programlanmışlardır.

Bu noktada sorabilir ve hatta sitem edebilirsiniz: *"İyi ama; âdet dediğimiz şey en başından neden var ki? Bunca acı ve kanın hiçbir anlamı yok, berbat bir şey!"*

Eğer ki evrimsel biyolojiden anlamıyor olsaydık, haklı olduğunuzu söyleyebilirdik. Zira hele ki vahşi hayatta her ay günler boyunca vücut dışına kan çık-

ması adeta avcılar için ziyafete davettir! Öyleyse, kitap boyunca öğrendiğimiz ve özellikle de bu bölümde gördüğümüz üzere, çok güçlü bir dengeleyici neden olması gerekmektedir. Bu nedeni evrimsel biyoloji ve evrimsel tıp ortaya çıkarabilir ve açıklayabilir mi? Elbette!

Öncelikle âdeti kısaca tanıyalım: Menstrüasyon (âdet), rahmin endometriyum tabakasının yırtılarak atılmasıdır. Üreme çağına erişmiş dişilerde belli sürelerde kendini tekrar eden bu süreç memeli hayvanların birçoğunda yaşanan bir olaydır. Âdet sayesinde rahim duvarı yenilenir ve gebelik için sağlıklı ve yeni bir yapı inşa edilebilir. Ancak eski duvar, kanama ve akıntıyla birlikte dışarıya atılır. Ne var ki çok az sayıda hayvanda âdet, rahim duvarının yırtılması ve vajinal açıklıktan kanın ve duvar parçalarının dışarı atılması şeklinde yaşanır. Bu tür âdete "aleni âdet" veya "açık âdet" adı verilir. Birçok memeli hayvanda kan ve rahim duvarının parçaları, rahim dokuları tarafından emilir. Böylece dışarıya hiçbir kanama belirtisi yansımaz. Buna "gizli âdet" veya "kapalı âdet" adı verilir.

Peki, insan haricinde hangi hayvanlar âdet görürler? Aslında birçok memeli türü âdet görür; ancak sadece insanlarda, en yakın kuzenlerimiz şempanzelerde ve daha uzak kuzenlerimiz yarasalar ile fil farelerinde "aleni/açık kanama" denen âdet tipi görülür. Diğer memelilerde âdet kanaması vajinal açıklıktan dışarıya akmaz. Kan, rahim içindeki duvar tarafından emilir.

Primatlar içinde bile sadece insanlarda ve şempanzelerde vajinal açıklık içindeki yırtılma sonucunda dışarıya doğru bir kanama/akıntı görülür. Orangutanlar ve gorillerde de kimi zaman aleni âdete rastlanabilir. Bu durum, diğer maymunlar ile insan arasındaki yakın akrabalık ilişkisini doğrulayan milyonlarca örnekten birisidir. İnsanın daha uzak diğer maymun akrabalarına gidilecek olduğunda, giderek artan miktarda gizli âdete rastlanır (rhesus maymunları istisnasıyla).

Strepsirhin (ıslak burunlu) maymunlarda âdet hiç görülmez; ancak onların en yakın akrabası olan Haplorhin (kuru burunlu) maymunlarda âdet görülür (ki Antropoloji bölümünde de gördüğümüz gibi, insanlar ve tüm yakın akrabaları da kuru burunlu maymunlardır). Yine, evrimin tam da öngördüğü gibi, Strepsirhin ile Haplorhin maymunlar arasında bir geçiş grubu olan tarsiyerlerde âdetin erken bir versiyonuna rastlanır. Yani âdet gibi bir konuda bile evrimin izlerini bariz bir şekilde görebilmekteyiz.

Maymun harici primatlarda (kediler, köpekler, atlar, filler, sıçanlar, domuzlar, vb.) gizli âdet görülür. Bu canlı türlerinin âdet döngüleri de farklı farklıdır. İnsanların dişileri her ay âdet görürken, köpeklerde âdet her 6 ayda bir defa, kedilerde ise yine insanlardaki gibi her ay yaşanır. Atlarda âdet 3 haftada 1, sıçanlarda ise her 5 günde 1 yaşanır. Köpeklerde bazen dışarıya doğru kanama görülse de, bu aleni âdet değildir; çünkü kanamanın nedeni rahim duvarının parçalanması değil, azgınlık döneminde olan köpeğin vajinal duvarındaki kılcal damarların çatlayarak kanamaya neden olmasıdır.

Memeli hayvanlardan çıkıp, yumurtlayan hayvanlara ulaştığımızda, âdetin tamamen yok olduğu görülür. Sürüngenlerin çoğu, amfibilerin çoğu, balıkların çoğu ve kuşların hiçbiriâdet görmez. Bunun sebebi, yumurtlayan hayvanların rahme ihtiyacı olmamasıdır. Bu hayvanlarda rahim evrimleşmemiştir.

Öyleyse, asıl soruya dönebiliriz: Neden âdet gibi bir mekanizma evrimleşti ve diğer hayvanlara nazaran insanlarda âdet neden bu kadar "vahşi"?

Modern dönemde yaşayan insan dişileri, gerçekten de âdet gören diğer herhangi bir diğer hayvandan çok daha fazla kanama geçirirler. Bu kanamalar bol miktarda besinin vücuttan atılmasına neden olur, günlük yaşamı son derece olumsuz etkileyebilir ve eğer ki vahşi hayattaysanız, belirttiğimiz gibi avcıların dikkatini çekmenize neden olur. Bu sebeplerle, âdet görme davranışının evrimsel nedenleri çok iyi anlaşılmalıdır ve bunu yapabilecek tek bilim dalı, evrimle işbirliği yapan tıptır. Ancak bunu anlayabilmeniz için, öncelikle hayatınız boyunca size söylenen en büyük yalanlardan birine göz atmamız gerekiyor: annefetüs bağına...

Hamilelik güzel bir şeydir. Bu konuda hangi kitabı ele alırsanız alın, ballandıra ballandıra anlatılır. Fotoğraflarda, geleceğin annesi, şişmiş karnına elini koyarak bebeğini okşadığını hayal eder. Gözleri buğulu ve heyecan doludur. Bu fotoğraflara baktığınızda, annenin yavrusunu korumak için elinden geleni ardına koymayacağını hissedersiniz. İç sayfalarda, anne rahminin bebek için ne kadar rahat, komforlu ve uygun bir ortam yarattığı yine süslü bir dille anlatılır.

Ancak eğer gerçekten hamile kaldıysanız, gerçek hikâyenin bundan epey bir sapmış olduğunu deneyimlemişsinizdir. Elbette bir anne, yavrusu için gözünü kırpmadan birçok fedakarlığı yapabilir; ancak hamileliği bununla tanımlamak doğru değildir. Çünkü bu fedakârlıklar, hamileliğin aslen baskın olan tarafını gölgeler: mide bulantıları, bitkinlik, durmak bilmeksizin devam eden sırt ağrıları, kabızlıklar, kan basıncı problemleri, nabız sorunları, telaşlılık ve hatta her 100 hamilelikten 15'inde görülen ölümcül bazı sorunlar... Birçok memeli hayvan açısından, bu tek kelimeyle çılgınlıktır! Birçok memeli hayvan, hamileliği oldukça eğlenceli bir şekilde geçirir. Avcılarından kaçmayı sürdürür, avlarını alt etmeye devam eder, hatta tek seferde sorunsuz bir şekilde 12 yavruyu bile çıkarıverir. Bu durumda bizi farklı kılan nedir?

Cevap, oldukça garip olan plasentamızda yatmaktadır. Birçok memelide plasenta, ana rahmindeki fetüsün bir parçasıdır ve rahimdeki kan damarlarıyla bebek arasındaki köprüyü oluşturur. Böylece yavruya besin taşınır. Keseli memeliler, yavrularının kan damarlarına ulaşmasına izin bile vermezler! Rahim duvarlarından süt benzeri bir sıvı salgılarlar ve yavruları bununla beslenir. Primatlar ve fareler de dahil olmak üzere sadece birkaç memeli hayvanda "hemokoryal plasenta" denen yapı evrimleşmiştir. Bunlar arasından da insanınki en acayip olanıdır.

Rahim içinde kalın bir endometriyal doku bulunur. Bunun içinde incecik kan damarları vardır. Endometriyum, rahme yeni yerleşmiş bir embriyoya temel

kan kaynağını sağlar. Gelişen ve büyüyen plasenta, bu katman içinde bir gedik açar, damarların duvarlarının arasına yırtarak girer ve yeni oluşan, aç embriyoya bu damarların yeniden bağlanmasını sağlayarak onu beslemeye başlar. Plasenta, etrafını saran dokuların içinde yarıklar açarak ilerler, onları baskılar ve embriyo için alan açmak amacıyla hormon kokteylleri salgılayarak kasların kasılmasını, boşlukların açılmasını sağlar. Öyle ki, salgıladığı hormonlarla buradaki sinirleri felç eder; böylece annenin beyni plasentanın işini yapmasına engel olacak kasılmalara neden olamaz.

Tüm bunlar, şu anlama gelir: Yeni büyüyen fetüsün artık annenin kan kaynaklarına doğrudan ve hiçbir kesinti bulunmayan bir bağlantısı vardır. Bebek, hormonlar salgılayarak anneyi manipüle bile edebilir (Entomoloji bölümünden hatırlayacak olursanız bunu yapan böceklere "parazit" demekteydik)! Örneğin, kan şekerini arttıracak hormonlar salgılayarak kan damarlarının genişlemesine neden olur. Böylece kan basıncı artar ve kendisine daha fazla besin ulaşmasını sağlar. Bir fetüs, istediğini öyle veya böyle, mutlaka alır. Bazı fetüs hücreleri plasenta içinde ilerleyerek annenin kan damarlarına ulaşabilir. Bu hücreler, annenin doku ve organları içinde, hatta beyni içinde yaşamlarını sürdürebilir! Yani bir bebek, ana rahminden çıktıktan sonra bile, annesinin beyninde ve diğer organlarında hayatta kalan hücreler bırakabilir. Bu durumun, anne ile bebek bağını ömür boyu sağladığı düşünülmektedir.

Şimdi anlatacaklarımızsa, bazılarına saygısızca gelebilir. Ancak işin aslına bakacak olursanız, insan yavruları arasındaki genetik rekabet evrimsel sürecin doruklarındadır.

Görülebileceği gibi, anne ve yavrularının birbirinden farklı evrimsel çıkarları vardır. Anne, hayatta kalan her bir yavrusuna yaklaşık olarak eşit miktarda kaynak ayırmak "ister", daha doğrusu evrimsel olarak bunu yapacak şekilde özelleşmiştir. Hatta gelecekteki olası çocuklarını bile düşünerek kaynaklarını ayarlar. Üstelik, hiçbir bebeği ölmeyecekmiş varsayımıyla bu kaynak ayırımını planlar. Ancak fetüs, hayatta kalmayı birincil amaç edinecek şekilde evrimleşmiştir. Kardeşler, bu noktada önemsizdir (daha önceden sözünü ettiğimiz evrimsel fedakârlık kavramını şimdilik göz ardı edersek). Her bir birey, kendi başına hayatta kalabilmeyi birincil görev bilir; zira evrimsel uyum başarısı ancak bu şekilde maksimize edilebilir. Bu yüzden de bir bebek, anneden ne koparabilirse almak zorundadır.

Tabii ki ne anne, ne de fetüsler, bunun "farkında" değildirler ve hiçbirini "bilinçli olarak ve isteyerek" yapmazlar. Evrimsel zorunluluklar, evrimsel süreçte ortaya çıkan dürtülerdir. Genlerimize işlemiştir ve bunu değiştiremeyiz. Tüm bunlar, evrimsel adaptasyon ve en uyguna ulaşma (optimizasyon) sürecinin kaçınılmaz bir sonucudur. Dolayısıyla bunlardan yola çıkarak annelerin "melek", bebeklerinse "şeytan" olduğunu düşünmek hatalı olacaktır. En nihayetinde her canlı, evrimsel süreçte şekillenen davranışları sergiler, buna uygun bir şekilde yaşar.

Evet, her zaman olduğu gibi, tüm bunları anlatırken konunun son derece önemli olan üçüncü aktörünü unuttuk. Dolayısıyla hemen ona da değinelim: baba. Vahşi doğada babaların evrimsel olarak ayırdıkları kaynaklar, annenin kaynaklarıyla her zaman paralellik göstermeyebilir. Çünkü modern yaşamda çoğu zaman bilebiliyor olsak da, vahşi hayatta birçok erkek, dişinin doğurduğu yavruların kendisine ait olduğundan emin olamaz. Buna rağmen, erkek spermiyle taşınan bazı genler, "genomik iz" denen bir süreç sonucunda fetüsün bağlı olduğu plasentayı aktive edebilmektedir. Bu genler, tamamiyle fetüsü destekleyecek şekilde özelleşmiştir; hatta gerekirse anneyi tamamen karşılarına almaya hazırdırlar. Bu genlerin sağladığı şey basittir: *Yavruyu ne pahasına olursa olsun hayatta tut; bu süreçte gerekirse anne ölsün!* Çünkü erkekler, ancak bu sayede kendi yavrularının ve genlerinin sürerliğinden emin olabilirler. En nihayetinde bir anne, baba olan birey ile gen paylaşmamaktadır (akraba evliliklerini göz ardı edersek). Dolayısıyla aşk gibi duygular olmasaydı, bir babanın bir anneye değer vermesi için evrimsel herhangi bir neden olmazdı. İşte bu durum, her ne kadar burada girmeyecek olsak da, aşk ve yoğun bağlılık gibi duyguların evriminin arkasında yatan, insan gibi sosyal hayvanlardaki aile yaşantısının temelini oluşturan evrimsel nedendir! Ancak bunu şimdilik kenara bırakacak olursak, şunu söylememiz gerekmektedir: Tabii babalar da tüm bunları bilerek ve isteyerek yapmazlar veya art niyetli bir şekilde davranmazlar. Erkeklerde bulunan bu genler, tıpkı anne ve bebeklerinki gibi evrimsel süreçte optimize olmuş genlerdir.

Peki evrimsel süreçte bu kadar vahşi bir hemokoryal plasentaya nasıl kavuştuk? Fetüsler ve babalar, gerektiği zaman anneye karşı bu kadar vahşi olabilecek bir plasentanın evrimine nasıl katkı sağladı? Her ne kadar evrimsel biyologların bazıları primatlar içindeki plasenta evrimini detaylı olarak incelemeye çalışsalar da, cevabın tümüne ulaşmamız çok zor. Çünkü soruların gerçek cevapları zamanın sisli ve tozlu tarihi içinde kayboldular. Ne yazık ki, rahimler pek iyi fosilleşmiyor. Dolayısıyla genlerden ve karşılaştırmalı metotlarla elde ettiğimiz verileri fosillerle doğrulama imkânımız her zaman bulunmuyor.

Ancak bu evrimsel sürecin sonuçları, tartışmaya yer bırakmayacak kadar açıktır: Primatlar haricindeki diğer memelilerde gördüğümüz normal gebelik oldukça iyi düzenlenmiş bir süreçtir, çünkü anne despottur. Az önce insan üzerinden anlattıklarımızın aksine, diğer birçok hayvan türünde yönetim annenin elindedir. Hem de ne yönetim! Yavrusu, bir annenin isteğine bağlı olarak hayatta kalır veya ölür. Bir yavru, anne ne zaman dilerse o zaman beslenir, ne zaman dilerse yavru o zaman kendi kararlarını almaya başlayabilir. İnsan gebeliği ise, adeta bir "komite" tarafından sürdürülür. Üstelik bu komite, olabilecek en kötü özelliğe sahiptir: Her bir üyesinin farklı emelleri ve evrimsel çıkarları vardır; dolayısıyla hiçbiri aynı hedefin peşinde değildirler! Bu da çoğu zaman çatışmalara, hatta kimi zaman açık açık "savaşa" ve mücadeleye sebep olur. Dış gebelik, gebelik diyabeti, pre-eklampsi gibi birçok ölümcül hastalık bu tehlikeli oyunun bir sonucu olarak doğar.

Peki tüm bunların âdet görmekle alakası nedir? Şimdi oraya geliyoruz:

Dişi açısından bakıldığında hamilelik, her zaman büyük bir yatırım gerektirir. Özellikle de hemokoryal plasentaya sahipseniz... Plasenta bir kere yerine oturdu mu, anne sadece hormonlarının kontrolünü yitirmekle kalmaz, aynı zamanda plasenta koparken iç kanama riskiyle karşı karşıya gelir. İşte bu sebeple gebe annelerin embriyolarını çok ama çok yakından takip etmeleri büyük önem taşır. Zayıf, hayatta kalamayacak veya zaten sorunlu olan bir fetüs ile yola çıkmak, büyük bir sorundur.

Bu noktada karşımıza yine endometriyum çıkıyor. Bunun ne olduğunu belki hep şu şekilde duymuşsunuzdur: Embriyonun bol bol besin bulabilip, tutunabileceği, yumuşak ve konforlu bir ortam sağlayan katman... Aslında olan, bunun tam tersidir! Araştırmacılar, farelerin vücutlarının hemen her yerine embriyo yerleştirmeyi denemişlerdir. Sonuçlar çarpıcıdır: Endometriyum, vücutta embriyonun yaşayabileceği en kötü ve tutunması en zor yerdir! Bırakın besleyici bir çevre sağlıyor olmasını, endometriyum son derece ölümcül bir ortama sahiptir ve sadece en güçlü embriyolar bu ortamda hayatta kalabilir! Bu da oldukça mantıklıdır: Zira zayıf bir embriyo, zayıf bir yavru demektir. Yani anne ile fetüs arasındaki mücadele, yavrunun daha rahme düşmesi çabası sırasında başlar!

Bu mücadelenin arkasında yatan mantık basitçe şudur: Bir dişi (potansiyel bir anne), yavru tarafından hükmedilecek olan plasentanın kendi kan dolaşımına ulaşmasını ne kadar fazla erteleyebilirse, spesifik bir embriyoyu isteyip istemediğine de karar vermek için o kadar uzun zamanı var demektir. Yani anne, embriyoya tutunmak için son derece zor bir ortam sağlayarak bir nevi "geciktirme taktiği" uygular. Böylece zayıf bir embriyonun tutunmasına izin vererek evrimsel açıdan müthiş masraflı olan gebelik sürecini başlatmamış olur. Yani annenin istediği, embriyoyu olabildiğince zorlamak ve sadece tüm testleri geçebileni besleyerek yavrusu haline getirmektir.

Öte yandan embriyo, plasentaya en kısa sürede ulaşarak yapışmak ister. Böylece annenin zengin kan damarlarına en kısa sürede ulaşmış olur ve hayatta kalma şansını arttırır. Ne var ki endometriyum tutunması kolay bir yapıda değildir. Sadece kalın değildir; ayrıca tutunmayı zorlaştıracak adaptasyonlara sahiptir. Bu da, evrimsel süreçte hem döllenmiş yumurtaların, hem de fetal plasentanın da çok daha agresif olmasına neden olmuştur.

Tabii ki burada da yine bir denge ve uzlaşı söz konusudur. Eğer ki anne aşırı agresif olursa, bu defa bebek yapması mümkün olmayacaktır. Bu da, en iyi embriyoyu seçeyim derken uyum başarısının tamamını kaybetmesiyle sonuçlanacaktır. Dolayısıyla bu süreçte de dişiler arasında geniş bir çeşitliliğin var olduğu görülmektedir. Bu çeşitlilik, âdet kanaması şiddetine de yansımaktadır. Bazı kadınlarda âdet fark edilmeyecek kadar yumuşak geçerken, bazılarında şiddetli ağrılar ve bol miktarda kanama ile geçmektedir. Bu çeşitliliğin varlığı tesadüfi değildir. Evrimsel çeşitliliğin bir ürünüdür.

Ancak evrimsel değişimin bu ilginç örneğinde başka bir problemin doğduğunu görmekteyiz: Başarısız olan bir embriyo öldüğünde, yumurta döllenmemiş bir halde rahme ulaştığında ya da bir embriyo rahim içinde sıkışıp kaldığında ne olacaktır? Bu durumda endometriyal yüzeye gönderilen kan akışı son derece kısıtlı tutulmalıdır. Aksi takdirde yaşama şansı olmayan bir embriyo plasentaya yapışmayı başarabilecektir ve tüm kaynaklar, işlevsiz bir embriyo için hazırlık yapmaya harcanmış olacaktır. Ancak plasentaya giden kanın kısıtlanması, buradaki dokuların anneden gelen hormonlara da daha az duyarlı hale gelmesine neden olur. Bu durum, az önceki uzlaşı açıklamamıza uygun bir şekilde, sağlıklı embriyoların da tutunmasında aşırı bir güçlük yaratılması anlamına gelir. Unutmayın! Henüz âdet görmekten bahsetmiyoruz, embriyo hazırlık aşamasındayız! Eğer ki plasenta tek bir ölü embriyoyu engellemek için tamamen kapatılacak olursa, ondan sonra gelecek embriyoların tutunması da mümkün olmayacaktır. Bu durumda, tek bir ölü embriyo, annenin tüm potansiyel bebeklerini etkileyebilir. Dahası, bu ölü embriyo nedeniyle alınan kan akışı kısıtlandırması önlemi, halihazırda canlı olan dokuların ölmesine neden olabileceği gibi, annenin enfeksiyonlara da açık hale gelmesine sebep olur. Bir doku öldükten sonra geri dönüş yoktur; hatta bir enfeksiyonun bile geri dönüşü olmayabilir! Bu durumda, bu kadar agresif bir rahim savaşı süregelirken, plasentanın kapatılıp açılması olası gözükmemektedir. İşte sorun, tam olarak buradadır: Tutunması istenen ve istenmeyen embriyolar nasıl ayıklanacaktır?

Yüksek primatlarda bu sorunun çözümü, evrimsel açıdan mantıklı, diğer hiçbir açıdan mantıklı olmayan bir çözümdür: Her bir ovülasyon sonrası, endometriyumun yüzeyinin tamamı, içinde ne var ne yoksa atılır! Bu yöntem dahilinde eğer ki bir yumurta döllenmediyse, duvara tutunmayı başarsa bile hayatta kalamayacaktır. Çünkü döllenmiş yumurta ile döllenmemiş yumurtanın verdiği sinyaller birbirinden farklıdır. Buna bağlı olarak, döllenmemiş yumurtanın geldiği her seferde, rahim içindeki endometriyal katmanın tümü sökülerek ve yırtılarak atılır.

Evet, çok saçma değil mi? Oturup hesap kitap yaparak çizilecek bir vücut planı için tek kelimeyle aptallık! Ancak evrimsel süreçte ne yazık ki hesap kitap yok. En uyumlunun, sorunlara kötü de olsa çözüm bulabilenin hayatta kalması ve çoğalması durumu var. Evrim, akıllı veya zeki değil. Ancak var olan çözümler içinden, kötü de olsa, kötünün iyisini seçmek konusunda üzerine yok!

Hem de evrimsel öngörülerle tamamen uygun bir gerçek var: Endometriyumun tamamının sökülüp atılmasına neden olan kimyasal yolaklar, buna ihtiyaç duymayan diğer memelilerdeki kimyasal yolakların azıcık değişmesiyle mümkün olabiliyor! Bizdeki gibi bir âdetin evrimleşmesi için, atalarımıza kıyasla öyle aman aman bir değişim gerekmiyor. Tanımlanmış birkaç mutasyon ve sonrasında gelen seçilim bunu kolaylıkla izah edebiliyor! Tam da, evrimin öngördüğü gibi... Evrimsel süreçte var olan sorun, "dâhiyane" diyeceğimiz bir şekilde olmasa da, basit adaptasyonlarla çözülebiliyor.

Aslında bu, kulağa geldiği kadar kötü de değil. Çünkü şu anda dişilerimiz aylık olarak âdet görüyor olsa da, yapılan araştırmalar vahşi hayatta yaşayan insan dişilerinin bundan kısmen daha az sayıda, ömürleri boyunca yaklaşık 36-50 kez civarında âdet gördüğünü ortaya koyuyor. Dolayısıyla modern lanet, atalarımıza ve modern yaşam öncesi hayatlarımızda geçerli değildi. Şu anda, bu hiper-agresif plasenta yapısının bizim insan oluşumuzla bir alakası var mı, varsa ne alakası var, bu tam olarak bilinmiyor. Ancak bilinen tek bir şey var: Bu özellikler, evrimsel süreçte ortaya çıktılar.

Gördüğünüz gibi eğer evrim ve mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmasaydık belki de ergenlikle başlayan ve tıbbın en önemli alanlarından bazılarını oluşturan bu olguların varlığından haberimiz bile olmayacaktı. Belki haberimiz olacaktır; ancak bunların nedenlerini anlamamız muhtemelen asla mümkün olmayacaktı.

EVRİM NEDEN GENETİK HASTALIKLARI ELEMEDİ?

Önce hastalıklardan, sonrasında ise çeşitli sorunlardan bahsettik. Bu hastalıkların bazılarının ölümcül veya süründürücü olduğundan söz ettik. Dolayısıyla şu anda başımıza bela olan bazı genetik hastalıkların yol açtığı ölümler nedeniyle popülasyondan silinmesi beklenir. Sonuçta bu hastalıklar çoğu zaman "zararlı" bir mutasyon sonucunda oluşurlar ve bunlar kimi zaman ölümcüldürler. Ancak hal böyleyse, neden günümüzdeki bazı hastalıklar evrim sayesinde tamamen yok edilmemiştir? Neden halen tuhaf tuhaf hastalıklara yakalanıyoruz? İşte genetik bilimi ile evrimin işbirliğinden doğan "modern sentez" ve modern evrimsel analizler öncesinde bu sorulara cevap vermenin hiçbir yolu bulunmuyordu. Fakat evrimsel biyoloji ve popülasyon genetiği sayesinde artık nedenleri gayet iyi biliyoruz.

Zararlı mutasyonlar gerçekten de popülasyondan "genellikle" oldukça hızlı bir şekilde elenirler. Ancak "her zaman" diyemiyoruz; çünkü mutasyonların envai çeşidi vardır ve her biri farklı etkilere sahip olabilir. Bu nedenle her zararlı mutasyonun etkisi aynı diyemeyiz. Bunlar arasında ayrıma gitmek, evrimi ve çeşitliliği anlamak açısından önemli olacaktır.

İlk olarak, daha önce de sözünü ettiğimiz gibi, bazı mutasyonlar "ölümcül"dür. Bunu nasıl anlarız? O mutasyona sahip olan bireyler, ölürler. Bu kadar basit! Bu ölüm çok hızlı bir şekilde olabileceği gibi, göreli olarak yavaş da olabilir. Muhtemelen bildiğiniz üzere, ölümcül hastalıkların hepsi aynı şekilde işlemez. Örneğin *SCN5A* geni üzerinde meydana gelen mutasyonlar sonucu oluşan Brugada Sendromu'na sahip hastalar birdenbire, hiç beklenmedik bir şekilde ölüverirler. Öte yandan, *HTT* geninde meydana gelen mutasyonlara bağlı olarak oluşan Huntington Hastalığı, sinir sistemini yavaş yavaş harap ederek onlarca yıl sonunda ölüme neden olabilir.

Tabii ki ölümcül hastalıkların hepsinin mutasyondan kaynaklanmadığını, patojenlerin de önemli ve konumuzla alakasız bir faktör olabileceğini unutmayınız. Ancak mutasyonlara bağlı olarak oluşan ölümcül olan hastalıklar, şiddetine göre kimi zaman derhal, kimi zamansa uzun vadede, bireyin ölümüyle birlikte elenirler. Her ne kadar çoğu zaman bu tür ölümcül mutasyonlar ya çocukluk evresinde ya da erken yaşlarda bireyi öldürse de ve böylece o mutasyon popülasyondan elenmiş olsa da bu, her zaman mümkün olmaz. Çünkü doğa ve evrim, karmakarışık dinamiklere sahiptir. Eğer ki bu mutasyon bir sebeple üreme hücrelerini ve üreme organlarını etkilediyse ve yavaş işliyorsa, birey ölmeden üreyerek gelecek nesillere de aktarabilir. Dahası, canlıya zarar veren mutasyonlar da çeşitli sebeplerle varlığını sürdürebilir. Bu nedenlerden bazıları şöyle sıralanabilir:

1. Zararlı mutasyon heterozigot bireyler aracılığıyla korunuyor olabilir. Lise biyoloji derslerinde ve kitabımızın ilk bölümlerinde öğrendiğiniz üzere, anne babamızdan gelen alellere (gen tiplerine) bağlı olarak homozigot baskın, heterozigot ve homozigot çekinik gibi farklı genetik durumlar bulunmaktadır. Heterozigotlar, bir genin farklı versiyonlarının (örneğin "normal" ve "mutant" versiyonların) bir arada bulunduğu durumlardır. Kimi zaman, bu heterozigot bireyler, homozigotlara nazaran avantajlı olabilirler[16] ve böylece popülasyon içinde sayıları artar. Böylelikle aslında çekinik olan ve normalde pek fazla gözükmeyen zararlı mutant bir gen, heterozigotlar aracılığıyla popülasyon içinde korunmuş olur. Bunun en güzel örneği, orak hücre anemisine neden olan mutant gendir. Bu gen zararlı olsa da, sıtmanın olduğu yerlerde bu genin bir kopyasına sahip olanlar sıtmaya direnç kazanmaktadır. Böylelikle hastalığa neden bir alel bile popülasyonda korunabilir.
2. Mutasyon oranları yüksek olabilir. Kimi mutasyonların gerçekleşme sıklığı, diğerlerinden yüzlerce ve binlerce kat fazla olabilir. Böylece, her ne kadar zararlılar sürekli eleniyorsa da, bu mutasyonlar sürekli popülasyon içinde yeniden oluşuyor olabilir. Örneğin nörofibromatoz hastalığına ait mutant gen, istatistiki olarak her 4000 yavruda 1 defa ortaya çıkar. Bu, ortalamaya nazaran müthiş yüksek bir mutasyon oranıdır! Bu nedenle bu hastalığa sahip olanlar sürekli elense de, hastalık popülasyondan silinemez.
3. Evrimin Gen Akışı adı verilen mekanizması zararlı mutantları koruyabilir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, zararlı mutasyonlar aslında "evrensel olarak" zararlı değillerdir. Kimi zaman bir ortamda zararlıyken, diğer bir ortamda o kadar da etkili olmayabilirler. Eğer ki bu daha

16 Buna "heterozigot avantajı" adı verilmektedir. Eğer ki bu heterozigot avantajı tek bir genden kaynaklanıyorsa buna "aşırı baskınlık" adı verilmektedir. Önceki sayfalarda sözünü ettiğimiz eşcinselliğin evrimsel başarısını açıklayan hipotezlerden birisi de bu tip bir heterozigot avantajıdır.

etkisiz ortamdan, etkili olduğu ortama göç yoluyla sürekli bir gen akışı varsa, o popülasyondaki zararlı mutantlar korunur. Örneğin, Afrika'da orak hücre anemisi kısmen avantajlı olduğu için, göçler yoluyla bu genler diğer kıtalara taşınır. Bu gen, diğer bölgelerde ciddi anlamda zararlı olsa da, göçler mutant genlerin oranını sürekli korur.

4. Doğal seçilimin elemesi için yeterli süre geçmemiş olabilir. Evrim, uzun süreli bir olaydır. Ömürlerimiz ise, evrim tarihine nazaran komik miktarda kısadır. Hatta insanlığın tüm tarihi bile öyle! Dolayısıyla, etrafımızda gördüğümüz her hastalık, "elenemeyen mutasyonlar" olmak zorunda değildir. Gerçekten eleniyor olabilirler; ancak henüz yeterli zaman geçmemiş olması muhtemeldir. Örneğin, hakkında her ne kadar tartışma olsa da, kistik fibroz hastalığının koleraya karşı kısmi bir direnç sağladığı düşünülmektedir (tıpkı orak hücre anemisi ile sıtma arasındaki ilişki gibi). Bu nedenle 19. yüzyılda Avrupa'da kolera yaygınken, kistik fibroz hastalarında da artış göstermiştir. Ancak artık Avrupa'da kolera dikkate değmeyecek düzeylere inmiştir. Dolayısıyla kistik fibroz da herhangi bir avantaj sağlamamaktadır. Fakat henüz yeterli zaman geçmediği için kistik fibroz halen Avrupa'dan tam olarak elenememiştir.
5. Mutasyon o kadar da zararlı ve ölümcül olmayabilir. Bazı mutasyonların etkileri öyle hemen ortaya çıkmaz. Üreme çağlarından çok sonra ortaya çıkabilir. Bu da, mutasyonun yayılması için fazlasıyla zaman sağlar. Bunun en net örneklerini "yaşlılık hastalıklarında" görebiliriz. Bir örnek olarak, genellikle 60'lı yaşlardan itibaren kendini gösteren ve *APP, PSEN1, PSEN2, APOE* gibi genlerdeki mutasyonlarla ilişkilendirilen Alzheimer Hastalığı, her ne kadar son derece yıkıcı ve yıpratıcı olsa da, nihayetinde üreme çağlarından sonra kendini göstermektedir. Dolayısıyla birey bundan önce ürerse, kendisindeki Alzheimer'a neden olacak genleri kolaylıkla yavrusuna aktarmış olur. Bu da, mutasyonun elenmesine engel olur.
6. İnsan kültürü elenmeye engel oluyor olabilir. Bölüm boyunca gördüğümüz ve Antropoloji bölümünde de ele aldığımız gibi tıp, kültürümüzün bir ürünüdür. Bizi diğer hayvanlardan ayıran zekâmız, evrime bile müdahale edebilmemizi sağlamaktadır. Öyle ki, ölümcül hastalıkları yenmeyi başarabilmekteyiz. Dolayısıyla bazı mutasyonların etkileri, tıp sayesinde egale edilebilir. Bu da, üremeyle birlikte mutasyonların gelecek nesillere aktarılmasını sağlayabilir. Böylece, normalde çoktan elenmiş olacak bazı mutasyonlar, halen popülasyonumuzda bulunabilir.

Görüldüğü gibi, evrimde hiçbir konuya tek taraflı bir bakış atamıyoruz. Çok daha geniş perspektiften düşünmeli ve ona göre analizler yapmalıyız. Bu,

olumsuz bir durum değildir. Tam tersine, evrimsel tarihte envai çeşit varyasyonun nasıl sürekli olarak doğal süreçlerle yaratılıp sürdürüldüğünü anlamamıza büyük katkılar sağlamaktadır. Zira zararlı olan bir mutasyon, bir diğer mutasyonla birleşerek faydalı ya da etkisiz hale gelebilir, yön değiştirebilir. Az önce de belirttiğimiz gibi, bir ortamda zararlı olan bir mutasyon, başka bir ortamda o kadar da zararlı olmayabilir ve burada edinilen bir başka mutasyon aracılığıyla faydalar bile sağlayabilir. Dahası, zararlı olan mutasyonun etkisi tek bir özellik üzerinde olmak zorunda da değildir. Canlıya genel olarak zarar veren bir mutasyonun etkilediği bir başka özellik, bir başka ortam için önemli faydalar sağlayabilir ve mutasyonun zararının etkisini baskılayabilir. Evrimsel biyoloji çerçevesinde yapılacak bir analizde, tüm bu olasılıklar göz önünde bulundurulmalı ve hassaslıkla incelenmelidir. Bu duruma birkaç ek örnekle açıklama getirelim:

İlk örneğimiz ülkemizin ciddi sağlık sorunlarından birisi olan Ailevi Akdeniz Anemisi'dir (AAA). Bu hastalıkta kırmızı kan hücreleri üretiminde aksaklık olmakta ve ağır kansızlık oluşmaktadır. Bu hastalığa sahip kişilerin doğal yaşamda üreme şansı düşük olmasına rağmen, hastalığa neden olan genlerin frekansı özellikle bazı bölgelerde yüksektir. Bu noktada hastalığın değişik formlarının açıklamasını atlayarak, gerçekte hasta olmayan ancak taşıyıcı olan bireylerin durumunu irdelemek gerekiyor. Oksijen taşıyan hemoglobin üretiminde aksamaya neden olan alelden bir adet bulunduran "taşıyıcılar", aslında hastalık bulgusu silik olan ve hafif anemik bireylerdir. Kırmızı kan hücrelerinde bozuk hemoglobin hücre yapısını bozar. İşte bu noktada sıtma paraziti devreye girer. Sivrisineklerin taşıdığı bu parazit sadece sağlıklı hücreleri tercih eder. Böylece ağır formda çift aleli olanlar anemiden, tamamen sağlıklı bireyler ise sıtmadan ölürken hastalık taşıyıcıları sıtma ıskaladığı için alel frekansı sabit kalır. Sonuç olarak sıtmanın yaygın olduğu bölgelerde bu hastalık genleri silinemez. Yani orak hücre anemisinde gördüğümüze benzer bir mekanizma, AAA hastalığında da işlemektedir.

Bir diğer örnek ise Avrupa'da yaygın bulunan bir alelin öyküsünde yatmaktadır: hemokromatozis. Dokularda demir birikmesi ve kansızlıkla belirgin olan bu hastalığa neden olan genlerin Avrupa toplumundaki frekansı beklenenin çok üstündedir. Hastalığın ağır seyirli olması bu durumun önünde büyük engeldir. Ancak başlangıçta Vikingler'in Avrupa'ya taşıdığı bu gen, kıta içi göçler ve savaşlar sayesinde hemen her tarafa yüzyıllar içinde yayılmıştır. Belli bir frekansa ulaşan bu gen heterozigot olduğu için ancak iki çekinik taşıyıcının birleşmesi sonucunda yavruda tam olarak görülebilir. Bu bireylerin yavrularının yarısı taşıyıcı olacaktır. Her dört yavrudan birisi ise tamamen hastalıklı veya tamamen sağlıklı olacaktır. Ancak bugün kıta Avrupası'ndaki gen sıklığı, bu temel Mendel Genetiği matematiğinden beklenenin çok üstündedir. Bunu izah etmek uzun zaman almıştır. İlk olarak Roma'da görülen veba salgınları ile hemakromatozis arasında evrimsel bir ilişki kurunca işin gerçeği ortaya çıkmıştır.

Fare pireleriyle Kırım'dan Mesina'ya, oradan da Avrupa'ya yayılarak "Kara Ölüm" adını alan veba hastalığı, hayvanların ısırık bölgesinden vücuda lenf kanalları ve bezleri aracılığı ile yayılan bir *Yersinia pestis* enfeksiyonudur. Aşısı olmayan, günümüzde tedavi edilse bile on hastadan en az birinin yalnızca on gün içinde öldüğü ve Afrika'da halen varlığını sürdürmekte olan bir beladır. 14. yüzyılda Avrupa'da nüfusun üçte biri veba nedeniyle ölmüştür. Göreli olarak daha hafif olan salgınlardan ilki Roma'da 6. Yüzyılda, üçüncü salgın ise Çin'de 19. yüzyılda görülmüştür.

Yapılan araştırmaların gösterdiği üzere enfeksiyona neden olan bakteri, üremek için mutlaka demir elementine gereksinim duymaktadır. Ancak hemokromatozis taşıyıcılarında da demir eksikliği belli bir oranda gerçekleştiğinden, ısırık bölgesinden bedene sızan bakteriler yutuldukları makrofajların içinde üreme fırsatı bulamadan ve daha lenf bezlerine bile ulaşamadan ölürler. Bu nedenle anemik bireyler veba salgınında hayatta kalmışlardır! Seçilim baskısı ile bir arada etki eden heterozigot avantajı burada da ortaya çıkmaktadır. Eğer hemokromatozis geni Vikingler tarafından Avrupa gen havuzuna aktarılmamış olsaydı, belki de dünya tarihi bambaşka olacaktı!

EVRİM SAYESİNDE TIBBİ HATALARDAN KURTULMANIN YOLU: SAVUNMA REFLEKSLERİNİ BASKILAMAK

Yarattıkları hoşnutsuzluklar nedeniyle en kısa yoldan baskılanmayı veya ortadan kaldırmayı düşündüğümüz savunma refleksleri aslında kolayca anlaşılacağı şekilde sağlığımızı tehdit eden iç ve dış etmenlere karşı bizi koruyan ya da derhal tedbir almamızı sağlayan ve milyonlarca yıllık evrim süreçlerinin ürünüdürler. Yaşamsal önemleri bazen o kadar fazladır ki, bu bölümü okuduğunuzda geçmişte yaptığınız bazı hatalar gözünüzün önüne gelecek ve umuyoruz ki bunların tekrarından sakınacaksınız. Ateş gibi bazı mekanizmalardan bölüm başında bahsetmiştik; bu nedenle bunlara girmeyeceğiz. Ancak bazı diğer önemli olanları, bize evrimsel açıdan önemli bilgiler sunmaktadır. Şimdi bu ilginç örnekleri tek tek ele alalım:

Ağrı; kesilme, yanma, yaralanma, gerilme, sıkışma ve benzeri durumlarda ortaya çıkan ve ızdırap veren en kötü histir. Evrim sürecinde edinilmesi, yaşamın sürdürülmesinde büyük bir fonksiyonu olması nedeniyledir. Öncelikle büyümekte olan yavruların yaşamın tehlikeleri hakkında şartlı refleks yoluyla pekişmelerini sağlar. Ancak tıbbı ilgilendiren en önemli fonksiyonu vücudun belirli bölgesinin hareket ettirilmeyerek o kısmın iyileşmesine katkıda bulunmasıdır.

Ayak tabanınıza batan bir kıymığı çıkardıktan sonra deri bütünlüğünün sağlanmasına kadar en az on gün geçecektir. Eğer yaralanma yerinde oluşan ağrı uyaranları olmasa ve beyine iletilmeseydi, yaralı yere basmaya devam edecekti-

niz ve iyileşme süreci sürekli aksayacaktı. Cüzzamda ağrı iletimi durduğundan, parmakları arasındaki sigarayı unutan hasta parmaklarının yandığını ortaya çıkan yanık kokusuyla ancak anlayabilmektedir.

Ağrı insan toplumlarında öylesine yer etmiş bir kavramdır ki, farklı tiplerini tanımlamak için farklı sözcükler geliştirmişizdir. Örneğin bağırsaklar çekiştirilmeye ve şişmeye karşı hassasken, kesilmeye karşı pek de hassas değillerdir ve bağırsak kesiklerinde birey bildiğimiz anlamıyla ağrı hissetmeyecektir. Bunun yerine bağırsaklardaki ağrı "sancı" şeklinde oluşur. Karın zarı ise gerilmeye çok hassastır ve karın ağrısı çoğu zaman "künt bir ağrı" olarak tanımlanır. Kemik zarı altında ödem olursa şiddetli "zonklama" olur. Ağrı mekanizması ve bu ağrıların hastalar tarafından nasıl tanımlandığı hekimler için çok kıymetli ipuçlarını barındırır. Hekim bilgisi olmaksızın ilaç alınarak ağrının azaltılması ya da ortadan kaldırılması, yaşamı tehdit eden hatalı kararlara sebep olabilir. Zira vücudunuz ağrı yoluyla size bilgi vermektedir.

Yeri gelmişken aktaralım: Ağrı kesiciler afyon benzerleri ve türevleridirler. Bu kimyasalları doğada bitkiler savunma amaçlı bulundururlar ve kendilerini yemeye kalkışan hayvanlarda uyuşukluk ve narkoz etkisi yaratarak ve onların hayati fonksiyonlarını sekteye uğratarak defederler. Yapay yollarla kimyasal olarak üretilmiş olanlar da benzer şekilde etki ederler. Lokal ve genel anestezik maddeler de bitkisel kökenlidir ve bitkilerde savunma amaçlı üretilmektedir. Anestezik maddelerin amacı da bitkinin yenmesine engel olmaktır. İlginçtir ki, bu kimyasalların hastalarda ameliyat öncesi uyutma amacıyla kullanılması sırasında doz artıma bağlı olarak öncelikle beynin evrim tarihi boyunca görece en yakın zamanda oluşmuş bölgeleri etkilenir. Doz yükseldikçe daha derin bölgeler etkilenir ve nihayetinde refleksler ortadan kalkar ve en sonunda solunum durur. En ilkin sinirsel iletimi bünyesinde barındıran omurilikteki sinir faaliyeti narkozdan en geç etkilenir. Evrim sürecinde daha önce ortaya çıkmış yapılar bu tip etmenlere görece daha dayanıklı hal almışlardır; çünkü daha eski atalarımızda bulunan bu yapıların söz konusu savunma mekanizmalarına karşı yöntemler geliştirmek için bolca zamanları bulunmuştur. Benzer şekilde, merkezi sinir sisteminde meydana gelen ve yetişkinlerde görülen kanser tiplerinde de bu sıralama tekrar edilmektedir. Tümörler, kortekste en sık görülmesine rağmen, omuriliğe doğru inildiğinde bu risk çok düşmektedir. Zira en eski sinir yapılarımız tümörlere karşı en yüksek dirence sahiptirler.

İyileşme periyodunun özellikle başlangıç kısmında ancak yaralanmadan yaklaşık bir gün geçtikten sonra şiddetli bir *halsizlik* hissi ile beraber aktif hareketler yavaşlar. Halsizlik hissi geçmeye yüz tuttuğunda hasta da artık büyük oranda iyileşmiştir. Bu his cerrahi işlemler sonrası yaklaşık 24-48 saat sonra başlar ve duruma göre en az 3 gün kadar sürer. Eğer his ortadan kalkmıyorsa, iyileşme sürecinde ciddi bir sorun var demektir. Dolayısıyla halsizlik de, doktorların gidişatı anlamak için kullanabilecekleri önemli bir belirteçtir.

Halsizlik hissinin evrimindeki temel hedef ekonomidir. Kaynakların kısıtlı olduğu bir dünyada enfeksiyonla mücadelede de belli bir "enerji bedeli" ödenir. Birey, hastalık ve yaralanma halinde doğru düzgün beslenemeyecektir. Halsizlik hissi nedeniyle canlı kuytu bir yere sessizce kıvrılır ve iyileşmeyi bekler. Eğer halsizlik olmasaydı, kıymetli enerjinin önemli bir bölümü (muhtemelen hiçbir işe yaramayacak biçimde) hareket etmek için kullanılacaktı. Bu da hastalığın iyileşmesini sekteye uğratacaktı. Dolayısıyla halsizlik, hasta olan bir bireyin önceliklerinin evrim tarafından sıraya sokulması gibidir. Evrim, hasta bir bireye adeta *"Sen bir dur hele"* demekte ve dinlenerek iyileşmeye zorlamaktadır.

Evrimsel süreçte edindiğimiz ve hastalıklarla sıklıkla ilişkilendirilen bir diğer savunma refleksi ise *hapşırık*tır. Bazılarımız karanlıktan parlak güneş aydınlığına çıktıklarında hapşırırken[17], bazılarımız da ağır bir yemekten sonra arka arkaya hapşırır. Ancak hapşırmak insanlara özgü bir davranış değildir. Karasal dörtayaklıların tümü hapşırırlar. Sonradan denizlere dönmüş balinalarda bile hapşırma-benzeri davranışlara rastlanmıştır.

Tahmin edilebileceği hapşırık; tozların, polenlerin, baharat ve kimyasalların vücuttan atılması amacıyla kullanılan, ama özellikle de nezle olduğumuzda burun içinden doğan uyarılarla beyin kökünün aktive olmasıyla tetiklenen arkaik bir reflekstir. Basitçe, burun içindeki yabancı cisimlerin uzaklaştırılması için gelişmiş kadim bir savunma mekanizması olarak düşünülebilir. Tetiklendiğinde burun ve ağız açılır derin ve uzun bir nefes alınır. Soluk verilme başlamak üzereyken ses telleri tam kapanır. Soluk verilmeye başlandığında akciğer içi basıncı maksimuma ulaştığında ses telleri açılır ve hava ile birlikte 40 bin damla civarında tükürük ağız ve burundan saatte ortalama 160 kilometreye varabilen hızlarda dışarı atılır. Bazı tekil parçacıkların hızının saatte 320 kilometreye kadar çıkabildiği bilinmektedir. Her ne kadar burun temizliği için oldukça iyi bir mekanizma olsa da, özellikle hava yoluyla bulaşan hastalıklarını yayılımı açısından oldukça tehlikelidir.

Belki fark etmiş olabileceğiniz gibi, uyurken hapşıramazsınız. Bunun sebebi "REM atonisi" adı verilen durumdur. Bu durumdayken, motor nöronlar uyaranlara tepki veremediği için hapşırma faaliyeti de tetiklenemez. Ancak eğer uyaran şiddeti belli bir eşiğin üzerine çıkacak olursa birey öncelikle uyanacak, ondan sonra hapşıracaktır. Dahası, sanıldığının aksine hapşırırken burnunuzu tıkamak beyin damarlarında çatlamaya neden olmaz (veya buna neden

17 Dünyadaki tüm insan popülasyonunun ortalama %26'sında Fotik Hapşırık Refleksi adı verilen bir refleks bulunmaktadır. Bu kişiler karanlıktan güneşe çıktıklarında veya birdenbire çok güçlü ışığa maruz kaldıklarında kontrol edilemez bir şekilde, arka arkaya hapşırırlar. İlk olarak M.Ö. 350 yılında Aristo tarafından resmi olarak tespit edilip yazıya dökülen bu davranışın nedeni henüz tam olarak çözülememiştir. Günümüzdeki en yaygın olarak kabul gören açıklama, 1964 yılında Henry Everett tarafından ileri sürülen ve aniden parlak bir ışık görme sonucunda beynin aşırı uyarılmasının sinir iletiminde karışıklıklara neden olduğu ve bu karışıklık nedeniyle gereksiz yere hapşırma refleksinin tetiklendiği yönündeki hipotezdir. 2010 yılında yapılan bir çalışma, insanlarda 2. kromozom üzerindeki bir nokta mutasyonunun bu davranışın kökeninde yattığını göstermiştir.

olma ihtimali çok düşüktür); ancak yine de bu davranış sağlığınız için zararlıdır. Çünkü hapşırmanın temel amacı, izah ettiğimiz gibi, burundan yabancı maddeleri dışarı atma isteğidir. Burnunuzu tıkadığınızda buna engel olursunuz ve yabancı maddelerin zamanla burunda birikmesine neden olursunuz. Ayrıca solunum yolunda burnun tıkanmasından ötürü biriken yüksek basınç, kulak zarına zarar verebilir ve geçici veya kalıcı sağırlık doğurabilir.

Hapşırmayla ilgili yaygın bir mit, hapşırma sırasında kalbin anlık olarak durduğuna yönelik inanıştır.[18] Gerçekte, hapşırma sırasında olan olayların hiçbiri kalbin çalışmasını etkilemez. Amerikan Kardiyoloji Koleji'nin eski başkanı Prof. Dr. Richard Conti, hapşırmanın insanda "kalbin teklemesi" hissini uyandırmasından ötürü böyle bir mitin yayıldığını düşünmektedir. Yapılan hiçbir araştırmada hapşırma sırasında kalbin işleyişinin aksadığına dair en ufak bir veri dahi bulunamamıştır.

Nasıl ki hapşırık burun içindeki yabancı maddeleri uzaklaştırmaya yönelikse, öksürük de soluk yolu içindekileri uzaklaştırılması için evrimleşmiştir. Solunum yollarına hava yolu ile giren toz zerreleri en küçük hava yollarına kadar ulaşabildiğinden, öncelikle bunların ipliksi aktivite ile sürüklenerek daha geniş çaplı soluk borularına oradan da gırtlağın hemen altına kadar taşınması gerekir. Ana soluk yollarında çeşitli tiplerde, geniş bir bölgede ve bol miktarda alıcı vardır. Alıcıların ilettiği uyarıyı değerlendiren beyin sapındaki medülla oblangata öksürük refleksini değerlendirir ve uygulamaya sokarak gerekli kaslara uygun uyarılar göndererek refleksin gerçekleşmesini sağlar. Derin ve yavaş bir nefes alışla akciğerlere doldurulan hava ses tellerinin kapatılmasıyla sıkıştırılır ve yüksek basınca ulaştığında aniden serbest bırakılarak patlarcasına ağızdan atılır. Bu esnada soluk yollarının üst kısmındaki parçalar ile birlikte ortalamada 3 bin damla tükürük dışarı atılır. Sadece yabancı cisimler değil; özellikle genizde akıntı yapan viral üst solunum yolu hastalıklarından tutun da zatürre, bronşit ve sinüzit gibi birçok hastalığa kadar pekçok faktör öksürük refleksini tetikler. Dahası, hapşırığın aksine istemli olarak öksürmeniz de mümkündür.

Hastalar çoğu kere öksürükten muzdarip olup rahatlatıcı ilaçlarla bu sıkıntılı durumdan kutulmaya çalışırlar. Özellikle zatürriyeye meyletmiş trakeobronşit durumunda öksürüğün ilaçla kesilmesi tehlikeli sonuçlara yol açacak gelişimlere neden olabilir. Solunum yollarını doğrudan ilgilendirmeyen nedenlerle oluşan bıktırıcı öksürükler hekim kontrolünde ilaç etkisi ile baskılanabilir.

18 Her kültürde hapşırmaya verilen cevaplar benzerdir. İngilizcede "Seni kutsuyorum (bless you)" veya "Tanrı seni kutsasın (God bless you)", Almancada "Sağlık (Gesundheit)", Antik Roma'da "Jüpiter seni korusun", Türkçede "İyi yaşa" veya "Çok yaşa" ile sonrasında gelen "Sen de gör" veya "Hep beraber" cevabı, Hintçede "Yaşa" ve sonrasında gelen "Seninle birlikte" cevabı, Zuluda "Artık kutsandın", Arapçada "Allah'a hamd olsun (Elhamdülillah)" ve daha nicesi... Tüm bunların kültürel inançlara bağlı olarak çeşitli kökenleri vardır; ancak genelde bunların en temel sebebi, Rönesans'tan beri batıl bir inanç olarak karşımıza çıkan "kalbin hapşırma sırasında durduğu" mitidir. Bunun haricinde bazı toplumlarda hapşırmanın şeytanları çağırdığı, ölümcül hastalıkların göstergesi olduğu, vb. inançlar da görülmektedir. Bunların elbette ki hepsi birer batıl inançtır.

Aslında daha sözünü edebileceğimiz, hastalıklarla ilişkilendirilen çok sayıda savunma mekanizması mümkündür. Ancak bunların hepsinin detaylarına girerek konuyu uzatmak istemiyoruz. Bölümün sonuna gelirken görmenizi istediğimiz tek şey, bu mekanizmaların ne kadar antik kökenleri olduğu ve bunların yalnızca evrimsel biyolojiden gücünü alan bir tıp anlayışı sayesinde net bir şekilde anlaşılabilir olduğudur.

SONUÇ

Shakespeare, insanın yaşam döngüsünü *"Bebek... bir hemşirenin kollarında zırlıyor ve kusuyor"* noktasından başlayıp, yaşlılığın "tamamen bilinçsizlik" haline kadar, unutulmaz bir biçimde tanımlıyor ve şöyle diyor: *"Dişler yok, gözler yok, tat yok, hiçbir şey yok."*

Günümüzde bilim sayesinde biliyoruz ki, türümüzün ve diğer tüm hayvanların her türlü özelliği evrimsel süreç tarafından şekillendirilmektedir. Buna gelişim basamaklarımız da dahildir. Daha önceden izah ettiğimiz gibi, evrimin üreme çağı öncesindeki kontrolü çok daha fazladır; ancak üreme çağı sonrasının da evrime dolaylı yollardan etkisi vardır ve evrim tarafından dolaylı yollarla şekillendirilmektedir.

Popülasyon içindeki çeşitlilik üzerine etkiyen seçilim mekanizmaları sayesinde süregelmekte olan evrim, bizlerin evrimsel atalarından bu yana üreme başarımızı arttırmak amacıyla, yaşam döngümüz boyunca enerjiyi ve diğer kaynakları nasıl kullanacağımızı belirlemiştir. Uyum başarısının optimize edilmesi, enerjinin büyüme ve gelişmeden üremeye kadar birçok alanda harcanmasına ve vücudumuzun korunması ve tamir edilmesinde kullanılmasına neden olur. Evrimleşmiş olan vücut bakımı ve tamiri mekanizmalarımız, bizleri hayatta tutmaya ve çocuklarımızı büyütmeye ve hatta torunlarımızın büyümesine katkı sağlamamıza yeterli olmaktadır. Ancak bu mekanizmalar kusursuz değildir. Zaman içinde, tamir edemediğimiz kısımlar birikir ve sonunda yaşlılıkla birlikte gelen hastalıklar belirir. Sonrasında da ölüm gelir.

Tüm bu süreçleri anlayabilmemizin tek yolunun evrimsel bir bakış açısıyla donanmış tıp bilimi olduğundan söz etmiştik. Ancak tabii ki evrimsel tıbbın modern bilime ve insanlığa tek katkısı felsefi bir kavrayış kazanımı değildir. Bölüm boyunca da gösterdiğimiz üzere, evrimsel perspektiften görülen tıbbın insanlığa sayısız pratik faydası olmuştur. Örneğin, evrimsel tıbbın insanlığa yaptığı muhtemelen en önemli pratik katkı, HIV'e sahip AIDS hastaları için Yüksek Aktiflikteli Antiretroviral Tedavi (YAAT) yöntemlerinin geliştirilmesi olmuştur. YAAT, tipik olarak iki adet ters transkriptaz inhibitörü barındırarak retrovirüslerin üremek için kullandıkları enzimlerin aktivitesini durdurmayı hedeflemektedir. YAAT'ın geliştirilebilmesi, mutant bir virüs soy hattında bulunan 2 veya daha fazla sayıdaki mutasyonun, ilaçlara karşı direnç

sağladığının keşfi ile mümkün olmuştur. En basit ifadesiyle YAAT, AIDS tedavisinde bir devrim yaratmıştır. Kombinasyon terapisinin hepatit C hastaları ve diğer hastalıklara sahip bireylerde kullanımı, evrimsel tıbbın klinik uygulamalara eriştiğinin göstergesidir. Daha genel tanımıyla evrimsel tıp, yeni antibiyotiklere karşı hastalıklara neden olan yapıların direncinin kontrol altında tutulmasını hedeflemektedir.

Evrimsel tıp sayesinde bugüne kadar geliştirdiğimiz tıbbı çok daha somut temellere oturtmamız ve çeşitli yaklaşımların diğerlerine göre neden daha başarılı bir şekilde çalıştığını anlamızı mümkün kılacaktır. Bu sayede sadece sorunlarımızın üstesinden çok daha ustaca gelmeyi başarmayacağız; aynı zamanda kendimizi biraz daha yakından tanıma fırsatı bulacağız.

Bölümümüzün ilk sayfalarında, vücudumuzun okunmaya hazır bir evrim atlasına benzediğini söylemiştik. Umuyoruz ki bu kitabın sayfalarını çevirirken, bu gerçekle tekrar tekrar karşılaşmışsınızdır.

Sağlıklı ömürler.

Kaynaklar ve İleri Okuma

- Bawah, A.A. & Binka, F.N. (2007). How Many Years of Life Could Be Saved If Malaria Were Eliminated from a Hyperendemic Area of Northern Ghana? *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(6), Alındığı site: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1712/
- Ben-Joseph, E. (2013). *Oooh, Your Aching Head!* Alındığı site: http://kidshealth.org/en/kids/headache.html
- Black, D. W., & Grant, J. E. (2014). *DSM-5 Guidebook: The Essential Companion to the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.* Washington, DC: American Psychiatric Publishing.
- Brugada syndrome. (2016). Alındığı site: https://ghr.nlm.nih.gov/condition/brugada-syndrome
- Caspari, R., *et al.* (2013). *The Scars of Human Evolution* Alındığı site: https://aaas.confex.com/aaas/2013/webprogram/Session5714.html
- Conger, C. (2013). *When did women begin wearing pants?* Alındığı site: http://www.stuffmomnevertoldyou.com/blog/when-did-women-begin-wearing-pants/
- Cooper, K. (2014). *Wearing the Pants: A Brief Western History of Pants.* Alındığı site: http://the-toast.net/2014/08/07/wearing-pants-brief-history/
- Diep, F. (2015). *Why Do Some Doctors Reject Evolution?* Alındığı site: https://psmag.com/why-do-some-doctors-reject-evolution-40b36a86e7d9#.d6kwon6nq
- Duke, S. (2013). *The Slippery Slope to Pedophilia* Alındığı site: http://www.thenewamerican.com/culture/item/16581-the-slippery-slope-to-pedophilia
- El-Halfawy, O. M., & Valvano, M. A. (2013). Chemical Communication of Antibiotic Resistance by a Highly Resistant Subpopulation of Bacterial Cells. *PLoS ONE*, 8(7). doi:10.1371/journal.pone.0068874

- Emson, H.E.. (1987). Health, disease and illness: matters for definition. *Canadian Medical Association Journal*, 136, 811-813. Alındığı site: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1492114/pdf/cmaj00140-0029.pdf
- Funk, C., & Rainie, L. (2015). *Public and Scientists' Views on Science and Society*. Alındığı site: http://www.pewinternet.org/2015/01/29/public-and-scientists-views-on-science-and-society/
- Gaines, L. (2012). Why Are Snowflakes Always Six-Sided? - DoubleXScience. Retrieved July 07, 2016, from http://www.doublexscience.org/why-are-snowflakes-always-six-sided/
- Georgeson, P. (2000). *Why do we sneeze?* Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/why-do-we-sneeze/
- Gershman, B. (2016). Witchcraft beliefs and the erosion of social capital: Evidence from Sub-Saharan Africa and beyond. *Journal of Development Economics*, 120, 182-208. doi:10.1016/j.jdeveco.2015.11.005
- Gonzalez, R. (2011). This man's hands are no optical illusion. Alındığı site: http://io9.gizmodo.com/5835676/this-mans-hands-are-no-optical-illusion
- Gribbin, J., & Gribbin, M. (1999). *Almost everyone's guide to science: The universe, life, and everything*. New Haven: Yale University Press.
- Hart, B. L. (1988). Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 12(2), 123-137. doi:10.1016/s0149-7634(88)80004-6
- Heiby, E. (2002). *DSM-IV: Symptom, Syndrome, Disorder, Disease*. Alındığı site: http://www2.hawaii.edu/~heiby/overheads_classification.html
- Hoskins, J. L., Ritchie, M. G., & Bailey, N. W. (2015). A test of genetic models for the evolutionary maintenance of same-sex sexual behaviour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1809), 20150429. doi:10.1098/rspb.2015.0429
- Howes, R. (2009). *The Definition of Insanity is...* Alındığı site: https://www.psychologytoday.com/blog/in-therapy/200907/the-definition-insanity-is
- Höllwarth, M. E. (2009). Esophageal Atresia and Tracheoesophageal Fistula. *Pediatric Surgery*, 329-338. doi:10.1007/978-3-540-69560-8_33
- *ICD-10: International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*. (2005). Geneva: World Health Organization.
- Jana, N., Barik, S., & Arora, N. (2009). Current use of medical eponyms – a need for global uniformity in scientific publications. *BMC Medical Research Methodology*, 9(1), 18. doi:10.1186/1471-2288-9-18
- Khan, R. (2012). *Pedophiles: Born that way?* Alındığı site: http://blogs.discovermagazine.com/gnxp/2012/09/pedophiles-born-that-way/#.V37vmbgrKUl
- Mishra, G. D., *et al*. (2009). Early life circumstances and their impact on menarche and menopause. *Women's Health*, 5(2), 175-190. doi:10.2217/17455057.5.2.175
- Perlman, R. (2013). *Dr. Darwin at the Bedside*. Alındığı site: http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/37617/title/Dr--Darwin-at-the-Bedside/
- *Poll: Most doctors favor evolution theory*. (2005). Alındığı site: http://phys.org/news/2005-09-poll-doctors-favor-evolution-theory.html
- Reuland, S. (2007). *Why Do So Many Doctors Accept Evolution?* Alındığı site: http://www.pandasthumb.org/archives/2007/01/why-do-so-many.html
- Rosenfeld, S. (2013). *Are Some Men Born Pedophiles? New Science Says Yes, But Se-*

xologists Say Not So Fast. Alındığı site: http://www.alternet.org/are-some-men-born-pedophiles-new-science-says-yes-sexologists-say-not-so-fast

- Schrock, K. (2008). *Looking at the Sun Can Trigger a Sneeze.* Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/looking-at-the-sun-can-trigger-a-sneeze/
- Scully, J. L. (2004). What is a disease? *EMBO Reports*, 5(7), 650-653. doi:10.1038/sj.embor.7400195
- Stages of HIV Infection. (2016). Alındığı site: https://www.aids.gov/hiv-aids-basics/just-diagnosed-with-hiv-aids/hiv-in-your-body/stages-of-hiv/
- Tabin, C.J. (1992). Why we have (only) five fingers per hand: Hox genes and the evolution of
- paired limbs. *Development*, 116, 289-296. Alındığı site: http://dev.biologists.org/content/develop/116/2/289.full.pdf
- Yeagle, P, *et al.* (2015). Microbiome of uncontacted Amerindians. *Science*, 348(6232), 298-298. doi:10.1126/science.348.6232.298-a
- Wenner, M. (2008). *Infected with Insanity: Could Microbes Cause Mental Illness?* Alındığı site: http://www.scientificamerican.com/article/infected-with-insanity/

BÖLÜM XI

EVRİMSEL MÜHENDİSLİK

Biyolojinin Sınırları Ötesine Taşan Evrim...

Çağrı Mert Bakırcı

Kitabımızın bu bölümüne kadar evrimin doğa bilimleri ve birinci dereceden yakın ilişkili alanlarından söz ettik, evrimin tüm bu bilimler arasındaki köprüyü nasıl kurduğunu, bu bilimler için neden vazgeçilmez olduğunu gösterdik. Bilimin en temel sahalarında yapılan çalışmaların, hayatlarımızı doğrudan ilgilendirecek buluş ve icatlara giden yolu açmasında ne kadar önemli olduğunu sayısız örnekle anlattık. Ancak evrimsel biyolojinin ve genel olarak evrim yasasının etkisinin temel bilimlerle sınırlı kaldığını sanıyorsanız, ciddi bir yanılgı içinde olduğunuzu söyleyebilirim. Evrim, bilinçsiz değişim, birikimli seçilim gibi ilkeler doğanın öylesine temel yasalarıdır ki, bunlardan yola çıkarak geliştirdiğimiz teoriler mühendislik, mimarlık, ekonomi gibi uygulamalı bilimlerde bile önemli etkilere sahip olmuştur.

Bu bölümde, benim uzmanlık alanım olan evrimsel hesaplama[1], evrimsel algoritmalar[2], evrimsel mühendislik[3] ve evrimsel robotik[4] konularından yola çıkarak evrimin mühendislik için ne kadar önemli olduğunu anlatmaya çalı-

1 Yapay Zekâ'nın bir alt dalı olan Evrimsel Hesaplama (İng: Evolutionary Computation), evrimsel algoritmaları kullanarak, geleneksel yöntemlerle çözülmesi güç olan bilim ve teknoloji problemlerine çözümler üretmeye çalışan, popülasyon-temelli bir deneme-yanılma tipi yaklaşım ve (meta)buluşsal yöntemleri (İng: Metaheuristics) bir arada kullanarak eldeki soruna en uygun çözümü (İng: Global Optimization) geliştirmeye çalışan bir araştırma sahasıdır.

2 Evrimsel Hesaplama sahasında kullanılan, Darwinci evrimden esinlenerek geliştirilmiş; seçilim, mutasyon, rekombinasyon, üreme gibi biyolojik olguları bilgisayar diline çevirmeyi başaran yazılımların genel adıdır.

3 Mühendislikte karşılaşılan çözülmesi zor sorunlara evrimsel algoritmalar kullanarak çözüm üretmeye çalışan mühendislik sahasıdır.

4 Fiziksel ya da davranışsal özellikleri evrimsel algoritmalar kullanılarak belirlenmiş robotların ve bu robotları çalışan araştırma sahasının genel adıdır.

şacağım. Konu boyunca evrim ve genel olarak biyoloji sayesinde keşfettiklerimizin mühendisliğe nasıl yön verdiğini anlatmakla kalmayacak; aynı zamanda mühendislikte evrimin kullanılmasının temel bilimlere yaptığı katkılardan bahsedeceğim. Bunu yaparken, doğadan ilham alma ve doğanın yapabildiği gibi (ve hatta onlardan daha iyi) ürünler üretme çabası içinde olan biyomimikri araştırmalarından da yeri geldikçe bahsedeceğim. Fakat tüm bunların ötesinde, bu bölümün en temel amacı sizlere evrimi hayatınızın her alanında uygulayabileceğiniz genel bir doğa yasası olduğu gerçeğini göstermeye çalışmak olacak.

Dolayısıyla öncelikle ilk bölümde başladığımız işi bu bölümde bitirelim ve evrim fikrinin neden sadece biyoloji ile sınırlı olmadığını, bundan çok daha geniş, çok daha temel bir doğa yasası ve bir algoritma olduğunu tam olarak anlayalım. Bu temeli oturttuğumuzda, kitabımızın adında da geçtiği gibi evrimin sadece biyolojinin değil, tüm bilimlerin bütünleştirici ve birleştirici harcı olduğunu neden iddia ettiğimizi çok daha iyi anlayacağınızı umuyorum. Böylelikle bu kitabın hedefini tam 12'den vurmuş olacağız.

Evrimin teknik tanımının popülasyonlar içindeki gen ve özelliklerin görülme sıklıklarının (frekanslarının) zamana bağlı olarak değişimi olduğundan söz etmiştik. Bu değişim sonucu oluşan evrimsel özelliklere dair çeşitli bölümlerde örnekler vermiş olsak da, bu kitabımızın konusu evrimin temellerini anlatmak olmadığı için sürecin detaylarına pek girmemiştik. Bunun yerine, evrimin bu tanımının diğer bilimler üzerindeki etkisine ve diğer bilimlerden nasıl etkilendiğine odaklanmaya çalışmıştık. Şimdi ise, söz ettiğimiz gen ve özellik görülme sıklıklarının değişiminin nasıl yaşandığının kalbinde yatan kurallara odaklanarak bu kuralları bilimin tümüne nasıl genelleyebileceğimizi öğreneceğiz.

Bu bölümde yapacağımız en temel ve en önemli şey, biyolojik evrimden aldığımız tanımları biyolojinin ötesine genişletmek olacak. Böylelikle biyolojik evrimi konu edinen Evrim Teorisi'nden yola çıkarak, teorinin kalbinde yatan algoritmayı kullanarak çok daha geniş bir teori inşa etmeye çalışacağız. Söz konusu genişletilmiş teori, biyolojik Evrim Teorisi'nin de temel aldığı merkezi algoritmayı genelleştirmeyi hedefleyeceği için buna Algoritmik Evrim Teorisi adını vermemiz mümkündür.

Aslında bu tip genişletilmiş bir teorinin temelleri son birkaç on yıldır mühendisler ve bilim insanlarınca zaten atılmaktadır. Evrim Teorisi'ni farklı açılardan genişletmeye çalışan uzmanlar, birçok yeni keşifte bulunmuşlar ve evrimin, sanılanın aksine biyolojiden çok daha geniş bir alanı kapsadığını doğrulamışlardır. Bu kitapta da bunun bolca örneğini gördük. Ancak arzulandığı kadar geniş ve kapsayıcı, biyolojiden mühendisliğe kadar her alanı içine almayı başarabilen bir Evrim Teorisi için halen almamız gereken çok yol var. O nedenle bu bölümde sıfırdan böylesi bir teoriyi inşa etmeye çalışmak yerine, siz okurlarımızı bilimin şu anda bu çaba doğrultusunda ulaşmayı başardığı noktaya ulaştırmaya çalışacağım. Bu nedenle bu bölümü okurken biyolojinin "canlı" sınırlarının dışına çıktığımızı (veya çıkmaya çalıştığımızı) lütfen unutmayınız. Ufkunuzu ve algılarınızı olabildiğince açık tutunuz.

EVRİMİ ANLAMAK: BİYOLOJİK EVRİMDEN, EVRİMSEL ALGORİTMALARA...

Çok temel bir soruyla incelememize başlayalım: Evrimsel bir değişim nasıl yaşanır?

Öncelikle, elimizde belli bir popülasyon bulunması gerekir. Genellikle bunu söylediğimde, aklınıza "biyolojik popülasyonlar" gelecektir. Örneğin bir yunus popülasyonu ya da bir çam ağacı popülasyonu gibi... Ekoloji bölümümüzde popülasyonların "aynı türden *canlıların* oluşturduğu topluluk" olduğunu izah etmiştik. Eğer bu tanımı, bu bölümün amacına uygun olarak genişletecek olursak, karşımıza "aynı türden *olguların* oluşturduğu topluluk" şeklinde bir tanım çıkmaktadır. Peki tanım dahilinde söz edilen olgular nelerdir? Aslında bu olgular, aklınıza gelebilecek herhangi bir şey, özellikle de herhangi bir teknolojik ürün olabilir. İzah edeyim:

Hiç düşündünüz mü, günlük olarak kullandığımız cisimlerin neden bu kadar fazla çeşidi vardır? Bir düşünün! Bir tırnak makası veya bir diş fırçası gibi son derece basit ürünlerin bile yüzlerce, belki binlerce farklı çeşidi (markası, biçimi, özelliği, vs.) vardır. Ancak bunların her biri özünde aynı şeyi yapmaktadır. Tırnak makası tırnakları keser, diş fırçası dişleri fırçalar. Hepsi bu! Buna rağmen gerek internette, gerekse de mağazalarda nihayetinde bu işi yapan sayısız ürün görürsünüz. Bunların bazıları birbiriyle tıpatıp aynıdır, bazı diğerleri ise birbirine kısmen benzer. Fakat dikkatli bir inceleme, bu ürünler arasındaki ufak tefek gibi gözüken, göze pek çarpmayan farklılıkların aslında önemli olduğunu, en azından "ayırt edici" olduğunu gösterecektir.

Eğer ki rastgele seçtiğiniz iki üç tanesini elinize alıp detaylıca inceleyecek olursanız, daha önceden benzer gibi gözüken ürünler arasında birçok farklılık olduğunu görmeye başlarsınız. Bu farklılıkların bazıları gerçekten de ufak tefek ve önemsizdir. Bazı diğerleri ise bir ürünü diğerlerinden tamamen farklı kılacak kadar önemlidir. Kimisinin tasarımı biraz farklıdır, kimisi belki aynı tasarım planını kullanır; ancak uzunlukları, kalınlıkları, genişlikleri, açıları, eğimleri, renkleri, malzemeleri gibi fiziksel parametreleri farklıdır.

Tıpkı canlı popülasyonlarındaki çeşitliliğin ilk bakışta önemsiz gelmesi gibi bu farklılıklar da belki ilk bakışta önemsiz gözükebilir. Ancak nihayetinde bu farklılıklar, bir ürünün piyasadaki nihai başarısını belirleyecek ve tüketicinin A ürününü B ürününe tercih etmesinde önemli bir faktör olacaktır, öyle değil mi? Sonuçta, bir ürünü bir diğer ürüne seçmenizin nedeni, işi en etkili şekilde (hem fiyat, hem kalite açısından uygun olacak biçimde) yaptığını bildiğiniz/düşündüğünüz ürünleri tercih etmektir. Tabii ki kararlarınızda ürünlere dair reklamlar ve geçmişinizden gelen deneyimler gibi unsurların da etkisi vardır; fakat eğer ki bilinçli bir tüketiciyseniz yapacağınız şey, ürüne ait çeşitlilik *havuzu* içinde, yapmak istediğinize en *uygun* olanı seçmektir.

Eğer ki bu ürünleri diş fırçası ya da tırnak makası kadar basit aletlerle kısıtlamak yerine arabalar, uçaklar, ev eşyaları ve hatta robotlar gibi daha karmaşık

ürünleri de kapsayacak şekilde genişletecek olursanız, sadece tasarım çeşitliliğinin akıl almaz miktarda arttığını görmekle kalmazsınız, aynı zamanda bu ürünlerin kendi içlerindeki farklılıkların (varyasyonların) ürün üzerindeki etkilerinin de dikkate değer miktarda önem kazandığını görürsünüz. Bir uçağın kanat yapısı, açısı, eğimi, genişliği, kalınlığı gibi fiziksel parametreleri, o uçağın "ne" olduğunu belirleyecek kadar önemlidir. Benzer durumlar arabalar, ev eşyaları, köprüler, robotlar gibi diğer mühendislik ve teknoloji ürünlerinde de geçerlidir.

Peki bir tasarımcı, bu ürünleri nasıl tasarlamaktadır, bunu hiç düşündünüz mü? Bölümümüzün konusu bu değil, dolayısıyla detaylara girmeyeceğiz. Fakat düşünecek olursanız, bir tasarımcının temelde yaptığı şey, elindeki soruna en uygun çözümü üretmeye çalışmaktır. Tasarım süreci neredeyse hiçbir zaman sıfırdan başlamaz. Öncelikle piyasada (markette) olan ve benzer sorunlara yönelik olarak geliştirilmiş benzer ürünleri araştırılır. Sonrasında bunların artıları ve eksileri belirlenir. Tasarımcının kendi eğitimi ve donanımı çerçevesinde bu ürünlere eklemeler ve geliştirmeler yapılır, bunlar bilimsel ve teknik analizlerden geçirilir ve uygulamaya değer olanları hayata geçirilir. Eğer hiçbir uygun geliştirme bulunamazsa, ancak o zaman sıfırdan yeni bir tasarım üzerinde durulabilir – ki bu durumda bile yeni tasarım, var olanlarla en azından genel çerçeve bakımından benzerlikler taşıyacaktır. Dolayısıyla etrafımızda gördüğümüz ürünlerin hemen hemen hepsi, kendisinden önce gelen *atasal* ürünlerin ufak farklarla, uzun nesiller boyunca değiştirilmiş ve geliştirilmiş, yapmaları gereken işe daha *uyumlu* hale getirilmiş *torunları* gibidir.

Bir tasarımcının nasıl çalıştığından çok daha önemli olan bir soru, bir önceki paragraftaki anlatımıma paralel olarak doğmaktadır: Halihazırda elimizde var olan ürünleri geliştirmenin, daha etkili hale getirmenin, bir fark yaratmanın bir yolu var mıdır? Sözünü ettiğim atasal ürünlerde meydana gelen ufak tefek farkların arkasında yatan mantık, özünde yer alan algoritma nedir?

Bunlar mühendislik ve teknoloji için son derece kritik sorulardır; çünkü insanlar, türümüzün yarattığı veya karşılaştığı sorunların çözümlerini genellikle yepyeni ürünler ve teknolojiler geliştirmekte ararlar. Örneğin, iklim değişikliği üzerindeki olumsuz ve yıkıcı etkilerimizi tersine çevirmek için atmosferik karbondioksidi başka kimyasallara çeviren karmaşık teknolojiler peşinde koşarız. Ulaşımımızı geliştirmenin yolunu uçan arabalar veya teleportasyon[5] gibi günümüz teknolojisi kapsamında "uçuk" sayılabilecek fikirlerde ararız. Kendi sınırlarımızı aşmak için, en azından ortalama bir insan kadar zeki olan bir Yapay Genel Zekâ'dan[6] medet umarız. Yıldızlar ve galaksiler arası uçusu

5 Teleportasyon (ya da teletransportasyon), madde ve/veya enerjinin bir noktadan diğerine, aradaki fiziksel mesafeyi aşmaksızın, birdenbire yaşanan bir "sıçrama" (ya da "ışınlanma") ile aktarılmasına dayanan teorik bir fikirdir.

6 Günümüzdeki yapay zekâ ürünleri genellikle spesifik bir işi yapmak (satranç oynamak, hesaplama yapmak, vb.) konusunda insandan daha iyilerdir. Bilimkurgu filmlerine konu olan

gerçekleştirebilmek için Star Trek'te (Tür: Uzay Yolu) bolca sözü edilen Büküm Sürüşü[7] (İng: Warp Drive) peşinde koşarız.

Bunlar, çoğu zaman -en azından kısmen- isabetli beklentilerdir. Bunlara nasıl ulaşacağımızı bir düşünün. Her biri, alanında çığır açacak keşifler ve icatlar olsa da, her biri aslında elimizde halihazırda var olan ürünleri, teorileri ve icatları geliştirip uygunlaştırmak (optimize etmek) sayesinde mümkün olacaktır. Kimi zaman sıfırdan yeni ürünler tasarlamak ve yeni sistemler geliştirmek, sorunlarımıza çare olabilecek olsa da, çoğu zaman bunlar bile kendilerinden önce gelen teknolojiler, icatlar ve keşifler üzerine inşa edilen yapılardır. Çünkü elimizde bulunan ürünler zamanın, kültürel kuralların ve tüketicilerin testlerini geçmeyi başarmış, etkinliği ispatlanmış ürünlerdir. Elbette bunlar, yeni bulgular, bilimsel atılımlar ve güncel teknolojiler ışığında geliştirilebilir veya eskiyerek gözden düşebilir. Fakat bazı araçlar (örneğin diş fırçaları, tırnak makasları, çatallar, vb.) öylesine temeldir ki, bunları yeni teknolojiler ile geliştirerek daha etkili hale getirmeye çalışmak anlamsızdır. Yapmamız gereken, bunların bulundukları ortama veya yapmaları gereken işlere daha *uyumlu* hale gelmesini sağlamaktır.

Ancak bu genellikle çok zor bir iştir. Hem de az önce sözünü ettiğim sebeple! Bunlar öylesine hayatlarımıza girmiş, yaşamlarımızda öylesine yer etmiş nesnelerdir ki, bunları tüketiciler tarafından kabul edilir bir biçimde yeni formlara sokmak ve uygunlaştırmak oldukça emek istemektedir. Çoğu zaman bu sıradanlaşmış nesnelere alternatifler sunmak, halihazırda bulundukları işlevselliğin ötesine geçebilmek kısıtlı insan zekâsı için epey güçtür. Elbette ki bu durum, ürün geliştirmesi üzerinde kafa yormayacağımız anlamına gelmez; fakat bir noktadan sonra alternatifleri göz önüne almaya başlamakta fayda vardır.

Yine de az önce bahsettiğim "sıfırdan üretilmesi gereken uç teknolojiler", türümüzün ulaşması gereken atılımlardan sadece birkaçıdır ve öyle ya da böyle bunlara ulaşılacaktır. İşte bu durumda da bizi yine eşit derecede zor bir güçlük beklemektedir: Uçan arabalar, teleportasyon, Yapay Genel Zekâ gibi teknolojiler öylesine karmaşık teknolojilerdir ki, muhtemelen çözümlerini bir anda buluvermek, bu sorunların üstesinden gelen aletleri ve sistemleri öylece üretivermek olanaksızdır! Hatta bu örneklerin bazılarında belirli bir başlangıç noktamız bile bulunmamaktadır!

Bu durumda sorulması gereken şudur: Tüm bu sorunları aşmanın bir yolu var mıdır? Kanıksadığımız bu ürünlerin bile ötesine geçebilmemiz mümkün olabilir mi?

---

yapay zekâ ise, insanın başarılı olabildiği tüm zihinsel alanda en azından ortalama bir insan kadar başarılı olabilen bir sistemdir. İşte buna "Yapay Genel Zekâ" (İng: Artificial General Intelligence) adı verilmektedir.

7 Işık hızından daha hızlı gitmemizi mümkün kılacağı öngörülen bir uzay aracı itim yöntemidir. Henüz pratik olarak erişilememiş olan bu yöntemde, uzay aracının önündeki ve arkasındaki uzay-zaman sürekliliğine müdahale edilerek kütleli cisimlerin ışık hızı ve ötesine geçmesi sağlanır. Özellikle Star Trek'te bolca sözü edilen bu yöntemin pratiğe dönüştürülmesiyle ilgili ilk somut adımlar 1994 yılında Meksikalı fizikçi Miguel Alcubierre tarafından atılmıştır. Ne yazık ki bu yöntemlerin henüz gerçeğe dönüştürülmesi için alınması gereken çok uzun yollar vardır.

Bu sorulara yanıt vermek için, bu bölümde iki farklı ürün üzerinden örnekler vereceğim: diş fırçaları ve robotlar. Diş fırçalarını seçmemin çok basit bir nedeni var: Bu örnek üzerinden giden anlatımı anlamak çok basit olacaktır diye umuyorum. Robotları seçmemin ise iki temel sebebi var: İlki, bu kitabın yazımı boyunca da olmak üzere, aktif olarak robotlar ve onları kullanarak robot davranışları, hayvan davranışları ve doğanın temel dinamiklerinin anlaşılması üzerine akademik çalışmalar yürütmekteyim. Dolayısıyla bu alan, oldukça iyi tanıdığım ve geliştirmek için elimden geleni halihazırda yapmaya çalıştığım bir alan. İkincisi ise, robotların son derece heyecan verici, çok çeşitli, çok öğretici, çok yönlü araçlar olması... Bu sayede daha karmaşık bir örnek üzerinden giderek konuyu pekiştirme imkânımız olacak. Üstelik... Kim robotlara ilgi duymaz ki?

Burada kullanacağım ana robot kategorisi son derece basit bir robot türü olacak. Çünkü kendi araştırmalarımda da kullandığım robot türü bu: Çizgi İzleyen Robotlar (ÇİR). Çok da şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bu robotların görevleri çizgileri izlemek! Örneğin, siyah bir zemin üzerine beyaz bir çizgi çizecek olursanız, bu robotlar o çizgiyi izleyerek yollarına devam edebilmektedirler (en azından onlardan beklenen budur). Bunun tam tersi de aynı şekilde geçerlidir: Beyaz zemin üzerine siyah çizgiler de robotun takip etmeyi başarabileceği bir konfigürasyondur. ÇİR bunu yapmak için sensörler kullanır. Çizgiyi bu sensörlerle tespit eder, kendilerini bu çizgiyi olabildiğince ortalayacak şekilde ayarlar ve ileriye doğru hareket eder. Eğer ki çizgi bir tarafa doğru yön değiştirmeye başlarsa, sensörler bu değişimi algılar ve robot, yazılımına bağlı olarak bu yöne doğru döner.

Bunu neden yapıyorlar diye soracak olursanız, pek de anlamlı bir cevap alamayacağını göreceksinizdir. Çünkü bir robotun yere çizilen çizgileri izlemesinin ilk bakışta pratik pek de bir amacı yoktur. Ne var ki bu basit yapılı robotlardan öğrendiklerimiz, İnsansız Hava Araçları (İHA, drone) olarak da bilinen çok karmaşık ve dinamik sistemlerin rotalarını belirleme teknolojilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca çizgi izleyenler üzerinde yapılan araştırmalar, otomasyona dayalı fabrikaların iş akışlarının düzenlenmesinde ve geliştirilmesinde öneme sahip birçok olguyu aydınlatmamızı sağlamıştır.[8]

Ancak "çizgi izlemek" gibi kulağa basit gibi gelen görev, aslında sanıldığından çok daha karmaşık bir iştir; bunun detaylarına az sonra geleceğim. Buna rağmen ÇİR, diğer robotlara göre kısmen daha basit yapılıdır, daha kolay modellenebilir, daha kolay anlaşılabilir, üzerlerinde daha kolay çalışılabilir, daha az sayıda sensöre, motora, vb. parçaya ihtiyaç duymaktadır. Tüm bu sebepler, bu robotları aynı zamanda harika bir öğretim aracı yapmıştır. Liseler ve üniversiteler arası düzenlenen robot yarışmalarının en heyecanlı yarışları ÇİR kategorisinde katılan yarışmacılar arasında yaşanır. Ancak bu basitlik ile karmaşıklığın

8 Yol planlaması (path planning), kendi kendilerine hareket edebilen araçların çalışabilmesini sağlayan en önemli yapıtaşlarından birisidir. Bu araçlar arasında İnsansız Hava Araçları'nın yanı sıra, fabrikalarda ürünleri bir yerden diğerine taşımak için kullanan robotlar da bulunmaktadır. Çizgi İzleyen Robotlar üzerinde yapılan çalışmalar, yol planlaması araştırmalarıyla ilgili önemli bulguları beraberinde getirmiştir.

bir arada bulunması, onları biz evrimsel robotikçiler açısından harika bir denek yapmaktadır. Bu basit sistemlerin karmaşık davranışlarını izleyerek, onların davranışlarının evrimini araştırabiliriz. Bu sayede de hem canlılığın evrimini, hem de kendimizi daha iyi tanıma fırsatı bulabiliriz. Bu konuya ilerleyen sayfalarda döneceğiz. Şimdi size bir soru daha sormama izin verin:

Bir Çizgi İzleyen Robot inşa edecek olsanız, bunu nasıl yapardınız? Bu, kendi başına bile öylesine büyük bir sorudur ki, bir cevap bulmak sandığınızdan çok daha uzun zaman alabilir. Örneğin, yerdeki çizgiyi tespit etmek amacıyla kaç tane sensör kullanacaksınız? Robotunuz tekerlekler kullanarak mı ilerleyecek, yuvarlanarak mı gidecek, iki ayak üzerinde durarak mı hareket edecek, yoksa uçacak mı? Belki de dört ayaklı bir hayvan gibi hareket etmeli, ne dersiniz? Ne büyüklükte olacak? Ne tür motorlar kullanacaksınız? Bu motorları nereye yerleştireceksiniz? Ağırlığı ne kadar olacak? Bataryası olacak mı? Nerede olacak? Ne ağırlıkta olacak? Ne kadar süreyle gidebilecek? Bu ve bunun gibi binlerce soru, yanıtlamanız gereken sorular arasında bulunmaktadır. Çok fazla sayıda olasılık ve kombinasyon bulunmaktadır.

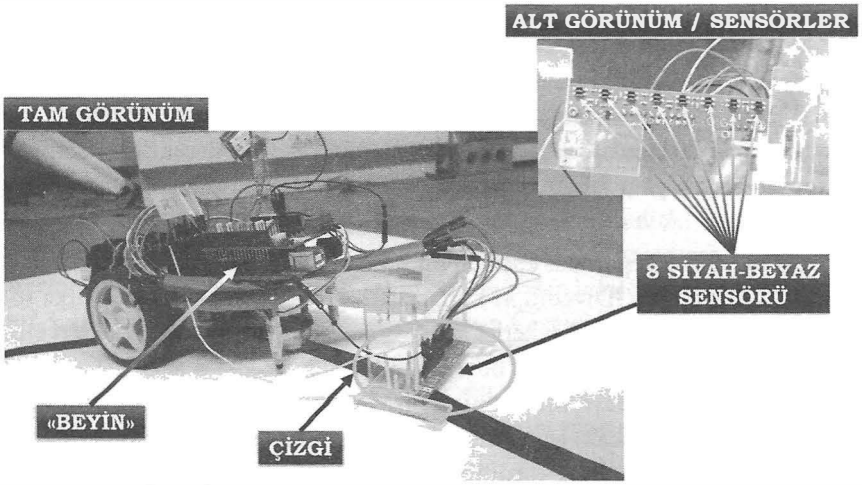
Ama işleri basitleştirmek adına, fiziksel tasarımın size birileri tarafından verildiğini düşünelim. Diyelim ki kullanmanız gereken robot, 2 adet arka tekerleği ve önde 1 adet sarhoş tekerleği (alışveriş arabalarının ön tekerlekleri gibi her yöne dönebilen bir tekerlek) bulunan bir araba olacak. 8 adet siyah-beyaz çizgi sensörü[9] olacak. Basit bir Arduino[10] işlemci aracılığıyla kararlar alınacak. Bataryası opsiyonel olacak; gerek dış güç kaynağından, gerekse de pillerle çalışabilecek. Anlayacağınız dış görünümümüz son derece basit bir üç tekerlekli araba tasarımını andıracak.

Ancak bu bile işimizi tamamen kolaylaştırmamaktadır. Çünkü fiziksel tasarım, karar vermemiz gerekenlerin sadece bir boyutudur. İşin bir de yazılım boyutu bulunmaktadır. Yani bu fiziksel robota "hayat verecek" olan, onun davranışlarına karar verecek olan kodlar... Sadece bu yazılım kısmı bile binlerce cevaplanması gereken soruya gebedir: Söz konusu 8 sensörden hangilerinden gelen bilgilerin diğerlerine göre önceliği ve üstünlüğü olacak? Ortada bulunan 2 sensör mü daha büyük öneme sahip olacak, daha dışlarda bulunan sensörler mi? Eğer sensörlere belli bir önem sırası verilecekse, bu önem sıraları arasındaki

9 Siyah-beyaz renk farkını algılayan birden fazla sensör tipi bulunmaktadır. Özellikle kızılötesi sensörler, siyah-beyaz sensörleri ve renk zıtlığı (kontrast) sensörleri bu amaçlar yaygın olarak kullanılan sensörlerdir. Bunlar arasında en popüler olan kızılötesi (IR) sensörler, hedef aldıkları yüzeylerdeki renkleri kızılötesi ışınlar kullanarak algılar ve gri renk skalasında (İng: greyscale) bir değer olarak ölçerler (örneğin bazı IR sensörlerde 1000 sayısı tamamen beyaz, 0 sayısı tamamen siyahtır ve bunun arasındaki sayılar farklı gri tonlarına denk gelmektedir).

10 İlk olarak 2005 senesinde piyasaya sürülen, öğrenimi ve kullanımı son derece basit olan, açık kaynaklı bir mikroişlemci markası. Mikroişlemciler, robotların "beyinleri" olarak düşünülebilirler. Sensörlerden ve diğer parçalardan gelen verileri işlerler ve motorlar gibi eyleyicileri bu verilere uygun bir şekilde harekete geçirirler. Örneğin bir robotun karşısındaki engelden kaçınabilmesinin tek yolu, mikroişlemci içindeki yazılım çerçevesinde engeli tanıması ve buna bağlı olarak "engelden kaçınma döngüsünü" çalıştırmasıdır.

dağılım nasıl olacak? Örneğin, ortadaki sensörler dıştaki sensörlere göre 2 kat mı, 4 kat mı, 100 kat mı daha fazla öneme sahip olacak? Yoksa daha doğrusal (lineer) bir dağılım mı olacak? Tüm sensörler aynı anda çizgiyi görürse ne yapılacak? Sensörlerden rastgele 6 tanesi çizgiyi görürse nasıl bir davranış sergilenecek? Çizginin bir yöne doğru kaymaya başladığı algılandığında, ne kadar hızlı bir şekilde o yöne dönülecek? Çok sert bir dönüş mü yapılacak, yumuşak bir dönüş mü? Sert yapılacaksa, ne sertlikte olacak ve nerede durulacak? Yumuşak bir dönüş olacaksa, çizginin birdenbire daha hızlı uzaklaşması durumunda nasıl bir karar alınacak?



Görsel 11-1: Basit bir çizgi izleyen robot.

Uzun lafın kısası, sormak istediğimiz soru şudur: Elde bir robot var; ancak bu robottan en yüksek *verimi* nasıl elde ederiz? Her şeyin *harmoni* içinde çalışmasını nasıl sağlarız? En *uyumlu* kombinasyonu nasıl yaratır, nasıl seçeriz? Asıl soru tam olarak budur! İşte bu da, muhtemelen şimdiye kadar fark etmiş olabileceğiniz gibi, bir *uygunlaştırma (optimizasyon)* sorunudur.

Normalde mühendisler, matematik ve çeşitli mühendislik teorilerini kullanarak robotları birçok farklı biçimde kontrol etmeyi başarırlar (bu çalışmaların yürütüldüğü sahaya "Sistem Kontrolü" adı verilir). Bu geleneksel yöntemler, özellikle basit olan ve/veya detayları çok iyi bilinen sistemlerde çoğu zaman oldukça isabetli bir şekilde çalışır. Kısmen daha yaygın ve bilindik olan bu sistemlerde çoğunlukla geleneksel kontrol yöntemlerinden daha öte bir yaklaşıma gerek kalmaz. Ancak bu bölümün ilerleyen kısımlarında göreceğimiz gibi, teknolojimiz ve bilimimiz öylesine karmaşık bir noktaya ulaşmıştır ki, uğraştığımız sistemler de bir çizgi izleyenden ya da klasik bir arabadan çok ama çok daha karmaşık hale gelmiştir. Artık robotlarımızın bir fabrika içindeki kasaları oradan alıp buraya koymasını istemiyoruz, bizler gibi düşünebilmelerini ve kar-

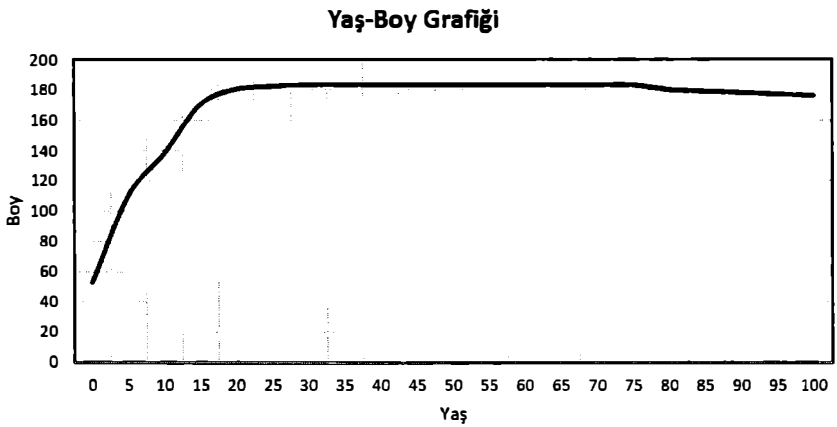
maşık sorunları çözmede bize katkı sağlamalarını istiyoruz. Artık arabalarımızın dört teker üzerinde biz nereye dersek oraya gitmelerini istemiyoruz, bizden herhangi bir girdi olmaksızın kendi yollarını bulabilmelerini ve biz hiç dokunmasak bile yollarını otomatik olarak bulabilmelerini istiyoruz. Bu sistemler üzerinde geleneksel tasarım ve kontrol yöntemlerini uygulamamızın ya hiçbir yolu yoktur, ya da uygulasak bile aradığımız verimliliği almamız pek mümkün değildir. Bu durumda, daha yenilikçi bir yaklaşım geliştirmemiz gerekmektedir. Buna az sonra geleceğiz. Şimdilik, az önce sorduğum sorulara bir dönüş yapalım bazı cevaplar verelim.

Yazılım konusunda[11] nasıl bir tasarım yapacağınıza yönelik cevaplamanız gereken her bir soru, elinizdeki robotun (ya da diğer bir ürünün) "parametrelerini" (değişkenlerini) belirlemek amacıyla sorulmaktadır. Örneğin bize verilen 8 sensörden ortadaki 2'sinden gelen verilerin daha öncelikli olmasını sağlayabilirsiniz ve bu önceliğin en dıştaki 2 sensöre göre 5 kat fazla olmasına karar verebilirsiniz. Veya ortadaki 4 sensöre öncelik verirsiniz ama bu önceliğin dış sensörlere göre sadece 1,5 kat olmasını seçersiniz. Görebileceğiniz gibi, birkaç paragraf önce sorduğum sorulara verip verebileceğiniz her türlü cevap, bu parametrelerin alacağı farklı "değerler" olacaktır. Eğer ürününüzün ne olacağını ve nasıl çalışacağını belirleyecek bu parametrelerin her biri için verebileceğiniz tüm cevapları bir arada, bir bütün olarak düşünecek olursanız, bu değişkenlerin devasa bir parametre kombinasyonları ağı oluşturduğunu göreceksinizdir. Örneğin, ÇİR ile ilgili elinizde 10 soru (dolayısıyla 10 parametre) varsa ve bunların her birine verebileceğiniz 8 farklı cevap bulunuyorsa, bu farklı kombinasyonlardan yola çıkarak toplamda 1 milyardan fazla çeşitte, her biri farklı bir parametre kombinasyonuna sahip robotlar üretebilirsiniz demektir! Çoğu zaman belirlemeniz gereken parametrelerin sayısı onlarcadır ve her birine verilebilecek cevapların sayısı yüzlercedir. Bu durumda, arasından en iyisini seçmeniz gereken robot sayısı katrilyonlarla ifade edilebilecek boyuttadır! İşte bu nedenle mühendisler, gerek eğitimleri gerekse de deneyimlerinden edindikleri bilgilerle bu sayıyı azaltmaya ve en uyguna, en hızlı bir şekilde ulaşmaya çalışırlar.

Peki, diyelim ki hangi parametre kombinasyonunu seçeceğimize karar verdik. Bu kombinasyonun *başarısını* nasıl değerlendireceğiz? Bu, her zaman çok basit değildir. Eğer ki sözünü ettiğim onlarca parametreyi bir arada değerlendirecek olsaydınız, elinize çok boyutlu bir sistem geçerdi. Çok boyutlu sistemden kastım, bizlerin alışık olduğu 3 boyuttan fazla boyuta sahip sistemlerdir. Örneğin, boyunuzun yaşınıza bağlı olarak değişimini, Görsel 11-2'deki gibi 2 boyutlu bir grafikle ifade edebilirsiniz. Bu grafik, yaş artışınıza bağlı olarak bir süre artacak, sonrasında ise sabitlenecek ve ömrünüzün sonuna kadar aynı kalacaktır (veya yaşlandıkça birazcık kısalma görülebilir). Öte yandan boyunuzun,

11 Aslında bu diğer konularda da geçerlidir; ancak Çizgi İzleyen Robot örneğimizde fiziksel tasarımın bize verildiğini ve bu nedenle sadece yazılıma odaklanacağımızı hatırlayınız.

yaşınıza ve günlük ortalama kalori alımına göre değişimini Görsel 11-3'deki gibi 3 boyutlu bir grafikle ifade edebilirsiniz. Görebileceğiniz gibi bu grafik biraz daha karmaşık olacaktır ve yaşınız ile günlük ortalama kalori miktarınızın farklı kombinasyonlarına göre farklı büyüme eğrileri ortaya çıkacaktır.

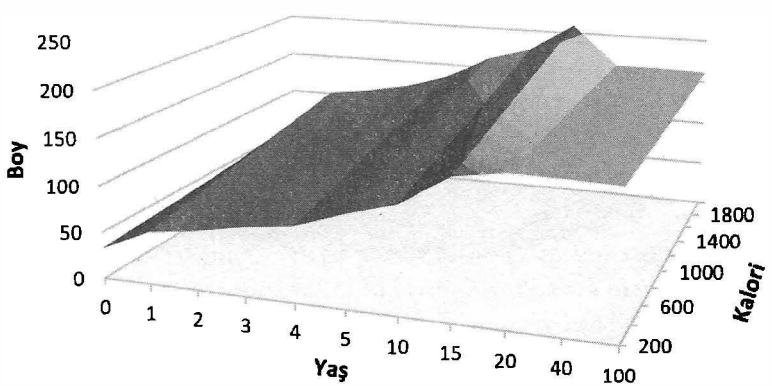


Görsel 11-2 Boyun Yaşa ve Kalori Alımına Bağlı (Hayali) Değişimi

Ne var ki boyunuzun yaşınıza, günlük kalori alım miktarına, olası cinsiyetlere, günlük ortalama fiziksel aktivite düzeylerine, sağlık durumuna ve başka diğer parametrelere bağlı değişimine bağlı olarak tek bir grafik üzerinde göstermek isteyecek olsaydınız, çok boyutlu bir grafik çizmeniz gerekirdi - ki bu pratik olarak imkânsız bir uğraştır. 2 boyutlu bir kâğıt ya da bilgisayar ekranı üzerine 3, bilemediniz en fazla 4 boyutlu grafikler çizebiliriz. Bu boyut seviyesinden sonrası son derece karmaşık ve anlaşılmaz olacaktır. Bu nedenle, çoğu zaman bu parametreleri ikili ikili gruplandırarak grafiğe dökeriz; ancak bunu yaparken konunun özünün büyük bir kısmı kaybedilmiş olur, çünkü diğer parametreler kaçınılmaz olarak sonucu etkilemektedir ve sadece 2 parametrenin sonuç üzerindeki etkisini göstermek çoğu zaman ya yanıltıcıdır, ya da yetersiz...

Dolayısıyla işimizi ve konuyu anlamayı kolaylaştırmak için şimdilik bu sorunu görmezden gelelim ve robotumuzun (ya da hangi ürünün optimizasyonunu düşünmek istiyorsanız onun) sadece 2 parametresi olduğunu varsayalım. Bunları, tıpkı Görsel 11-2'de yaptığımız gibi, x ve y eksenlerine yerleştirelim. Bu parametrelerin normalde *tasarımcı* tarafından değerleri belirlenecek parametreler olduğunu hatırlayınız. Örneğin, bir diş fırçasından söz ediyorsak, bu parametreleri fırçanın uzunluğu ve fırça ucundaki püsküllü kısmın alanı olarak düşünebilirsiniz. Diş fırçası 5 santimetre olabileceği gibi 20 santimetre de olabilir. Uçtaki püsküllü kısım fırçanın toplam alanının %2'sini kaplayabileceği gibi %4'ünü de kaplayabilir. Görebileceğiniz gibi bu iki parametrenin farklı kombinasyonları, farklı ürünler üretmek anlamına gelmektedir. Dahası, bu kombinasyonların

alabileceği değerler sayısı akıl almazdır! Üstelik bu ürünlerin her biri, yapması gereken işi farklı başarı seviyelerinde gerçekleştirecektir. Elbette bazı kombinasyonlar birbirine daha yakın başarılara sahip olacaktır; ancak yeterince fazla sayıda parametre kombinasyonu deneyecek olursanız, aradaki farklar da daha belirgin olmaya başlayacaktır. Uç parametre kombinasyonlarına ulaştığınızda ise çoğu zaman başarı oranında düşüş görürsünüz. Örneğin, aşırı uzun olan bir fırça ucuna azıcık bir alanda püsküller yerleştirecek olursanız, muhtemelen bu fırça işini düzgün yapamayacaktır. Benzer şekilde, aşırı kısa bir fırça üzerine bol miktarda püskül koymak da işlevsiz olacaktır. Ancak bu iki ekstrem (uç) arasında kalan her tasarım, farklı miktarlarda "başarı" oranına sahip olacaktır. İşte biz, sözünü ettiğimiz iki parametreye (uzunluk ve püskül oranı) bağlı olarak değişen bu başarı miktarını z-ekseni üzerinde göstereceğiz (tıpkı Görsel 11-3'te boyu z-ekseni üzerinde gösterdiğimiz gibi). Bunu yapmak bize 3 boyutlu bir grafik sağlayacaktır. x ve y eksenleri üzerindeki parametrelerin değerlerine bağlı olarak z ekseninde o ürünün başarı miktarının gösterimi... Her bir x-y kombinasyonuna karşılık gelen farklı bir z-değeri...

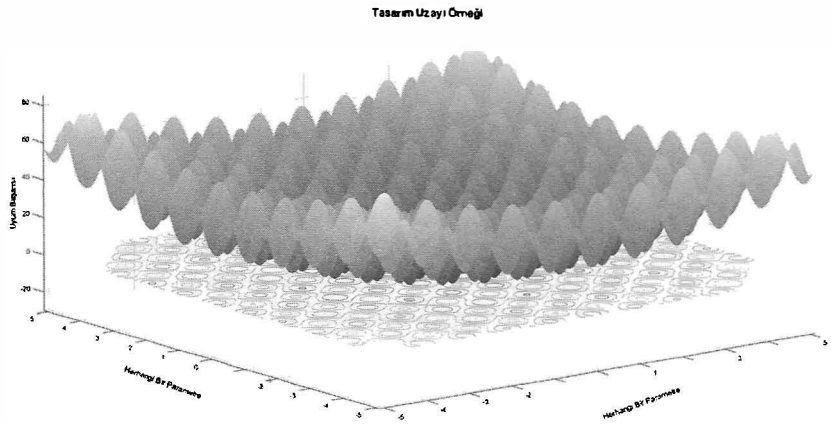


Görsel 11-3 Boyun Yaşa ve Kalori Alımına Bağlı (Hayali) Değişimi

Bu işlem, genellikle kırışıklarla dolu bir çarşafı andıran bir yüzey verecektir. Görsel 11-3'de bunu tam olarak görememekteyiz, çünkü bu grafiği çizmek için seçtiğim sayılar çok dikkatlice seçilmiş sayılar değil; ancak eğer ki Görsel 11-4'e bakacak olursanız, taramamız gereken yüzeyin karmaşıklığı hakkında daha iyi bir fikir elde edebilirsiniz. Gerçekte bu grafikler, bundan bile daha karmaşık ve iniş-çıkışlıdır. Bu yüzeyin çıkıntılı (veya daha yüksek olan) noktaları, daha *başarılı* tasarımlara karşılık gelmektedir. Çukurda kalan noktaları ise *başarısız* tasarımlara... Bu iki uç arasında kalanlar ise, ortalama başarıdaki tasarımlara karşılık gelmektedir. İşte bu yüzeyin tamamına *tasarım uzayı* denir. x ve y eksenleri üzerindeki parametrelere bağlı olarak tasarlayabileceğiniz her bir kom-

binasyonun üzerinde bulunduğu ve bunları başarı miktarlarının da gösterildiği karmakarışık bir düzlem... Tabii ki, aslında 2 parametreden çok daha fazlası olduğunu, dolayısıyla bu grafiğin aslında çok daha karmaşık olması gerektiğini de unutmayınız. Burada sadece pratik nedenlerle 3 boyutlu bir düzlem gösterebiliyorum; zira 3'ten fazla boyutlu bir düzlemi kağıda aktarmam çok güçtür.

O iki parametrenin ne olduğu bizim Çizgi İzleyen Robotumuz açısından şimdilik önemli değildir (bu nedenle Görsel 11-4'te onlara "Herhangi Bir Parametre" adını verdim). Robotla ilgili daha önceden sorduğumuz soruların (dolayısıyla parametrelerin) herhangi ikisini seçebilirsiniz, hiç fark etmez. Ancak asıl önemli olan, z-ekseni üzerinde bulunan *başarı*dır. Bu başarının miktarı, z-ekseni üzerindeki noktaların x-y düzleminden olan uzaklıklarıyla ölçülür. Örneğin Görsel 11-3'te 5 yaşında olup günde 1000 kalori alan birinin 140 santimetre civarında bir boya sahip olması beklenmektedir. Çünkü x-eksenindeki 5 yaş ile y eksenindeki 1000 kalorinin birleştiği noktanın, grafikteki yüksekliği z ekseni üzerinde kabaca 140 sayısına denk gelmektedir.



Görsel 11-4 MATLAB isimli bir yazılım kullanarak çizdiğim Rastrigin Fonksiyonu adı verilen bir fonksiyon, tasarım uzaylarının ne kadar karmaşık ve zorlu olduğunu göstermeye yetecektir. Bu uzayda uyum başarısı bakımından en yüksek noktaya karşılık gelen x ve y ekseni kombinasyonları, en başarılı tasarım kombinasyonlarıdır. Diğer bütün noktalar ya daha az başarılıdır, ya tamamen başarısızdır (özellikle de çukurlar).

Peki bu sayılar, özellikle de z-ekseni üzerindeki sayılar bizim robotumuz için ne anlama gelmektedir? Bu "çarşaf" üzerindeki her bir nokta, robotumuzun nasıl davranacağını belirleyecek farklı parametre kombinasyonlarına denk gelmektedir. Bu davranışlar da robotun belli bir ortamda (arazide, çizgide, vs.) o robotun ne kadar başarılı olduğunu/olacağını göstermektedir. Dolayısıyla bu 3 boyutlu düzlem, söz konusu iki parametreye

bağlı olarak üretebileceğimiz her bir robot tasarımı kombinasyonunu ve bu kombinasyonların başarı miktarını içermektedir. Gelin biz bu başarı miktarına, *uyum başarısı* (İng: fitness) adını verelim. Bir diğer deyişle bu z-ekseni üzerindeki başarı miktarı, o robotun yapmak üzere inşa edildiği işe ne kadar *uyumlu* olduğunu göstermektedir. Tabii ki tahmin edebileceğiniz ve izah ettiğim üzere, daha yüksek olan noktalar daha *başarılı* parametre kombinasyonlarına, daha çukurda olan noktalar ise daha *başarısız* kombinasyonlara denk gelmektedir.

Genellikle bu tasarım uzayında bir (veya kimi zaman birkaç) nokta, diğer tüm noktalardan çok daha yüksektedir. Bu noktalara *küresel olarak uyumlu nokta* (İng: global optimum) denmektedir. Çünkü bu nokta, diğer hepsinden ("küresel/global olarak") daha yüksektedir. En başarılı kombinasyondur. Yine benzer şekilde, kimi zaman bu tasarım uzayında bir (veya kimi zaman birkaç) nokta, diğer tüm noktalardan daha alçaktadır; bir çukurun dibindedir. Bu noktaların özel bir ismi yoktur (belki "küresel olarak uyumsuz nokta" denebilir); ancak bunlar hakkında bilmeniz gereken, ne olursa olsun bu kombinasyonlardan uzak durmanız gerektiğidir. Zira bu noktalara denk gelen tasarımlar, son derece başarısız tasarımlardır. Örneğin, 1 metre uzunluğundaki bir diş fırçası ve onun ucunda sadece 1 milimetre karelik bir alana yayılmış püsküller olduğunu hayal edin! Bu tasarım, bir diş fırçası olmak yerine muhtemelen bir yürüyüş çubuğu olarak daha fazla işlev görecektir! Ancak bizim uyum başarımız diş fırçasının yapması gereken "diş temizleme" becerisine göre belirlendiği için, bu uçuk tasarım son derece başarısız olacaktır.

Tabii ki, görebileceğiniz üzere, parametrelerin belli bir sınırı bulunmak zorundadır. Zira "uzunluk" deyip geçtiğimiz ölçü birimi 1 pikometre[12] olabileceği gibi 1 kilometre de olabilir. Bu bakımdan tasarım uzayları yalnızca teoride sonsuz büyüklüktedir. Pratikte her bir parametrenin belli bir sınırı bulunmaktadır. Örneğin bir diş fırçası tasarımından söz ediyorsak, 1 milimetrelik bir diş fırçasının herhangi bir anlamı (ve işlevselliği) olmadığı gibi, 5 metrelik bir fırçanın da işlevsel bir anlamı olmayacaktır. Bu durumda, günlük deneyimlerimizden ve teknik bilgilerimizden yola çıkarak tasarım uzayını sınırlar ve daraltırız. Ancak bu sınırı çok da kısıtlayarak günlük deneyimlerinizden yola çıkarak "beklediğiniz uzunluk seviyesi"ne çekmek doğru olmaz. Çünkü bizim alışageldiğimiz tasarımlar ve özellikler, olabilecek en iyi tasarımlar ve özellikleri yansıtmayabilir. Bu nedenle beklentilerimizin üzerine birkaç kat hata payı koyarak *taradığımız* tasarım uzayını abartmadan da olsa genişletmekte fayda vardır. Diş fırçası örneğinden gidecek olursak, belki 1 santimetre ile 30 santimetre arasındaki tüm uzunluklar bizim ilgi alanımız olacaktır. Her ne kadar 1 ya da 30 santimetre gibi uç değerler muhtemelen halihazırda var olan tasarımlarımızdan daha *başarılı* olmayacaktır; ancak yine de bu sınırları olabildiğince geniş tutmakta fayda var.

12 1 pikometre, 1 metrenin trilyonda birine verilen isimdir.

Burada dikkat etmeniz gereken nokta, belirlediğimiz bu iki sınır arasında bile sonsuz sayıda nokta bulunduğu gerçeğidir. Yani 1 ila 30 santimetre arasında sonsuz sayıda değer (uzunluk) bulunmaktadır (1,45 santimetre, 22,31 santimetre ve hatta daha fazla ondalık sayı kullanarak elde edebileceğimiz 15,2352 santimetre gibi uzunlukları düşünecek olursanız, ne demek istediğimi daha iyi anlayabilirsiniz). Bu durumda belli bir *adım miktarı* ya da *hassasiyet seviyesi* belirlemekte fayda vardır. Örneğin virgülden sonra en fazla 1 ya da 2 basamak kullanmak gibi (örneğin 1,3 santimetre ya da 4,55 santimetre gibi). Aynı şey ikinci parametre olan "püskül alanı/oranı" için de geçerlidir. %3,2314'lük bir alan yerine, virgülden sonra sadece 1-2 ondalık basamak kullanarak %3,23'lük püskül alanı oranına odaklanabiliriz. İşte bu parametrelerin farklı kombinasyonları, Görsel 11-3 ve Görsel 11-4'te gördüğümüze benzer bir yüzey verecektir. Biz de, bu uzay (veya düzlem) içindeki en yüksek noktaya ulaşmak peşindeyiz; çünkü o tasarım kombinasyonu, yapmaya çalıştığımız iş bakımından en *başarılı* kombinasyon olacaktır.

Kısıtlanmış bir tasarım uzayının bile barındırdığı sonsuz (veya aşırı fazla sayıdaki) kombinasyon olasılığı, bu bölümün başında sorduğum sorulardan bir tanesinin cevabını net bir şekilde vermektedir: Diş fırçası gibi basit ürünler için bile yüzlerce, binlerce farklı tasarımdan söz edebiliriz; çünkü bu ürünlerin bile tasarım uzayları sonsuz büyüklüktedir ve bu sonsuzluk içinde bazı noktalar, diğerleriyle kabaca aynı başarı miktarına sahiptirler. Bu nedenle de bu başarı miktarı ve civarında olan her tasarım piyasada bulunmayı sürdürecektir. Yaklaşık olarak aynı başarı miktarlarına sahip hiçbir ürün diğerine nihai bir üstünlük sağlayamayacaktır, çünkü aradaki fark yok denecek kadar azdır (veya hiç yoktur). Arada sırada bu tasarım uzayı içinde yeni kombinasyonlar deneyen ürünler markete giriş yaparlar (örneğin, benzinle çalışan arabalar marketine giren elektrikli arabalar gibi). Bu yeni denemelerin başarı miktarları (*uyum başarıları*), onların markette tutunup tutunamayacağını belirleyecektir. Eğer ki yeni ürün, öncekilerden daha üstün (veya en azından kabaca aynı) başarıya sahipse[13], ürün nihai olarak markette kendine bir yer edinecektir. Yoksa, er ya da geç silinip yok olacaktır. Google'ın yepyeni bir algoritmayla arama motoru marketine girmesi sonucunda AltaVista gibi alternatiflerin kısa sürede yok oluşu bundandır.

Tabii ki söz konusu ekonomi olduğunda, işin içine bazı diğer siyasi ve toplumsal faktörler de girmektedir; ancak o faktörlerin de temelinde her zaman tasarım uzayı ve onun özellikleri bulunmaktadır (veya onlar da bu tip bir uzaya indirgenebilir). Bu nedenle tasarım uzayı üzerinden gitmek, marketteki ürün

13 Uyum başarısı miktarını belirleyen faktörler, ürünün öz nitelikleri ("genetik") ile bu ürünün kullanıcılarının beklentileri ("çevre") arasındaki etkileşimin bir ürünü olarak doğmaktadır. Bu miktarın değeri, hayali tasarım uzayındaki z-ekseni üzerinde belli bir noktaya denk gelmektedir. Bu nokta da, ürünün öz nitelikleri olan parametrelerin belirli bir kombinasyonuna denk gelmektedir.

çeşitliliğini anlamamız için faydalı olacaktır. Unutmayınız ki sözünü ettiğimiz tasarım uzayları, sadece robotlar ya da diş fırçaları için geçerli değildir. Aklınıza gelebilecek her türlü ürün ve hatta insan davranışı gibi daha soyut kavramlar için bile geçerlidir. Yani konuyu ve örnekleri dilediğiniz kadar genişletmeniz mümkündür.

KÖR BİR ŞEKİLDE DAĞLARI AŞMAK

Bu noktada karşımıza bazı yeni sorunlar çıkmaya başlamaktadır. Ancak bu sorunlar konuyu daha da ilginç kılmaktadır. İlk sorun, her ne kadar burada çok basit bir şekilde tepeler ve çukurlar şeklinde bir yüzeyden bahsediyor olsam da, gerçek hayattaki ürünlerin tasarım uzayları bundan çok ama çok daha fazla karmaşık olmasıdır. Öyle ki, kimi zaman karşımıza çıkan tasarım uzayları kendisini milyonlarca defa tekrar eden ufacık tepeciklerden ve çukurlardan oluşur (Görsel 11-4 bunu kısmen de olsa yansıtmaktadır). Bu tepeciklerin sadece birkaç tanesi diğerlerinden birazcık daha büyüktür; dolayısıyla onlar en başarılı çözümlerdir. Ancak bunlara ulaşmak çoğu zaman oldukça güçtür; çünkü etraflarındaki sayısız ufak tepecik de "yeterince iyi" sonuçlar vermektedir. Fakat hedefiniz Yapay Zekâ gibi uçuk teknolojiler ise, ürettiğiniz ürünün "yeterince iyi" olması sizin için yeterli olmayacaktır. En iyisini elde etmeye çalışmanız gerekecektir. Dolayısıyla bu sayısız "yeterince iyi olan ama en iyi olmayan" tepecik, sizin "en iyi" tepeciğinizi gizleyecek, ona ulaşmanızı zorlaştıracaktır.

İkinci ve daha önemli bir sorunsa... Aklınıza takılmış olabilir: *"Ne var ki en yüksek tepeyi bulmakta! Tasarım uzayına şöyle bir göz atıp hemen tespit edebiliriz!"* diye düşünmüş olabilirsiniz. Ne yazık ki tasarım uzaylarının neye benzediğini önceden bilmek neredeyse hiçbir zaman mümkün değildir! Yani sayfalardır anlattığım tasarım uzayları, aslında tasarımcılar tarafından önceden bilinmemektedir! Evet, aklınıza gelebilecek her bir ürün, hatta doğadaki her bir olgu için *bir çeşit* tasarım uzayı *mutlaka* bulunmaktadır. Ancak bu tasarım uzayının şeklini önceden bilmek (*a priori* olarak bilmek), tasarım uzayını burada gösterdiğim birkaç örnekte olduğu gibi kağıda dökmek neredeyse imkânsızdır. Dolayısıyla bir tasarımcının bu uzaya önceden genel bir bakış atıp da en uygunların bulunduğu tepeleri tespit etmesi söz konusu değildir.

Düşünecek olursanız bu, son derece mantıklıdır. İlk olarak, tasarım uzayının nasıl oluşturulduğunu hatırlayınız: En basit modellerde bile, öncelikle x ve y eksenlerine yerleştireceğimiz parametreleri belirlemekteyiz. Buraya kadar sıkıntı yok. Ancak asıl önemli olan z-eksenidir ve bu eksendeki noktaların değerleri, x ve y eksenlerindeki parametrelerin değerlerine göre belirlenecektir. Yani herhangi bir x ve y değerini ele alacak olursanız, öncelikle bu kombinasyonu ürüne dönüştürmeniz ve test etmeniz gerekir.[14] Ancak ve ancak bunu yaptıktan

14 İlerleyen sayfalarda bunun yöntemlerinden söz edilecektir.

sonra o ürünün başarısını (z-ekseni değerini) tespit edebilirsiniz. Çünkü bir ürünün markete veya yapması gereken işe olan uygunluğu, o ürünün marketin veya yapması gereken işin sınavlarına tabi tutulması sonrası anlaşılabilir.

Bu durumda anlamaktayız ki x ve y ekseninde yer alan parametrelerin her birinin farklı kombinasyonlarını ayrı ayrı üretip denemeden, tasarım uzayının tamamının şeklini (buna kimi kaynaklarda *topografya* da denmektedir) tespit etmemiz mümkün değildir. Ancak eğer ki fırça uzunluğu 1 santimetre ile 30 santimetre arasında, 0.5 santimetrelik adımlarla değişen ve püskül alanı da 1 milimetrekare ile 500 milimetrekare arasında 10 milimetrekarelik adımlarla değişen bir diş fırçasının bile 3000 civarında farklı tasarım kombinasyonu olacaktır. 3000 farklı çeşit diş fırçasını gerçek hayatta üretip ve test edip de her birinin ne kadar başarılı olduğunu tespit etmek anlamsız bir girişim olacaktır.

Buna alternatif bir yöntem, halihazırda üretilmiş diş fırçalarına dair bir market araştırması yapıp, başarı oranlarını söz konusu parametrelerimize bağlı olarak grafiğe dökmek olabilir. Bu durumda, tıpkı fosillerin evrimsel sürece dair sadece kesitler sunabiliyor olması gibi, markette halihazırda var olan ürünler de "diş fırçası" adını verdiğimiz ürün türünün tasarım uzayına dair sadece belli başlı noktaları verebilecektir. Çeşitli hesaplama yöntemleriyle bu noktalar arasındaki boşlukları doldurabilmek mümkün olabilir; fakat bu işlemde de bol miktarda hata payı bulunabilecektir. Bu hata payları, incelenen ürünlerin çeşidi arttıkça azalmaktadır.

Eğer ki Çizgi İzleyen Robot örneğine dönecek olursak... Sadece sensör değerleri ile motor hızı arasındaki bağlantıyla ilgili 2 parametrenin olası tüm kombinasyonlarını denemek, eğer her saniye yeni bir robot üretip bunun gerçek dünyadaki bir çizgi üzerindeki başarısını deneyebilecek olsak bile yaklaşık 147 *trilyon* yılımızı alırdı! Evrenimizin 13.82 milyar yıl yaşında olduğu düşünülecek olursa, böyle bir taramanın imkânsızlığı açıktır. Ki bu son derece basit bir robot... Bir de, Yapay Zekâ gibi sayısız parametrenin iş içinde bulunduğu karmakarışık sistemleri bir düşünün! Muhtemelen katrilyonlarca yıl boyunca deneme, test etme, yanılma ve tekrar deneme yapmamız gerekirdi!

Yine de, çok daha basit sistemler söz konusu olduğunda, bunu yapmak teorik olarak mümkündür. Buna yazılım biliminde *kaba kuvvet yöntemi* denir. En uygun (optimum) olanın, yazılımsal bir anlamda "kaba kuvvetle", yani hiçbir yönlendirilmeye sahip olmayan bir deneme-yanılma yöntemiyle bulunması çabası... Fakat ben bu yöntem üzerinde durmayacağım; çünkü mühendisler aslında biraz da bu nedenle varlar: İmkânsızı, akılcı bir yaklaşım sayesinde başarmak... *Big Bang Theory* isimli meşhur televizyon şovunun meşhur kahramanı Sheldon Cooper'ın, *Charlie'nin Çikolata Fabrikası* isimli kitaba gönderme yaparak ifade ettiği gibi, mühendisler bilimin "Oompa Loompa"ları[15] olsa bile,

15 Roald Dahl tarafından kaleme alınan *Charlie'nin Çikolata Fabrikası* isimli eserde geçen Loompaland içinde bulunan, küçük boya sahip, portakallara takıntı duyan, yeşil saçlı işçilere verilen isimdir.

hiçbir mühendis böylesi bir zamanı kaybetmeyi göze almayacaktır. Mühendislerin sahip olduğu deneyim, gözlem gücü ve teknik bilgi, bu kaba kuvvet yöntemini çok daha akılcı ve hızlı bir hale getirmeyi mümkün kılmaktadır. Bunu yaparken bize yardımcı olacak şey ise temel bilimlerdir!

KABA KUVVETİ DOĞAYLA YENMEK

Pekâlâ... Elimizde neye benzediğini bilmediğimiz bir harita var. Bu harita üzerinde halihazırda nerede olduğumuzu bilmiyoruz, bilsek bile bu bize çok bir anlam ifade etmiyor. Haritanın bir yerlerinde bir (veya birkaç) tepe olduğunu ve o tepeye (veya tepelerden birisine) ulaşmak istediğimizi biliyoruz.[16] O tepeye ulaşabilecek olursak, o tepeye denk gelen parametre kombinasyonlarını kullanarak, çözmeye çalıştığımız problem için var olan en iyi çözümü geliştirebileceğimizi biliyoruz. Ancak olası her türlü kombinasyonu deneyip durmaksızın yanılmak da istemiyoruz. Bunun için fazlasıyla tembel ve üşengeciz. Bir diğer deyişle, haritada kör cahil bir şekilde dolanarak tepeyi bulmayı ummayı istemiyoruz; bundan birazcık daha akılcı ve mâkul bir yöntem geliştirebilmeliyiz!

Bu sorunları ÇİR örneğimize dönüştürecek olursak bunun ne demek olduğunu daha iyi anlayabilirsiniz: Elimizde robotlar var ve bu robotların çizgi izlemeyi başarabilecek donanımları var. Ancak bu donanımı yönlendirecek olan yazılımın detaylarını (parametrelerini) kendimiz belirlemek istemiyoruz. Hatta "çizgi izleme işi nasıl yapılır", bunu bile robotlarımıza tanıtmak istemiyoruz! Robotlarımızın "çizgi izleme" görevini, biz tüm detaylarını elle programlamadan da başarmalarını istiyoruz. Ancak bunu yaparken, her olası parametre kombinasyonunu deneyerek zaman kaybetmek istemiyoruz. Buna rağmen, yönlendirilmiş veya akılcı da olsa tüm bu denemelerin otomatik olarak, kendiliğinden gerçekleşmesini istiyoruz. Daha şimdiden *"İyi ama neden bunları yapmak istiyorsun be adam, doğru düzgün mühendisliğini yapıp robotunun yazılımını tasarlasana!"* diye içiniz içinizi yiyor olabilir. Birazcık sabredin lütfen; az sonra tüm bunları neden yapmaya çalıştığımı çok daha iyi anlayacaksınız. Tüm detaylarını sizlere anlatacağım. Şu anda sizi bu yaklaşıma ısındırmaya çalışıyorum sadece...

Peki, kendi kendine ortaya çıkan çözümlere dönelim... Tüm bunları isterken çok mu şey istiyorum? Eh, belki. Ama üstesinden gelemeyeceğimiz bir şey değil. Çünkü hiçbir zekâya sahip olmayan doğa bile bu sorunun üstesinden ustalıkla gelmeyi başarmıştır. Bir düşünün: Doğadaki sayısız canlı ve onların her birinin özellikleri, hiçbir bilinç kontrolü olmaksızın ortaya çıkabilmiştir. Üstelik bu süreç kör bir deneme-yanılmanın ve salt tesadüflerin ürünü de değildir, bunu önceki bölümlerde öğrendik. Dolayısıyla bizim de tıpkı doğada olduğu gibi otomatik bir şekilde süregelen, kendini tekrar eden, doğal bir

16 Aslında teknik olarak bu haritalarda bir tepenin olduğu bile garanti edilemez; ancak işimizi kolaylaştırmak adına şimdilik bir yerlerde büyük bir tepe olduğunu varsayalım.

"arama ve bulma" yöntemine ihtiyacımız var. Bunu geliştirmek için de doğaya bakmak, doğadan öğrenmek durumundayız. Sonuçta işlevsel, verimli, heyecan verici ürünler yaratmak söz konusu olduğunda, herhangi bir güç doğanın eline su dökebilir mi? Bu durumda ilhamlarımızı doğadan almanın isabetli bir karar olacağı aşikardır. Peki bunu nasıl yapacağız?

Bu çok kolay bir iş değil; ama gelin hep birlikte bir deneyelim: Öncelikle, haritanın neye benzediğini ve halihazırda var olan tasarımların bu harita üzerinde nerede olduğunu tam olarak bilmediğimiz için (bilsek bile, bu veriler devasa ve detayları bilinmeyen bir tasarım uzayında pek bir anlam ifade etmediği için), rastgele seçilmiş parametre değerleri ve kombinasyonları ile yola çıkabiliriz. Eğer istenirse, halihazırda elde bulunan tasarımların parametre değerleriyle (örneğin şu anda piyasada bulunan en başarılı diş fırçası ürününün uzunluğu ve püskül miktarından) yola çıkmak da mümkündür. Fakat eğer ki elde hiçbir ürün yoksa, mecburen rastgele bir başlangıç yapmak gerekmektedir. Başlangıçta yapacağımız bu rastgele parametre seçimi bizi, neye benzediğini bilmediğimiz harita üzerinde bir noktaya rastgele bir şekilde yerleştirecektir. Dolayısıyla rastgele de olsa, artık en azından bir başlangıç noktamız bulunmaktadır.

Şimdi, yeri gelmişken, robotik ile biyoloji arasındaki köprüleri de inşa etmeye (veya var olanları ortaya koymaya ve güçlendirmeye başlayalım). Diyelim ki robotumuz için seçeceğimiz parametreler, belli bir anda, belli bir sensörün çizgiyi görmesine bağlı olarak robotun ne yöne gideceğini belirleyen değerler olsun. Örneğin soldan ikinci sensör çizginin tam üzerindeyse, robot sola doğru belli bir hızda dönecek şekilde motorlarını çalıştırsın. İşte bu dönüş yönü, dönüş miktarı, dönüş hızı gibi unsurlar hep bu seçeceğimiz parametrelere ve bunların değerlerine bağlı olarak belirlenmektedir. Yani eğer ki bir lise öğrencisi bu parametreyi belirleyecek olsaydı, 8 sensörden soldan ikincisinin aktive olması (çizgiyi görmesi) durumunda, robotun çizgiden kayarak çıkmak üzere olduğunu düşünür ve robotun sola dönmesi gerektiğini bilirdi. Bu nedenle bu sensörün aktive olması durumunda motorların tam olarak nasıl çalışması gerektiğini kodlayabilirdi. Ancak işte bizim istediğimiz de tam olarak bu kararların "kendiliğinden" alınması; çünkü başta sorduğum soruları hatırlayın: Sensör-motor bağlantılarına ne tip değerler vereceğiz, bunlar arasında nasıl bir dağılım olacak, dıştaki sensörler daha mı önemsiz olacak, önemsiz olacaksa ne kadar önemsiz olacak? Eğer ki hiç mühendislikle ya da kişisel projelerle ilgilendiyseniz, bu tip kararların detaylıca alınması gerektiğini bilirsiniz. Fakat biz, bunların kararını almak istemiyoruz. Bu parametrelerin her birinin "otomatik olarak" belirlenmesini istiyoruz. Çünkü unutmayın! Bir ÇİR için bu kararlar kısmen kolayca alınabilecek olsa da, bir Mars keşif aracının parametrelerini belirlemek o kadar kolay olmayabilir. Bu durumda "otomatik karar alma" yöntemleri çok büyük avantaj sağlamaktadır. Bizim diş fırçası ya da ÇİR örneklerinden gitmemizin tek sebebinin kolay bir anlatım sağlayabilmek olduğunu lütfen unutmayın. Aslen bu metotları uygulayacağımız ve parametrelerini oto-

matik olarak belirleyeceğimiz sistemler, bir diş fırçası ya da basit bir robottan çok ama çok daha karmaşık olacaktır.

Burada önemli olansa, söz konusu parametrelerin vücudumuzdaki *genler* gibi olmasıdır. Robotun fiziksel özelliklerinin zaten bize verildiğinden bahsetmiştik.[17] Robotun fiziksel özelliklerini canlıların "fenotip" denen fiziksel özellikleri gibi düşünebilirsiniz. Bu fenotipin bir parçası olan davranışların nasıl ortaya çıkıp icra edileceğini ise genler (ya da "genotip") belirleyecektir. Daha önceki bölümlerde de gördüğümüz üzere genlerimiz; bizlerin fiziksel, kimyasal ve davranışsal özelliklerine karar verir. Benzer şekilde ürünlerimizin parametreleri de onların özelliklerini belirler. Eğer ki söz konusu bir robotsa ve ele aldığımız parametreler sensör-motor bağlantılarıysa, bu "genler", robotların belli koşullar altında nasıl hareket edeceklerini belirlemektedir diyebiliriz. Dolayısıyla bu genler (veya kimi durumda gen setleri), bir robotun belli bir ortamda nasıl davranacağını, çizgiyi nasıl takip edeceğini (veya takip edip etmeyeceğini) belirlemektedir. Bu da, nihai olarak o robotun "çizgi izleme başarısını" belirleyecektir.

Bu parametre değerlerini başlangıçta rastgele seçtiğimizden söz ettim. Ancak 1 tane rastgele kombinasyon seçmek, az önce sözünü ettiğimiz gibi çoğu zaman devasa olan tasarım uzayını yeterince hızlı ve etkili bir şekilde tarayabilmemiz için yeterli değildir. Dolayısıyla, problemin zorluğuna, karmaşıklığına, eldeki sistemin çözülme hızına bağlı olarak 5, 10, 20, 100, 1000 farklı rastgele noktayla yola çıkmamız mümkündür. İşi basit tutmak adına, başlangıçta 20 farklı noktayla başladığımızı varsayalım. Rastgele seçilmiş 20 başlangıç noktası, çoğu karmaşık problem için tasarım uzayını yeterince iyi bir şekilde kapsamaya yetmektedir. Bu nedenle biz de rastgele seçilmiş 20 nokta ile başlayalım.

Bu başlangıç noktalarının her biri belli bir parametre kombinasyonuna denk gelmektedir. Bunu, elinize bir dünya haritası alıp da rastgele yatay ve düşey koordinatlar belirleyip 20 nokta seçmeniz gibi düşünebilirsiniz! Biri Ankara'ya denk gelecek mesela, biri Zimbabwe'nin Harare'ye, bir diğeri Moskova'ya, bir diğeri Avusturalya'da Sidney'e... Benzer şekilde, rastgele bir biçimde seçtiğimiz 20 nokta bizim "haritamız" olan tasarım uzayımıza dağılmıştır. Her birinin başlangıçta farklı "genleri", yani parametre kombinasyonları (x ve y ekseni değerleri) vardır. Dolayısıyla her biri, test edilmek için üzerine koyuldukları belirli bir çizgide bambaşka davranışlar sergileyeceklerdir.

İşte her biri ayrı özelliklere sahip olan, her biri ayrı genler taşıyan bu başlangıç noktalarının (ya da kombinasyonların) her birine *birey* demekteyiz. Her bir birey, kendisine özgü davranışlara sahip bir varlıktır. Bu bireyler, bir araya gelerek bir *popülasyon* oluştururlar. ÇİR örneğindeki popülasyonumuz başlangıçta 20 bireyden oluşmaktadır. Tıpkı insan popülasyonlarındaki bireylerin arasında

17 Aslında teknik olarak fiziksel özellikleri de "otomatik olarak" belirleyen simülasyonlar yaratabilir ve bunların bile kendiliğinden ortaya çıkmasını sağlayabiliriz. Ancak onu anlaması birazcık daha zor olduğu için, şimdilik donanımın bize verildiğini, yazılımın ise kendiliğinden ortaya çıkması ve adapte olması gerektiğini varsayalım.

farklar olduğu gibi, bu başlangıçta rastgele seçilen bireyler arasında da farklılıklar bulunmaktadır (çünkü 20 noktanın her biri farklı olacak şekilde, rastgele belirlenmiştir). İşte bu çeşitliliktir.

Pekâlâ, başlangıç bireylerimizi rastgele bir şekilde seçtik. Bu rastgelelikten kasıt, o bireyleri tanımlayacak olan her bir parametrenin (bu örnekte 2 parametreyi değerlendiriyoruz; ancak bu parametrelerin sayısı çok daha fazla olabilir) değerinin rastgele belirlenmesidir. Yani bu örnekte, x ve y ekseni üzerindeki sayı kombinasyonları rastgele seçilmektedir. Ancak tasarım uzayı haritasının detaylarını önceden (*a priori* olarak) bilmediğimiz için, bu kombinasyonlara denk gelen başarı miktarı da (z-ekseni değerleri) bilinmemektedir (yani dünya haritası örneğimizin aksine, seçtiğimiz değerlerin karşılıklarının ne olduğunu bilemiyoruz). Dolayısıyla şimdi yapmamız gereken, rastgele seçtiğimiz bu 20 bireye ait başarı (uyum) değerlerini tespit etmektir. Böylece o kombinasyonlara denk gelen z-ekseni değerini, yani *uyum başarısını* tespit edebilmemiz mümkün olacaktır.

Bunu yapmanın 2 temel yolu vardır: İlki gerçek dünyada denemeler yaparak, ikincisi ise sanal olarak (simülasyonlar aracılığıyla) denemeler yaparak... İlki, elbette ki daha gerçekçi sonuçlar verecektir; çünkü sonuçta ürettiğimiz ürünlerin gerçek hayattaki performansları bizi ilgilendirmektedir. Ancak gerçek dünyada yapılan testlerle ilgili sorun, genellikle üretim ve test aşamalarının aşırı uzun zaman almasıdır. ÇİR örneğinde, her saniye ayrı bir sensör kombinasyonunun denenmesi durumunda bile trilyonlarca yıl boyunca deneme-yanılma yapılması gerektiğinden söz etmiştim. Buradaki "1 saniye" değeri, aşırı hayalci bir değerdir. Zira çoğu zaman bir robotun üretilmesi saatler, günler, kimi durumda haftalar sürer. Halihazırda var olan bir robotun değerlerinin değiştirilmesi, gerçek dünyadaki bir platformda test edilmeleri, bu testin sonuçlarının alınması, bunların değerlendirilmesi ve kaydedilmesi (tüm hatalar ve yanlış denemeler göz ardı edilse bile) 1 saniyeden çok daha uzun zaman alacaktır! Bu durumda, gerçek hayattan gerçek sonuçlar alacak olsak bile, gerçek hayatta testler yapmaya çalışmak çoğu durumda hayal kurmak olacaktır.

Bu durumda başvurabileceğimiz en akılcı yöntem, geliştirmek istediğimiz sistemi dijital olarak modellemektir (simüle etmektir). Çünkü bilgisayarlarımızın işlem gücü aşırı yüksektir ve saniyede binlerce deneme yapabilirler! Tam da ihtiyacımız olan şey! Ancak şu dezavantajı unutmayın: Bilimde ve teknolojide inşa ettiğimiz her bir model ve her bir simülasyon, gerçek sistemin kötü birer kopyasıdır. Neredeyse hiçbir simülasyon, gerçek sistemin birebir kopyası olamaz; gerçeğe nazaran mutlaka daha kötü olacaktır. Bunun sebebi, simülasyonları geliştirirken gerçek hayattan sapmamıza neden olan birçok varsayımda bulunuyor olmamızdır (örneğin bir çizgi izleyen robotu modellerken, sürtünme ya da dış kaynaklı ışıkların sensörler üzerindeki etkisini göz ardı edebiliriz). Bu varsayımlar, simülasyonların gerçek hayattaki testlerden çok daha basit olmasını ve çok daha hızlı tekrarlanmasını sağlar; ancak elde edilen verilerin kalitesini de kaçınılmaz olarak düşürür. Buna rağmen iyi hazırlanmış bir simülasyon, ger-

çek hayatta yapılacak testlere çok benzer sonuçlar verebilecektir. Benzer şekilde, başlangıçta kötü olan bir simülasyon da akılcı ve doğru varsayımlarla (veya aşırı basitleştirici varsayımların akıllıca ortadan kaldırılmasıyla) çok daha gerçekçi hale getirilebilir. Bu geliştirilebilir olma özellikleri nedeniyle simülasyonlar bilim insanları ve mühendisler tarafından sıklıkla tercih edilirler.

Bu süreci ister simülasyon ile, ister gerçek hayattaki denemelerle yürütüyor olun, yapmanız gereken ilk şey, her bir bireyin uyum başarısını (başarı miktarını) *nasıl* ölçeceğinizin belirlenmesidir. Yani x ve y eksenlerindeki başlangıçta rastgele belirlenmiş değerlerin z-eksenindeki karşılıklarını nasıl belirleyeceğiz? İşte bu işleme, *uyum fonksiyonu belirleme* adı verilir. Bu süreçte x-y düzlemini z-eksenine haritalayan bir fonksiyon geliştirilir. Örneğin, çizgi izleyen bir robotta kullanabileceğiniz fonksiyon, robotun çizgi üzerinde kalma süresi, çizgiyi kaybetmeden ve ona verilen adım sayısına ulaşmadan çizginin ne kadarlık bir bölümünü takip edebildiği, rotasının düzgünlüğü (sağa sola savrulmayışı) ve çizgi üzerinde ilerleme hızı gibi faktörlerden oluşabilir.

Fark edebileceğiniz gibi, her bir ürünün *uyum fonksiyonu* birbirinden farklı olacaktır. Dahası, tek bir sorun/ürün bile birden fazla fonksiyonla test edilebilir. Örneğin, ÇİR deneyinde az önce sözünü ettiğim fonksiyon parçalarının (hız, rota, vb.) bazılarını kullanıp, bazılarını kullanmamayı seçebilirsiniz. Buna bağlı olarak, "başarı" olarak tanımladığınız şeyin ne olduğu değişecektir. Ne tür davranışlara daha fazla değer verdiğinize karar vererek, bu fonksiyonu değiştirebilir ve geliştirebilirsiniz. Ancak ne olursa olsun yapmanız gereken, elde etmeye çalıştığınız ürünün ne tip özelliklere (davranışlara, fiziksel özelliklere, vs.) sahip olmasını istediğinizi *kabaca* ve *yüzeysel* bile olsa belirlemektir. "Kabaca" ve "yüzeysel" sözcükleri bizim için önemlidir; çünkü az sonra göreceğimiz üzere, uyum fonksiyonunun bu şekilde belirlense bile başarılı sonuçlar elde edebiliyor olmamız, bu yöntemin ana başarısı ve kilit noktası olacaktır. Zaten tam olarak bu nedenle, bu yöntemi geleneksel mühendislik yöntemlerine tercih etmekteyiz. Bunlara az sonra döneceğiz.

Bu uyum fonksiyonunu belirledikten sonra yapmanız gereken şey, elinizdeki başlangıçta rastgele belirlenmiş kombinasyonları, belirlediğiniz ortamda (sanal, gerçek veya her ikisi de) test etmek ve her bir bireyin uyum başarısına bakmaktır. Aklınıza takılabilir: *"İyi de, hani kaba kuvvet yapmıyorduk? Gene tek tek deniyorsun?"* diye düşünüyor olabilirsiniz. Evet, bu yöntemde de tıpkı kaba kuvvet yöntemlerinde olduğu gibi deneme-yanılma vardır; ancak milyonlarca kombinasyonu denemek yerine, sadece 20 kombinasyonu denediğimize dikkatinizi çekmek istiyorum.

ÇİR örneğinde uyum başarısı testi, herhangi bir çizgi üzerinde robotları test ederek yapılır. Örneğin, gerçek hayatta veya simülasyon içinde çizdiğiniz bir yol üzerine robotları yerleştirerek hareketlerini gözleyebilirsiniz. Her bir birey, kendisine verilen genlere bağlı olarak bu çizgi üzerinde çeşitli davranışlar sergileyecektir. Her bir bireyin "doğumundan" (çizginin başlangıcına bırakıl-

dığı andan), "ölümüne" (çizgiyi kaybettiği ya da hedefe ulaştığı ana) kadar olan başarısı, belirlediğiniz uyum fonksiyonu tarafından hesaplanacak ve kaydedilecektir. Örneğin çizgi üzerinde daha uzun kalabilen, daha uzağa ulaşabilen, hedefe sağa sola savrulmadan ulaşabilenlerin uyum başarısı da daha yüksek bir değere sahip olacaktır. Çünkü uyum fonksiyonumuz, çizgi üzerinde ne kadar hızla yol alınabildiğine ve ne kadar yol kat edilebildiğine göre belirlenmiştir! İşte bu analiz sonucunda elde edilen uyum değerinin yüksekliği, haritamız üzerindeki z-ekseni değerlerine denk gelmektedir. Yani denediğimiz bir gen kombinasyonunun robotlarda yüksek bir uyum başarısıyla sonuçlanıyor olması, tümünü göremediğimiz haritamız üzerinde tepelere yakın olduğumuzu göstermektedir. Bizim istediğimiz de tam olarak budur! Çünkü rastgele denediğimiz o kombinasyon, gerçekten de işe yarar çözümler vermektedir. Ancak en iyi sonucu değil! Henüz... Buna az sonra geleceğiz.

TÜM BUNLARI NEDEN YAPIYORUZ?

Aslında yolun henüz yarısındayız. Henüz süreci ve konuyu anlatmayı bitirmedim. Ancak konunun derinliklerine indikçe dikkatinizin dağıldığını ve takip etmenin zorlaştığını varsayarak, burada bir parantez açarak tüm bunları neler yaptığımızı anlatmak istiyorum.

Buraya kadar anlattıklarım size bir miktar karmaşık, hatta gereksiz gelmiş olabilir. Çünkü hayatınızda bir kere olsun bir mühendislik belgeseli izlemiş, bir marangozun yanında bulunmuş, bir aleti kendi başınıza tamir etmişseniz bilirsiniz ki hiçbir tasarım ve üretim süreci burada anlattığımız gibi işlemez. Sadece küçük ev eşyaları da değil, koskoca uçakların, arabaların, tankların tasarımı bile, her ne kadar karmakarışık olursa olsun bu anlattığımız "parametreler", "genler", "rastgele başlangıç noktaları", vb. süreçlerden geçerek üretilmez. Eğer ki mühendisliğe veya teknisyenliğe dair en ufak bir fikriniz varsa bilirsiniz ki, her bir mühendislik ürünü, titiz düşünme ve hesaplama süreçlerinin, insanlar tarafından akıllıca geliştirilen yöntemlerin ve net bir şekilde tanımlanabilen üretim basamaklarının bir sonucu olarak doğmaktadır. Hal böyleyken, bunca sayfa boyunca anlattığımız zırva da ne ola?

Tasarım, son derece yanıltıcı bir illüzyondur. Tasarım, bir yanılgıdır, bir numaradır, bir hileden, bir akıl durgunluğundan kaynaklanır. Evren içinde hiçbir ürün ama hiçbir ürün "tasarlanmaz". En azından eğer ki "tasarım" sözcüğünü "bir ürünü sıfırdan, birdenbire, yoktan yaratma" olarak kullanıyorsanız, evren içinde tasarım ürünü olan hiçbir cismin bulunmadığını rahatlıkla söyleyebilir, mühendis temelli bir akademisyen olarak bunu açıkça ilan edebilirim.

Bir düşünün... Teknolojinin ve insanlığın ürettiği, doğanın ve evrenin yarattığı hangi ürün sıfırdan yaratılmış, birdenbire var oluvermiştir?[18] Evrenin zaman

18 Kuantum kozmolojisine dair araştırmalarımız henüz net sonuçlar vermediği için, bu tartışma-

ve mekân sınırları dahilindeki hangi karmaşık ürün, yokluktan varlığa bir anda gelivermiştir? Öncülsüz ve benzersiz olacak biçimde ürettiğimiz (ya da doğanın ürettiği) herhangi bir cisim var mıdır? İnsan endüstrisinin en temel ürünlerinden biri olan "kap kacak" bile, bir gölün çukurluğu sayesinde sıvıları içinde tutmasına benzer bir şekilde, ondan esinlenerek üretilen yaratımdır. Üstelik kap kacağın bildiğimiz hallerinin üretilebilmesi için atalarımızın milyonlarca değişik tasarımı deneyip, yanılıp, geliştirip, tekrar deneyip, tekrar denemesi ve bu deneme-yanılma sürecini on binlerce yıl boyunca sürdürmesi gerekmiştir. Göz kamaştırıcı bir savaş uçağı, kendisinden önce gelen yüzlerce, binlerce modelin ve denemenin ayıklanması, ufak farklılıklardan en uygunlarının seçilerek geliştirilmesi sonucunda yaratılmıştır. Son model bir spor araba ve onun ortaya çıkış süreci, bir at arabasından, atın ehlileştirilmesinden, tekerleğin icadından bağımsız düşünülebilir mi? Bir denizaltına bakıp da, sucul hayvanların vücut planlarının ve evrimsel tarihlerinin izlerini net bir şekilde görmemek mümkün müdür? Eğer ki kuşlar olmasa uçmayı, onların uçuşundan ilham almasak yolcu uçaklarını, yolcu uçakları olmasa uyduları, uydular olmasa Ay'a ayak basmayı becerebilir, Mars'a koloniler inşa etmeyi hayal edebilir miydik?

Doğadaki her ürün, ister insan üretimi olsun, ister doğal süreçlerin bir sonucu, mutlaka ama mutlaka kendisinden önce gelen bir şeylerin devamlılığı olmak zorundadır. Bunu, doğanın kendi yarattığı ürünlerde çok net bir şekilde görebiliyoruz. Söz konusu insan yaratımı nesneler olduğunda bunu görmesi birazcık daha zorlaşıyor; çünkü o üretimin tarihinden bihaberiz. Sadece son ürünü kullanıyoruz. O ürün nasıl tasarlanıyor, son asırda o ürünün ne tip atalarını kullandık, vs. sorular üzerinde kafa yormuyoruz. Ancak kısa bir beyin fırtınası bile, aradığımız cevapları bulmamızı sağlıyor. İşte bu kısımda yapmak istediğim açıklama, dikkatinizi çekmek istediğim nokta, insan yapımı olan ürünlerde bu "sürerlik olgusunu" görmenin zorluğunun nedenleri...

Eğer ki zihninizi yeterince zorlayacak olursanız, kendisinden önce hiçbir benzeri olmayan aletleri icat ettiğimize dair bir izlenime kapılabilirsiniz. Mikroskobu veya teleskobu ele alalım... Manly P. Hall'ın da söylediği gibi, *"Mikroskop insana ne kadar önemli olduğunu gösterdi; teleskop ise ne kadar önemsiz olduğunu..."* Bu iki icat da bizim farklı boyutlara açılan kapılarımız gibidir. Mikroskobik dünyaya bakarak kendimizin ne kadar büyük ve karmaşık olduğunu anladık; ancak teleskobu kullanarak astronomik mesafeler karşısında ne kadar önemsiz, sıradan ve bayağı olduğumuzu öğrendik. Mikroskop ve teleskop gibi ürünler, insan aklının eşsiz birer ürünleri olarak gözükürler. Belki gerçekten de öyledirler; ancak gözlerimizin çalışma prensibinin mikroskop ile teleskobun çalışma prensibinden pek bir farkı var mıdır? Sonuçta her ikisi de ışığı belli bir miktarda kırıp, belli bir noktada odaklayarak görüntü yaratmaya dayanmaz mı? Evet, gözlerimiz ile teleskop-mikroskop ikilisini birebir kıyaslamak pek mümkün olmayabilir. Ancak zaten parmak basmak istediğim nokta da tam olarak budur.

---

da evrenin kendisinin var oluşuna dair soru işaretleri şimdilik göz ardı edilmektedir.

Sanılanın aksine insan mühendisliği, doğanın sürerliğinden bağımsız değildir. Ancak doğada bu sürerlik *devamlı* iken, insan zihni bu sürerlik düzleminde *sıçramalar* yapabilir. Örneğin göz, kendisinden önce gelen daha ilkel yapılar olmaksızın asla var olamaz. Yeryüzündeki hiçbir organ, hiçbir yapı, hiçbir doku, en karmaşık ve son haliyle birdenbire var olmamıştır! Evrim olmaksızın bir gözün ortaya çıkışından bahsetmemiz imkânsızdır. Kuşların kanatları, ataları olan dinozorların uzuvları olmaksızın asla var olamazdı. Bu yapılar arasındaki geçiş son derece yumuşak, son derece kademelidir. Eğer bir zaman makinemiz olsaydı, geriye doğru nesil nesil gittiğimizde, bu yapıların kademe kademe, çok ufak birikimler sonucunda değiştiğini bir film şeridi gibi görmemiz mümkün olurdu. Ancak bir zaman makinemiz yok. Bunun yerine fosil kayıtlarımız ve genleri okuma becerimiz var. Bir dizi fosile baktığımızda ya da genlerin değişimlerini tarihte geriye doğru takip ettiğimizde, söz konusu film şeridinin kesitlerini görüyoruz. Akıllı ve deneyimli bilim insanları olarak, bu film şeridi kesitlerini bir araya getirebiliyor ve onların anlattığı hikâyeleri dinleyebiliyoruz. Bu sayede biliyoruz ki, o film şeridindeki kesitlerin arasını doldurabilecek olsak, kesintisiz bir değişim süreci gözlerimiz önünde ortaya çıkacaktır.

İnsanların geliştirdiği mühendislik de, bir fosilden diğer fosile sıçrayarak tasarım uzayında belirli bir yöne doğru gitmek gibidir. Umulan, daha başarılı tasarımlara doğru gidildiğidir – ki bu genellikle doğrudur. Fosiller bize geriye doğru sıçramalar yapmamızı sağlar, geçmişimizi aydınlatır. Mühendislik ürünleri ise, ürün/tasarım evreni dediğimiz, akla hayale gelebilecek her türlü ürünü içinde barındıran hayali bir evrende, bir noktadan diğerine sıçrayarak gitmemizi sağlar.

Az önceki ÇİR ya da diş fırçası örneğimizde çeşitli parametreler seçmemiz ve bu parametreleri sınırlandırmamız gerektiğini hatırlıyor musunuz? İşte bunun nedeni, tasarım evreni içerisinde "çizgi izleyen robot" ya da "diş fırçası"na karşılık gelen bölgeye odaklanmaktı. Çünkü tüm tasarım evrenini analiz etmemiz imkânsızdır; bu, uçsuz bucaksız bir evrendir ve aklınıza gelebilecek (ve hatta gelemeyecek) her fiziksel ürünü içerisinde barındırır!

İlkin bir primattan bir insana gelene kadar geçen süreçte gördüğümüzün aksine, bir buharlı gemiden bir nükleer denizaltıya ulaşmak için arada üretilen her bir geminin tasarımları arasında çok da ufak farklar barındırması gerekmez. Tam tersine, büyük sıçramalarla birinden diğerine ulaşmak mümkün olabilir. Benzer şekilde, Wright Kardeşler'in ürettikleri uçak ile bir F-22 Raptor jet uçağı arasında üretilen her uçak, kendisinden önce ve sonra gelenler arasında çok yumuşak bir geçiş göstermek zorunda değildir. Çünkü biz mühendisler, tasarımlar arasında kısa soluklu da olsa sıçrayışlar yapabiliriz.

Burada çok ilginç bir gerçekle karşılaşmaktayız: Evrimsel biyolojiye yöneltilen zayıf argümanlar arasında sıklıkla *"Bir gemi kaptansız, bir köy muhtarsız olabilir mi, Mona Lisa tablosu kendiliğinden oluşabilir mi, zeki olmayan maymunlar Hamlet'i yazabilir mi, bir hurdalığa giren bir fırtına rastgele bir*

şekilde ortalığı dağıtarak ortaya bir Boeing 747 çıkarabilir mi?" gibi sorular bulunmaktadır. Bu soruların genel hatası, organik ile inorganik yapılı sistemlere dair temel bilgilerin bilinmiyor oluşudur. Zira bir Boeing 747'yi oluşturan parçalar inorganik yapılıdır. Dolayısıyla organik kimyanın özelliklerine sahip değillerdir. Organik yapılı süreçlerde süreklilik daha belirgindir. Çünkü organik yapılarda iki nesil arasında fiziksel bir bağlantı vardır: Ebeveynler, yavruları bizzat üretirler. İnorganik evrende ise ürünler arasında sıçrama vardır: Bir uçak modeli, bir sonraki uçak modelini üretmez. Olsa olsa, onu üreteceklere ilham olur, hepsi bu. İşte canlılığın sürekliliği organik yapılı olmasından, cansızlığın kesintili doğası ise inorganik yapılı olmasından ileri gelmektedir.

Evrimsel algoritmalara baktığımızda ise, halk arasındaki evrimsel biyoloji tartışmalarının diğer boyutuyla karşılaşıyoruz: İnorganik yapılı olmak, büyük sıçramaları mümkün kılmaktadır. Bu sıçralamarı başarabilecek bir tür olan insanlık da, tasarım evreni içinde bir noktadan diğerine sıçramayı başarmaktadır. Ancak organik yapılı sistemlerde bu sıçramalar pek de kolay değildir; bu nedenle gen manipülasyon teknolojilerimiz, yapay uzuv üretim yöntemlerimiz genel mühendislik becerilerimizin halen gerisinde kalmaktadır. Yani organik-inorganik yapılar arasındaki farklılıklar sadece evrimsel biyolojinin açıklama gücünü gözler önüne sermekle kalmamaktadır; aynı zamanda evrimsel algoritmalar gibi yöntemlerin özünde yatan sıçramalı tasarım kavramını da açıklayabilmektedir.

Yine de, saydığım uçakların, gemilerin, vb. diğer teknolojik ürünlerin ataları ile torunları arasındaki her teknoloji ürününü yan yana koyacak olursanız, kısmen yumuşak bir geçişi gözlemeniz mümkündür. Bunun en güzel örneklerini cep telefonları ve akıllı telefonlarda görmekteyiz. Çoğu zaman telefon modelleri arasındaki geçişler son derece yumuşaktır ve kendisinden önce gelen ile sonra gelen arasında net bir köprü kurabilmemizi sağlar. Eğer bir markaya bağımlıysanız, son 4-5 modelini bir düşünün. Birinden diğerine olan kademeli geçişi görmediğinizi iddia etmeniz imkânsızdır! Ancak her biri, bir öncekinden biraz daha başarılıdır, biraz daha hızlıdır, biraz daha üstündür, biraz daha *uyumludur*.

İnsan teknolojisinin bu sıçramalar yapabilme özelliği, teknolojiyi "teknoloji" yapan unsurdur. Bir düşünün: Doğada var olan her şey, doğanın teknolojisi olarak düşünülebilir. Ancak bu teknolojinin yaratılması, son derece sancılı ve uzun bir süreçtir. Çünkü doğanın zihni yoktur, öngörülerde bulunamaz, tasarlayamaz, planlayamaz, olacakları tahmin edemez. Elinde belli bir çeşitte malzemeler vardır ve doğa değiştikçe, canlılar da bu değişime ayak uydurma mücadelesi verirler. Canlılık, bu değişime ayak uydurabilenler üzerinden giderek ilerler. Ayak uyduramayanlar ise tarih sahnesinden silinirler. Bu süreç öylesine yavaştır ki, her basamak kendisinden önce ve sonra gelenler arasında yumuşak bir geçiş köprüsü oluşturur. Ancak bu kesintisiz sürecin bakteri-benzeri bir canlıyı insana dönüştürmesi 4 milyar yıl sürmüştür. Dört *milyar* yıl! Bu karmaşıklık düzeyine ulaşmak için doğa, evrenin var olduğu toplam sürenin üçte biri boyunca uğraşmak zorunda kalmıştır!

Bizim bu kadar vaktimiz yok. Eğer ki bir dört milyar yıl daha bekleyecek olsak, Güneş'in gezegenimizi yuttuğu bir evrede yaşıyor olacağız! Dolayısıyla insan zihni, üretim sürecinde sıçramalar yapmayı başarmak zorundadır. Bunu yapabilmemizin tek yolu, evrimsel süreçte gelişen beyinlerimizin geleceğe dair öngörülerde bulunabilmesi, olası sorunları tahmin edebilmesi ve bu sorunlar daha baş göstermeden onları çözecek adımları atabilmesidir. Eğer ki doğaya bu özellikleri *yükleyebilecek* olsak, doğa da kolaylıkla tasarımda sıçramalar yaparak müthiş ilerlemeler kaydedebilecektir.

Tasarım uzayında sıçramalar yapmak ne demektir? Az önce ÇİR üzerinden anlatırken sözünü ettiğim 3 boyutlu düzlemi hatırlıyor musunuz? Tepeler ve çukurlar olan yapıyı? Hatırlayacak olursanız tepeler, belli bir parametre kombinasyonuna bağlı olarak başarılı olan tasarımları simgeliyordu. Çukurlar ise başarısızları... İşte bu uzay içinde, evrimsel süreçte olduğu gibi son derece ufak adımlarla ilerlemek yerine, bir noktadan diğerine büyük bir adım atarak sıçramaya aslında biz günlük dilde "tasarım" demekteyiz. Bunu yapan mesleğe "mühendislik", işi icra edene ise "mühendis" diyoruz. Bir F-80 savaş uçağını tasarlayan bir mühendisin, bir sonraki nesil savaş uçaklarından olan F-86K'yi zihninde canlandırması o kadar da zor değildir. Oradan F-4'e, bundan F-16'ya, oradan F-2000'e, F155-G'ye, F-22 veya F-35'e büyük adımlarla sıçramak çok da zor değildir. Bu, yine de oldukça fazla emek isteyen bir uğraştır; ancak zekâmız bu sıçramaları mümkün kılmaktadır. MIG-29'dan MIG-35'e ulaşmak için aradaki her bir basamak, evrimsel biyolojide gördüğümüz gibi ufacık değişimlerden geçmek zorunda değildir. Mühendis; eğitimi, deneyimi ve hayal gücü sayesinde bu sıçramaları yapabilir. Doğa ise bunu başaramaz. Bir dinozordan bir kuşun evrimleşebilmesi için aradaki her basamağın adım adım, yumuşak ve kademeli bir şekilde geçilmesi gerekir. Bir *Sahelanthropus tchadensis* türü, bir *Homo sapiens*'e aradaki tüm *Australopithecus, Ardipithecus, Kenyanthropus, Homo* türlerinden geçmeksizin evrimleşemez. Doğada bu tür büyük sıçramalar yoktur. Hızlı değişimler? Belki. Ama hızlı değişim, mühendislikteki gibi bir büyük sıçrama demek değildir; bunu Jeoloji bölümümüzde ortaya koymuştuk. Hızlı değişim, evrimsel süreçteki o küçük adımların hızlıca atılması demektir. Sıçrama ise bir noktadan diğerine atlamayı gerektirir. Bunu yapabilmek için bir zekâ, bir öngörü gerekir. İşte bu nedenle Arkeoloji bölümünde de sıklıkla tekrar ettiğimiz gibi, doğada eşikler ve sıçramalar bulunmaz! Çünkü doğanın bir zekâsı, bir aklı bulunmamaktadır.

İşte ne zaman ki tasarımlarımız bu öngörüleri yapamayacağımız noktalarda tıkanır, hayal gücümüz bize gitmemiz gereken yönü gösteremez, daha fazlasına, daha uyumlusuna nasıl ulaşacağımızı bilemeyiz, bu noktada mühendisliğin ve "geleneksel mühendislik ve tasarım yöntemlerinin" adımlarından uzaklaşmamız gerekir. İşte tam olarak bu noktada, doğanın izlediği yolu izleyerek, tasarım uzayında ufak adımlar atıp daha iyiye ulaşmaya çalışmamız gerekir. Çünkü elimizde var olan ürünler, o ürünle ilgili tasarım uzayının haritası üzerinde her-

hangi bir noktada olmamızı sağlar. Haritanın detaylarını göremediğimiz için, ne yöne gitmemiz gerektiği hakkında da bir fikrimiz yoktur. Eğer ki deneyim ve teknik bilgilerimiz de ne yöne gitmemiz gerektiğini söyleyemiyorsa, tıkanmışız demektir. Bu nedenle tasarım uzayında eskiden yaptığımız sıçramaları yapamayız. Ancak ufak adımlar atarak, bir o yana, bir bu yana ilerlersek, nihayetinde daha uyumlu tasarımların bulunduğu tepe noktalarına doğru giden bir yol keşfedebiliriz.

İşte bu bölümde anlatmaya çalıştığım evrimsel mühendislik yöntemleri, bu düşünceden yola çıkarak inşa edilmiştir. Türümüz, uzun asırlardır bilimin ve teknolojinin sadece arka bahçesinde oyunlar oynamaktaydı ve bu sınırlı alanda ürünler üretmekteydi. Her şey son derece katı, son derece anlaşılırdı. Hedeflerimiz son derece iyi tanımlanmıştı. Örneğin, ata benzeyen ama attan hızlı, konforlu, güvenli bir araç inşa etmek istedik. Ve yaptık! Arabalar ve trenler... Kuşlar gibi uçmak istedik. Bu hedef, metal bir at inşa etmekten çok daha zordu; ancak kuşları ve onların uçuş biçimlerini inceleyerek öğrendiklerimizi mühendisliğe dönüştürmeye çalıştık. Belki bir kuş kadar başarılı olamadık, ancak ayaklarımızı yerden kesmeyi ve uçarak kıtaları aşmayı başardık. İnsanlara ait bu öncü yaratımlar, geleceğe doğru atılan müthiş adımlardı; ancak ulaşım araçlarının olası bütün tasarımlarını içeren devasa bir tasarım evrenini düşünecek olursak, bu büyük gözüken adımların küçük emeklemelerden öte olmadığı görülecektir. Zaten bu yüzden geleneksel mühendislik yöntemlerimiz uzun bir süredir tıkır tıkır işlemekteydi. Var olan *herhangi* bir çözüm, hiç var olmayan bir çözümden her türlü daha iyiydi! Bu nedenle kendimizi iyi hissediyorduk.

Ancak artık bu çağ kapanmaktadır. Arzularımız, atalarımızın arzularından çok ama çok ötede. Artık daha hızlı veya daha hafif arabalar istemiyoruz. Çevreyi kirletmeyen, akıllı ulaşım araçları istiyoruz – ki bu, başarması çok daha zor bir görev. Uçmak istemiyoruz; Güneş Sistemi'nin içinde ve dışında, hatta galaksimiz sınırlarının ötesinde seyahat etmeyi arzuluyoruz. Mesajlar, aramalar ve özçekimler (selfie) gönderip almamızı sağlayan uydular istemiyoruz. Örneğin, Güneş ve Dünya'nın manyetik alanlarını anlık olarak takip eden, analiz eden, geleceğe dair tahminlerde bulunabilen sistemlerle yörüngemizi donatmak istiyoruz. Ve son olarak... Bize hizmet eden makineler istemiyoruz. Bizim gibi düşünen, kendine has düşünceleri olan, dolayısıyla bizlerden çok daha hızlı ve isabetli bir şekilde bilgiyi işleyebilen, bizim anlamakta güçlük çekeceğimiz, bizi aşan sorunlara çözümler üreten makineler istiyoruz.

Bunların hiçbirini artık büyük adımlar atarak inşa etmemiz mümkün değil. Teknolojimiz, fiziğin sınırlarına dayanmaya başladı. Eskiden her 18 ayda bir 2 katına çıkan bilgisayar işlem gücümüz, transistörlerimizin atomik boyutlara kadar küçülmesi nedeniyle artık o kadar hızlı bir şekilde gelişemiyor. Atomun ötesinde nereye gideceğimiz halen belirsiz. Kuantum bilgisayarlar mümkün mü, bunlara nasıl ulaşacağız, atom altına hükmedebilir miyiz? Bunlar öylesine büyük sorular ki, kolay bir cevap vermenin herhangi bir yolu yok.

Tüm bunları anlaması biraz güç olabilir; ancak umuyorum ki bu kısım, en azından neden evrimsel mühendislik yöntemlerini tercih etmemiz gerektiği konusunu birazcık aydınlatmıştır. *Evrimsel mühendisliğe ihtiyacımız var, çünkü* artık zekâmız bir sonraki adımları kısmen de olsa kolayca görebilmemiz için yeterli değil. Vardığımız nokta; daha sistematik, daha düzenli, daha gelişmiş tasarım ve geliştirme yöntemlerini zorunlu kılıyor. Etrafımızdaki bütün canlılığı yaratmayı başarmış olan evrimden ve evrimsel süreçten daha üstün bir yaratıcı var mı?

Ne yazık ki bu açıklamayı bölümün en başında yapamadım, çünkü tasarım uzayı ve bununla ilişkili diğer konuları anlatmaksızın bunlardan basit bir şekilde bahsetmem çok zor olurdu. Ancak şimdi, konunun temelini bildiğinize göre, umuyorum ki bu yöntemleri neden kullandığımıza dair burada yaptığım anlatım, konunun kafanızda yer etmesine katkı sağlamıştır.

İşte Çizgi İzleyen Robot, teknolojinin sınırlarına ulaştığımızda, o sınırları nasıl zorlayabileceğimizi anlamak amacıyla benim araştırmalarımda kullandığım araçlardan sadece birisi. Normalde bir çizgi izleyeni bu şekilde evrimsel bir yaklaşımla üretmenin hiçbir anlamı yok. Sözünü ettiğim gibi bu robot, genellikle lise, hatta ortaokul öğrencileri tarafından başarıyla inşa edilebilen bir ürün. Ancak ÇİR, benim çalışmalarım ve sizlerin bu konuyu anlayabilmesi için sadece bir araç... Hem bölüm başında izah ettiğim gibi evrimsel ilkeleri genişletmek amacıyla; hem de sizlere konuyu aktarabilmek amacıyla basit bir örnek olarak seçtiğim bir araç... Asıl amaç ise, bu robotlardan öğrendiklerimizi genişleterek bilim ve teknolojide evrimin yerini anlamaktır. Eğer ki evrimsel bir yaklaşımla, insanların zekâları, mühendislik bilgileri, tasarım becerilerini alt edebilen çizgi izleyenler üretebilirsek, belki insanı alt edebilecek yapay zekâ gibi uç teknolojileri yaratmak adına bir umudumuz olabilir.

Yani bu bölümün amacı, size sadece evrimsel biyolojinin mühendislik gibi alakasız gözüken bir bilim dalı üzerindeki etkilerini anlatmak değil; aynı zamanda bu bölüme kadar anlattığımız her şeyin bir araya gelerek, geleceğimize nasıl yön verebileceği ile ilgili kafanızda soru işaretleri uyandırmak, sizleri heyecanlandırmak ve yeni fikirlere yelken açmanızı sağlamak. Umuyorum ki bu noktaya kadar başarılı olabilmişimdir.

MAKİNELERİN YÜKSELİŞİ: ROBOTLARIN EVRİMİ

Eğer ki neden böyle bir işle uğraştığımızı ve evrimin gerçekten de teknolojimize yön verdiği gerçeğini en azından birazcık anladıysak, evrimsel tasarımları nasıl gerçekleştirdiğimizi anlatmaya devam etmek istiyorum.

Hatırlayacak olursanız en son, tasarım uzayını taramak adına rastgele 20 birey oluşturmuştuk. Bu bireyleri oluşturmak için, söz konusu 2 parametrenin (bunların ne olduğu çok önemli değil; robot hareketlerini etkileyen unsurlar

olduğunu bilmeniz yeterli) değerlerini, bir başlangıç yapabilmek amacıyla rastgele bir şekilde seçmiştik (zaten bireylerin rastgele seçildiğini söyleme nedenimiz, bu parametre değerlerinin rastgele belirlenmesidir). Sonrasında, bu rastgele belirlenen bireylerin başarı düzeylerini belirlemek için bir uyum fonksiyonu geliştirmemiz gerektiğini anlatmıştım.

Diyelim ki uyum fonksiyonumuz, çizgi üzerinde gidilen mesafe miktarı ve bu mesafenin ne kadar hızlı kat edildiğinin bir bileşiminden oluşsun. Aslında bu fonksiyon matematiksel olarak ifade edilmektedir ve her bir bireyin ömrü boyunca toplayabildiği uyum başarısı miktarını hesaplamak için kullanılır; ancak buraya denklemler yazarak konuyu daha da karıştırmak istemiyorum. Bilmeniz gereken, uyum fonksiyonumuzun çizgi üzerinde en uzağa, en hızlı şekilde ulaşabilenlere en fazla puanı vererek onları "en başarılı" kıldığıdır. İşte bu noktada yapmamız gereken, başlangıçta rastgele belirlediğimiz her bir bireyi, belli bir çizgi üzerinde test ederek nasıl davrandıklarını gözlemektir. Simülasyonlar bunu otomatik olarak yapabilirler ve hangi birey, ne kadar uzağa, ne kadar hızlı gittiyse ona bağlı olarak bir *uyum başarısı değeri* (İng: fitness) belirleyebilirler. Tabii ki bu sayı, bizler tarafından belirlenen uyum başarısı fonksiyonuna göre hesaplanacaktır. Fonksiyonu değiştirecek olursanız, aldığınız değerler de değişecektir. Fakat önemli olan, popülasyon içindeki bireylerin birbirlerine nazaran başarılarıdır. Çünkü uyumluları uyumsuzlardan bu şekilde ayıklayacağız. Bu sayı, aynı zamanda o parametre kombinasyonunun z-ekseni üzerindeki uyum miktarı olacaktır.

Bu evrimsel yaklaşımı, geleneksel yöntemlerden ayıran da tam olarak budur. Geleneksel yöntemlerde, inşa etmek istediğimiz sistemin her bir detayını öngörmemiz ya da tahmin etmemiz gerekir. Bu yöntemleri son derece isabetli kılan budur. Bu sayede arabalarımız, uçaklarımız, trenlerimiz, telefonlarımız tıkır tıkır çalışmaktadır. Fakat işler karmaşıklaşıp, bu detayları öngörmek zorlaştıkça, geleneksel yöntemleri uygulamak da zorlaşır, hatta yer yer imkânsızlaşır. Bu tür durumlarda evrimsel yaklaşımı avantajlı kılan, söz konusu uyum başarısı fonksiyonunun %100 belirliliğe sahip olması gerekmeyişidir. Eğer ki üretmek istediğiniz ya da geliştirmek istediğiniz ürünün *kabaca* ve *yüzeysel olarak* bile olsa ne yapması gerektiğini biliyorsanız ve buna dair çok detaylı olmasa da bir formül geliştirmeyi başarabilirseniz, evrim gerisini halledecek ve ürünlerinizin giderek o istediğiniz hedefe ulaşmasını sağlayacaktır. Dediğim gibi bu, çoğu zaman bilgisayar simülasyonları üzerinden yapılır ve simülasyonların ortaya çıkardığı tasarımlar, gerçek hayatta üretilerek başarıları test edilir. Peki, simülasyon bile olsa, başlangıçta rastgele seçtiğimiz bireyler nasıl olur da çizgiyi izleyecek şekilde evrimleşebilirler? Hani rastgele genlere sahiplerdir? Aslında bu soruların cevabı, evrimsel biyolojide sıklıkla duyduğumuz *"Evrim tamamen rastgele mi? Her özellik ve her canlı rastgele mi oluştu?"* sorularının da cevabıdır. Şimdi bunun nasıl mümkün olabileceğini görelim:

Başlangıçta seçilen bireylerin genleri rastgele belirleniyorsa, bu bireyleri çizginin en başına koyduğumuzda ne tip davranışlar sergilemesini bekleriz? Evet,

doğru tahmin ettiniz: Tamamen rastgele! Gerçekten de olan budur. İlk 20 bireyi teker teker çizgi üzerine yerleştirip de ne tür bir davranış sergileyeceklerini gözlemleyecek olursanız, göreceğiniz tek şey tamamen aptalca hareketler yapan robot simülasyonları olacaktır! Kendi etraflarında dönerler, çizgiyi takip etmek yerine ondan kaçarlar, ileri gideceklerine geri giderler, çizgi üzerinde dümdüz ilerleyeceklerine sağa sola yalpalarlar, hiç hareket etmeden öylece dururlar ve daha nice, saçma sapan davranış!

Ancak... Ve bu, çok kritik bir "ancak"... Bu 20 bireyden bir ya da iki tanesi, diğer hepsinden bir gıdım da olsa daha fazla ilerleyebilir. Diğer hepsi saçma sapan hareketler yaparken, bu 1-2 tanesi çizgi üzerinde azıcık ileri gidip, sonrasında saçmalarlar. Bu "saçmalama" hareketi ve "çizgiyi nihayetinde yitirme"yi, biyolojik bir organizmanın "ölmesine" benzetebilirsiniz. İlk nesildeki 20 bireyin bu "göreceli olarak iyi" olanlarının yaptıkları hareketler bile halen anlamsızdır ve bizim istediğimizden çok ama çok uzaktır! Fakat önemli olan, bu bireylerin diğerlerinden daha başarılı olduğu gerçeğidir. Sonuçta başarı göreceli bir kavramdır, hele ki evrimsel biyolojide... Önemli olan da tam olarak budur!

Tıpkı doğada olduğu gibi, evrimsel robotikte de bireyler belli bir gen setiyle (parametre değerleriyle) doğarlar, yaşam mücadelesi verirler (var olan genleri çerçevesinde çizgiyi takip etmeye çalışırlar), bu mücadelede belli bir başarıya ulaşırlar (belli bir uyum başarısı değeri alırlar) ve nihayetinde ölürler (çizgiyi kaybederler veya kendilerine tanınan süre boyunca ilerler ve nihayetinde dururlar). Bu döngü içinde bazıları, belirlenen uyum fonksiyonu dahilinde diğerlerine göre birazcık daha iyidir. Bu göreceli iyiliğin sebebi, genlerinin bulunulan ortama (yapılması istenen göreve) *birazcık* daha uyumlu olmasındandır. Ve ilk bölümden beri sözünü ettiğimiz evrimin algoritması, tam da bu popülasyon içi çeşitlilik fikrine dayanır!

Elimizde çeşitlilik vardır; ancak çeşitlilik, daha önceki bölümlerde de izah ettiğimiz gibi, tek başına bir hiçtir! Çeşitliliği seçen bir mekanizma olmadıkça istediğiniz kadar çeşitlilik yaratın, adaptasyon asla gerçekleşemez, evrim yaşanamaz ve türler ortamlarına uyum sağlayamaz. Bu durumda bir seçilim baskısı veya mekanizması inşa etmemiz gerekmektedir.

Bu, oldukça basit bir adımdır. Seçilim baskısını, uyum başarısı değerleri en yüksek olan (örneğin) 4 bireyi seçip, gelecek nesilleri onların genlerine bağlı olarak inşa etme şeklinde kurabiliriz. Böyle bir kuralı sistemimize eklediğimizde, 20 bireyden -örneğin- sadece en iyi 4'ü gelecek nesillere aktarılabilir. Kalan 16'sı elenecek ve yok olacaktır. Tabii onlarla birlikte, onları "kötü" kılan gen kombinasyonları her neyse, onlar da elenecektir. İyi olanlarsa, gelecek nesle aktarılacak ve onların genleri kullanılarak yeni nesiller inşa edilecektir. Böylelikle o bireylerle birlikte genler de yaşamayı sürdürecektir. Unutmayınız ki bu analojide genler, geliştirmek veya optimize etmek istediğimiz ürünlerin parametre değerleriyle eşdeğerdir.

Bu durumda, kötü olanları eler, iyi olanları seçebiliriz. Yani burada yaptığımız, bir önceki nesli ve onların en iyilerini kullanarak yeni bir nesil yaratmaktır. Tabii ki bu örneğimizde sadece 4 birey gelecek nesle aktarıldığı için, popülasyon büyüklüğünü eski sayısına tamamlayabilmek adına 16 yeni birey üretilmelidir.[19] Bu üretim birçok farklı şekilde yapılabilir. Bazı algoritmalarda bu 4 bireyin *kopya*ları (*klon*ları) üretilir; tıpkı eşeysiz üremede olduğu gibi... Bazı diğerlerinde ise daha yaratıcı çözümlere başvurulur. Bu yöntemler arasında, evrimsel biyolojinin ana çeşitlilik kaynağı *mutasyonlar* ve eşeyli üremenin en önemli basamaklarından birisi olan *gen çaprazlanması* bulunmaktadır.

Düşünecek olursanız, bir önceki neslin en iyi olan 4 tanesinin kopyalarını yaratmak basit bir çözümdür; fakat çok da işlevsel değildir. Halihazırda pek de iyi olmayan bireyleri birebir kopyalamanın pek bir anlamı yoktur. Sonuçta onlar diğerlerine göre biraz daha iyidir, evet; ancak ulaşmak istediğimiz hedeften halen çok uzaktayızdır. Bu durumda kopyaları yarattıktan sonra, o bireyleri belirleyen genler üzerinde rastgele ufak tefek değişimler yaratmak akılcı olacaktır. Bu ufak değişimler, genlerin *azıcık* da olsa değişmesine neden olacak, bu sayede detaylarını bilmediğimiz tasarım uzayı içinde birkaç ufak adım da olsa ilerleyebilme imkânımız olacaktır. Çünkü unutmayın: Evrimsel algoritmalarda genler, parametrelere denktir. Parametreler de tasarım uzayı içerisindeki x ve y koordinatlarına... Dolayısıyla mutasyonlar yoluyla genleri birazcık değiştirdiğinizde, aslında x ve y koordinatlarınızı değiştiriyorsunuz demektir. Bu da, tasarım uzayı içerisinde birazcık da olsa hareket etmeye eşdeğerdir.

Yani bu yaptığımız, karanlık bir odada belli bir cismi bulmaya benzer. Ufak adımlar atarak bulunduğumuz ortamı tanımak zorundayızdır. Evrimsel tasarım yöntemlerinde bu adımlar, çeşitlilik içinden *seçilen* bireyler üzerine etki eden mutasyonlar olarak düşünebileceğiniz rastgele değişimlerin ürünüdür. Mutasyonlar popülasyona sürekli olarak, ufak çeşitlilikler eklerler. Bunlar test edilir ve en iyi olanlarının seçilimi uyumu beraberinde getirir.

Dahası, bir önceki nesilde seçtiğimiz ve kısmen daha başarılı olan bireyleri birebir kopyalamak yerine, doğanın da yaptığı gibi "çiftleşme" aracılığıyla yeni yavrular üretmemiz de mümkündür. Robot simülasyonlarının "çiftleşmesi" akılda tuhaf fantezilerin doğmasına neden olabilir. Ancak aslında olan, gen kombinasyonlarının birbiriyle karışmasından ibarettir; hayal gücünüzün size telkin ediyor olabileceğinin aksine çok da heyecan verici bir durum yoktur. Tıpkı eşeyli üremede anne ve babadan gelen genlerin birbirine "karışması" gibi, robotik simülasyon üremesinde de ebeveynlerin genleri birbirine karışarak yavruların ortaya çıkmasını sağlar. Yavrular, anne ve babalarının güçlü taraflarını alabilecek olursa, yeni nesilde ebeveynlerinden daha başarılı bireyler var olabilecektir. İşte bu adım, biyolojideki crossing-over (gen çaprazlanması) olayına benzerdir.

19 Aslında bazı evrimsel algoritma yaklaşımlarında bu popülasyon büyüklüğü nesilden nesile değişiklik gösterebilmekte, artıp azalabilmektedir. Fakat yaygın olarak kullanılan algoritmaların büyük çoğunluğunda popülasyon büyüklüğü hep sabittir. Ben de, anlaması ve anlatması daha kolay olduğu için sabit popülasyon büyüklüğünü kullanan algoritmalar üzerinden gideceğim.

Her nasıl olursa olsun, bir önceki nesilde seçilen en başarılı bireyler ve onların genleri kullanılarak yeni bir nesil yaratılır. Sonrasında, bu yeni neslin her bir bireyinin tekrardan test edilmesi gerekir; çünkü mutasyonlar ve çaprazlanma dolayısıyla genlerde ufak tefek değişimler olmuştur. Bu değişimler, bireylerin çizgi üzerindeki davranışlarını da etkileyecektir. Bu etki rastgeledir ve uyum başarısını arttırabildiği gibi, azaltabilir de. Uyum başarısı fonksiyonumuz sabit kaldığı için, bu bireyler söz konusu fonksiyonda kendilerine özgü yeni değerler alacaklardır. Bir sonraki nesilde yine bu uyum başarısı değerlerinden en başarılı olan 4 tanesi seçilir ve bunların genleri kullanılarak gelecek nesil yaratılır.

Her bir nesilde, her bir birey tekrardan aynı teste tabi tutulduğu için, her nesilde elimize 20 yeni kombinasyon ve 20 yeni z-ekseni değeri (uyum başarısı miktarı) geçmektedir. Bu değerler, yeni gen kombinasyonlarına (x ve y eksenindeki değerlere) karşılık gelen yeni z-ekseni değerleri (uyum başarısı değerleri) olacaktır. Böylece her nesilde yaptığımız, elimizdeki haritayı birazcık daha aydınlatmaktır. Bu, bir nevi bilgisayar oyunlarında "haritayı aydınlatma" işine benzer. Genellikle oyunlardaki haritaların hepsi görünür değildir. Oyuncu çeşitli yolları takip edip, odalara girip çıkarak haritayı "aydınlatmak", yani "keşfetmek" zorundadır. Bizim burada yaptığımız da budur.

Umulan şey, mutasyonlar ve gen çaprazlanması aracılığıyla ebeveynlerine benzer ama onlardan birazcık farklı olacak şekilde üretilen yavruların, ebeveynlerinden de üstün başarı gösterebilmesidir. Bu her zaman başarılamaz; çünkü mutasyon sıklığı, mutasyon etkisinin büyüklüğü, mutasyon tipleri, gen çaprazlanmasın dair kullandığımız strateji, çaprazlanan genlerin uzunluğu gibi birçok evrimsel algoritma parametresi, uyguladığımız bu yöntemin başarısında belirleyici rol oynamaktır. Burada bunların nasıl seçildiğinin tartışmasına girmeyeceğim; çok uzun bir konu ve başlı başına benim doktora tezimin parçalarını içeriyor. Ancak ne olursa olsun, kısmen uygun bir seçim bile en nihayetinde ufak mutasyonlar sonucunda önceki nesillerden daha başarılı bireylerin yaratılmasını mümkün kılacaktır. Uyum fonksiyonu doğru seçildiyse, bu daha iyi tasarımlar evrimin seçilim mekanizması sayesinde seçilecek ve bu bireylerin genleri gelecek nesilleri belirlemekte kullanılacaktır. Böylelikle simüle edilen robot nesilleri geçtikçe, daha uyumlu tasarımlar evrimleşecektir.

Bu süreci tekrar ettiğimizde olan şey, tüm detaylarını bilemediğimiz tasarım uzayı üzerinde, başlangıçta yapılan rastgele dağılım nedeniyle çukur bölgelerde ve civarında olabilecek bireylerin elenmesi, yüksek tepelere daha yakın olan bireylerin hayatta kalması olayıdır. Bu hayatta kalanların yavrularının da, tepelere daha yakın olacak şekilde bir gen kombinasyonuna sahip olması çok olasıdır; çünkü çeşitlilik mekanizmaları genleri toptan değiştirmemekte, sadece ufak değişimler yaratmaktadır. Mutasyonlar ve hemen arkasından gelen seçilim, popülasyonların sürekli olarak daha iyi çözümlere (ürünlere, tasarımlara) doğru evrimleşmesini mümkün kılmaktadır.

Fark edilmesi gereken bir diğer önemli gerçek, seçilimin olaya dahil olması nedeniyle, ilk nesilde yaratmak zorunda kaldığımız rastgeleliğin ortadan kalktığıdır. Tıpkı evrimsel biyolojide olduğu gibi, evrimsel algoritmalarda da süreç rastgele veya tesadüfi değildir. Süreç içinde rastgelelikler ve tesadüfler vardır; ancak olayın bütünü bundan çok daha fazlasıdır. Seçilim, bulunduğu ortama daha uyumlu olanları, yapılmak istenen işi daha başarılı bir şekilde yapanları seçip, diğerlerini eleyecek şekilde çalışmaktadır. Bunun tesadüfi hiçbir tarafı yoktur! Bir sonraki nesilleri oluşturacak bireyler rastgele yaratımın ürünleri değil, bir önceki neslin başarılı olanlarının seçilimlerinin bir ürünüdür. Seçilim doğada çevresel baskıların bir sonucu olarak doğmaktadır. Evrimsel algoritmalarda ise çevresel baskı, çizgiyi takip etme zorunluluğudur. Çünkü uyum başarısı, bu performansa göre belirlenir. Bu mücadelenin ayakta kalan şampiyonları ise, en uzağa en hızlı bir şekilde gidebilen bireylerdir. Ve tabii ki, onların bu davranışı sergileyebilmesini sağlayan genleri...

Gerçekten de bu yöntem sayesinde tamamen rastgele bireylerden başlayarak, çizgileri kusursuz bir şekilde takip edebilen, istediğimiz hedeflere sorunsuzca ulaşabilen robotlar üretmeyi başarabilmekteyiz! Bu süreç tekrar edildikçe, her nesilde ortalama uyum başarısı değeri bir miktar artar. Bireyler giderek çizgi üzerinde daha fazla kalmaya başlar, daha uzağa, daha hızlı gitmeyi başarırlar. Sadece 30 nesil, yani birkaç on dakika veya sadece birkaç saat içinde bilgisayar simülasyonunda ortaya çıkan bireyler, upuzun ve kıvrımlı bir çizgiyi kusursuz bir şekilde takip edebilmektedirler. Bu bireylerin parametre değerlerini gerçek robotlara aktardığımızda da aynı başarıyla çizgiyi takip edebildiklerini görmekteyiz!

Bir durup düşünün: Robota çizgiyi tanımlamadık. Çizgiyi nasıl takip edeceğini söylemedik. Hatta hangi sensörlerin okuduğu değerlerin ne işe yarayacağını bile kodlamadık! Tek yaptığımız, "çizgi izleme" dediğimiz davranışın kabaca (birebir bile değil!) ne olduğunu tanımlayan bir fonksiyon belirlemek oldu. Yani "çevresel baskının" ne olduğunu tanımladık. Gerisini doğal bir mekanizma, kendiliğinden halletti! Robotların davranışları, gözlerimizin önünde evrimleşti!

ROBOTLARDAN EVRİME...

İşte bu şekilde, çizgi izleyen robotlar, duvara tırmanan robotlar, altı bacaklı robotlar ve hatta robotik olmayan bazı sistemler üzerinde yaptığım evrimsel algoritma çalışmalarının hepsi başarılı sonuçlar verdi. Her birinde tek yaptığım, önem verdiğim sistem parametrelerini belirlemek, yapılmasını istediğim işi kabaca belirlemek ve evrimin temel algoritmasını işletmek oldu. Her seferinde elde ettiğim sonuç aynıydı: Evrim, en az insan tasarımcılar kadar, hatta çoğu zaman onlardan daha başarılı ürünler yaratabilmekteydi! Hatta öyle ki,

kimi zaman hiç beklemediğim davranışların kendiliğinden ortaya çıkmasını sağlamaktaydı. Bunun üzerine henüz çok eğilmedim; ancak bu yeni davranışların atasal olanlardan izole edilip kendi evrimsel yolaklarını takip etmeleri, çok net bir şekilde türleşmeyi ve makroevrimin yaşanabildiğini robotlar üzerinde ispatlamak için kullanılabilir! Yani evrimi robotlar üzerinde test etmek, sadece robotların evrimini mümkün kılmamaktadır; aynı zamanda robotları kullanarak evrime dair argümanlarımızı test edebilme imkânı da sunmaktadır!

Böyle bir rastgelelikten, böylesine işlevsel sonuç ve davranışların ortaya çıktığını gördüğümde ne kadar heyecan ve mutluluk duyduğumu tahmin edebilirsiniz. Bu, önceki sayfalarda izah ettiğim tembelliğimin ve üşengeçliğimin adeta bir zaferiydi! Çünkü detaylara kafa yormamın önüne geçiyordu ve en iyi kombinasyonu kendi başına bulan bir sistemdi! Daha ne olsun?

Ancak açık konuşmam gerekiyor: Kulağa ne kadar şaşırtıcı gelse de, bu mekanizmanın çalışması, o kadar da şaşırtıcı değildir (tabii çok detaylı bir şekilde bunca sayfadır anlattığım için, sizler için de bunu fark etmesi oldukça kolaydır). Tam tersine bu, son derece beklendik bir durum, beklendik bir sonuçtur. Zira bu mekanizma, bundan 1,5 asır önce, 24 Kasım 1859 yılında, bir doğa bilimci, jeolog ve biyolog olan Charles Robert Darwin tarafından keşfedilmiştir. Benim ve diğer bilim insanlarının robotlar ve diğer mühendislik/teknoloji ürünleri üzerinde çalıştığını gösterdiğimiz mekanizma, son 1-2 asırdır *evrim* olarak bilinmektedir.

Bu ilk bakışta kafa karıştırıcı gelebilir. Sonuçta robot, robot olarak kalmaktadır. Kolu bacağı çıkıp da uçmaya başlamamaktadır. Fakat bu algı hatalıdır. İnsanların sandığının aksine evrim, "maymunların insana dönüşmesi", "sulardan karalara çıkmak", "yerde sürünürken havada uçmaya başlamak" demek değildir. Kitap ve bölüm boyunca tekrar tekrar gördüğümüz üzere evrim, *"popülasyonlar içindeki gen ve özellik dağılımlarının nesiller içinde değişmesi sürecidir"*. Evet, insan gibi türlerin maymunlardan evrimleşmesi, suda yaşayan atalarımızın karalara çıkması evrimin uzun süreli sonuçlarıdır; ancak evrimin tanımı değildir. Eğer ki bir popülasyondaki bireyleri tanımlayıcı genler ve özellikler (daha doğrusu bunların görülme sıklıkları) nesiller içinde değişiyorsa, o popülasyon evrimleşiyor demektir. Bu kadar basit! Ve bugüne kadar, bu tür evrimsel değişimleri elimizi attığımız her bir türde görmeyi başardık. Şimdiyse, bilgisayar yazılımlarında ve robotlarda gördüğümüz değişim de bu evrimin ta kendisidir! Bu alana, *evrimsel robotik* denmektedir. Bunu diğer mühendislik ürünlerine genişletecek olursak karşımıza çıkan sahayı *evrimsel mühendislik* olarak tanımlamak mümkündür.

Burada bir parantez açayım: Robotların evrimi, gelişimi, yükselişi gibi başlıklar gördüğünüzde (ki bunu ben de kullandım), aklınıza Terminatör-vari bir *yükseliş* gelmesin. Her ne kadar robotların fiziksel yapılarının evrimi üzerinde nefes kesici araştırmalar yürütülüyor olsa da, bir sistemi "akıllı" kılan ana unsur onun alt yapısını oluşturan "yazılım"dır. Bu nedenle, teknoloji siteleri ve dergilerinin ballandıra ballandıra anlattıkları Yapay Zekâ ile akıllı makinelerin yükse-

lişi yazılımlar düzeyinde meydana gelecektir. Öncelikle ceplerimizdeki telefonlar gün geçtikçe daha da akıllanacak, sonrasında bu zekâ evlerimizdeki bilgisayarlara sıçrayacaktır. Bu zekânın en son basamakları, ev işlerimizde bize yardımcı olan, bizimle politika ve etik gibi konular hakkında muhabbet edebilen, insan-benzeri bir zekâya sahip sistemlerdir. Bu sistemler, kollu-bacaklı robotlar olabileceği gibi, sadece bilgisayarlarımızda bulunan yazılımlar da olabilirler. Ancak nihayetinde bu zekâya yakışır bir vücut vermemiz de mümkün olacaktır. Mekanik tasarımda mecburen inorganik yapılar kullanmak zorunda kaldığımız için, biyolojik evrim sonucu ortaya çıkan organizmaların esnek vücutlarına benzer sistemleri henüz inşa edememekteyiz. Ne yazık ki insanlar, hayal güçlerinin ve hatalı bilgilendirmelerin de etkisiyle, teknoloji evriminde görmeyi beklediğimiz bu son basamakların, en başta meydana geleceği beklentisi içindedirler.

Her neyse, evrimsel robotiğe dönelim. Bunca sayfa boyunca ne tip bir konudan bahsettiğimizi bir durup düşünün: Evrimsel robotik! Bir yanda evrim, diğer yanda robotik... Apayrı gibi gözüken, halbuki ilerleyen sayfalarda göreceğimiz gibi birbirini harika bir şekilde tamamlayan iki uç bilim dalı!

İşte bu noktada, bilime dair çok temel bir noktayı tamamen anlamanızı istiyorum: Evrim, eğer ki Antik Yunan'daki kökenlerini göz ardı edecek olursak, kabaca 19. yüzyılda ortaya çıkmış bir bilim dalıdır. Bu sayfalarda sizlere tanıttığım bilim dalı ise makine, elektrik-elektronik ve bilgisayar mühendileri ile çok çeşitli dallarda araştırmalar yürüten bilim insanlarının bir araya gelerek, evrimsel biyolojinin temel prensiplerini, insan tasarımcılardan ve mühendislerden daha başarılı ürünler üretmek üzere mühendislik ürünleri üzerinde uyguladıkları bir sahadır! Bu saha, harika bir şekilde çalışmaktadır. Önümüzdeki on yıllarda bu metot sayesinde üretilen daha çok sayıda ürünü duyacağınızdan emin olabilirsiniz. Evrimsel algoritmalar ve evrimsel robotik sahaları, makine öğrenmesi (İng: Machine Learning) gibi diğer mühendislik sahalarıyla bir araya gelerek Yapay Zekâ gibi uç teknolojilerin mümkün kılınmasında köşebaşı görevi üstlenecektir. Robotlarımız, daha şimdiden evrimleşmektedirler!

Peki bunca sayfa boyunca benim doktora çalışmamın temellerinden söz ettim. Evrimsel mühendisliğin daha pratik bir uygulaması var mıdır? Yani evrimin insan mühendislerden daha başarılı bir tasarım üretebileceğine dair pratik bir örnek var mıdır? Elbette! Hem de bu örnek, hepimizin çok sevdiği NASA'dan gelmektedir. Gelin hep birlikte NASA'nın evrimsel mühendisliği nasıl kullandığına dair bir örneğe bakalım.

İNSANIN GEZEGENİMİZİN SIRLARINI AYDINLATMASINI SAĞLAYAN EVRİM...

22 Mart 2006 senesinde NASA, uzaya Space Technology 5 (ST5) görevi adı altında 3 adet uydu göndermiştir. Bu uydular 25 kilogramdan hafif ve 50 santimetreden ufaktır. Bu uydular içinde ST5-33-142-7 numaralı bir anten

bulunmaktadır. Uyduların görevleri Dünya'nın manyetosferinde gezerek, bu sözünü ettiğim anteni kullanarak X-bandında taramalar yapmak ve yeryüzüne veri göndermektir (tıpkı bir cep telefonu gibi). Böylece Dünya'nın manyetik alanını ve elektromanyetik özelliklerini daha iyi tanımamızı sağlamaktadırlar.

Fakat bu antenin tasarlanması hiç de kolay bir iş olmamıştır. Çünkü anten tasarımı üzerinde birçok kısıtlama ("çevresel baskı") bulunmaktaydı. Örneğin, bu görevin yapılabilmesi için üretilecek antenlerin 2.5 santimetreden ufak olacak şekilde tasarlanması gerekiyordu. Ancak bir sorun vardı: Manyetik etkileşimler, insanların üstesinden gelebileceklerinden çok daha karmaşıktır ve bu nedenle tasarımın tam olarak nasıl yapılması gerektiğine dair hiçbir fikir yoktu. Bu nedenle NASA bir yarışma düzenledi ve birçok uzmandan yardım istedi. Ekipler aylar boyunca tasarımlar üzerinde kafa yordular ve sonunda bir jüri, takımların ürettikleri tasarımları 7 ayrı performans kategorisinde sınava tabi tuttu. Sonundaysa kazananı ilan etti. Yarışmayı kazanan ekip, anteni kendileri tasarlamamıştı... Evrimsel biyolojinin temel ilkelerini uyarlayarak hazırladıkları bir yazılım, en uygun tasarımı onlara bulup vermişti!

Araştırmacıların belirttiğine göre güncel anten tasarım metotları, antenlere dair çok fazla bilgiye sahip olmayı gerektirmektedir ve bu bilgiye sahip olsanız bile, antenin detaylarını (hele ki fiziksel özelliklerini) tasarlamak oldukça zaman alan bir iştir. Bu nedenle bilim insanları, 1990'lı yıllardan beridir evrimsel algoritmaları kullanarak antenler geliştirmeye çalışmaktadırlar. NASA'nın ST5 görevi için geliştirdiği anten de, bu çeşit bir çabanın ürünüdür.

Antenin tüm detaylarına, görevin inceliklerine ve zorluklarına girerek kafanızı karıştırmak istemiyorum. Özünde bilmeniz gereken, görevin zorluğundan ötürü üretilecek antenin de son derece karmaşık ve tasarlanması zor oluşudur. Hatta öyle ki, NASA'nın süreç boyunca birkaç defa tasarım değişikliğine gitmesi ve kriterleri gözden geçirmesi gerekmiştir.

NASA'nın ekiplerden istediği belli başlı kriterler vardı: Az önce değindiğim gibi boy ve ağırlık gibi fiziksel parametrelerin yanı sıra, yapmaları gereken işlerin de bir listesi bulunuyordu. Başlangıçta belirlenen kriterlere göre antenin bağlı olacağı uydunun çalışma mesafesi, yeryüzünden 35 bin kilometre yükseklikte, oldukça eliptik bir yörüngeydi. Bu yörünge ve bu yörüngede toplanacak veriler, antenin belli özellikleri (polarizasyon, iletim frekansı, alım frekansı, durgun dalga oranı, vb.) sağlamasını gerektiriyordu. Ancak sonradan bu planlarda bazı değişiklikler oldu ve buna bağlı olarak kriterlerin de gözden geçirilmesi gerekti. Özellikle de antenin fiziksel tasarımı kökünden değiştirildi: Başlangıçta tek bir noktadan dışarıya doğru yayılan saçaklar şeklindeki bir tasarım istenirken, yeni kriterlerde tek bir gövdeye sahip bir anten tasarımı isteniyordu. Bu, yarışmaya katılan takımların çoğu için çok büyük bir sorundu; çünkü anten tasarımına etki edecek kriterlerde meydana gelen en ufak değişimler bile hesapları karmakarışık yapmakta ve işleri tamamen değiştirmektedir. Ancak bu, evrimsel algoritmalardan gücünü alan ekip için o kadar da büyük bir sorun

değildi. Çünkü evrim, ortam şartlarındaki değişime müthiş adaptif bir doğa yasasıdır!

Yarışmayı kazanan ekip, evrimsel algoritmaları içerisine bu kriterleri girdiler ve programı çalıştırdılar. Normalde diğer tüm ekiplerin kriter değişimi nedeniyle tasarımlarını sıfırdan gözden geçirmeleri gerekiyordu; ancak evrimsel algoritmalarda bu değişiklikleri yapmak hiç de zor değildir. Tek yapmanız gereken, uyum fonksiyonunuzu birazcık gözden geçirerek, evrimden "ne istediğinizi" olabildiğince net bir şekilde belirleyebilmektir.

Program, tıpkı önceki sayfalarda anlattığım gibi, çok basit bir noktadan başlayıp, "mutasyonlar" kullanarak sürekli yeni varyasyonlar (çeşitlilik) üretiyordu. Sonrasında bunları simüle ediyor, istenen kriterler çerçevesinde en uyumlu ve isteğe uygun çalışanları seçiyor, diğer olası tasarımları eliyordu. Bu en iyileri birbiriyle "çiftleştirerek" benzer bir tasarım grubu üretiyor ve bunlara da mutasyonlar ve gen çaprazlanması gibi çeşitlilik unsurları katarak, sürekli bu işlemi tekrar ediyordu. Yazılım, uyduda kullanılacak devrenin tellerinin konumlanışı ve birbirlerine bağlantılarını bile hesaba katıyor ve nesiller geçtikçe tasarımı iyileştiriyordu.

Sonuç mu? Muhteşemdi! Yazılım çalışmayı tamamlayıp da en uygun tasarımı verdiğinde, bu tasarım NASA Goddard Uzay Uçuş Merkezi'nde fiziksel olarak üretilerek test edildi. Evrimin yarattığı tasarım, diğer ekiplerdeki mühendislerin kendi tasarımlarına göre hem daha geniş bir yönümlenim (oryantasyon) kapasitesine sahipti, hem bu farklı oryantasyonlarda daha yüksek sinyal güçlendirme becerisine sahipti, hem de daha düşük enerji sarfiyatına sahipti!

Bu başarının beklenmedik bir açısı ise "zaman" konusuydu. Evrimsel algoritmalar, tıpkı evrimin kendisi gibi, genellikle yavaş olmak ile eleştirilen bir konudur. Halbuki NASA için geliştirilen bu uydu anteninde, bu varsayımın hatalı olduğu gösterildi. Kazanan ekibin projeleri toplamda 3 ay sürdü. Hatta aslında yazılımın milyonlarca ve milyarlarca olasılık arasından en iyi tasarıma ulaşması sadece 10 saat sürdü! 3 ayın geri kalanı, bu evrimsel algoritmanın inşa edilmesi için harcandı. Bu kulağa çok gelebilir; ancak eğer ki insan mühendislerin çalışma hızının bundan daha yüksek olduğunu sanıyorsanız yanılıyorsunuz. İnsanlardan oluşan takımlar, evrimsel algoritmanın ürününden daha başarısız olan tasarımlarını, 5 ayda tamamlayabilmişlerdi! Bir tarafta evrimle sadece 10 saatte yaratılan bir tasarım, diğer tarafta insan zekâsıyla 5 ayda tamamlanan bir tasarım... Üstelik evrimin ürünü, insanlığın ürününü jürinin belirlediği 7 ayrı kriterin 6'sında geçmeyi başarıyordu! Bu, bana kalırsa evrim açısından tartışmaya yer bırakmayacak kadar açık bir zaferdir. NASA'da görev alan Jason Lohn'un konuyla ilgili sözlerini şöyle toparlayabilirim:

"Elimizdeki Yapay Zekâ yazılımı, milyonlarca potansiyel anten tasarımı arasından, evrimsel süreci kullanarak en iyisini buldu. Bu süreci, Darwin'in 'en güçlü hayatta kalır' ilkesine benzetebiliriz. Burada kullandığımız, 'en iyi tasa-

rımların hayatta kalması, diğerlerinin elenmesi' olarak özetlenebilir. Bilgisayar programına yalnızca performans kriterlerini söyledik. Sonrasında bilgisayar, evrimi simüle ederek en iyi sonuçları elinde tuttu, diğerlerini eledi. Nihayetinde, görevin ihtiyaçlarına tam olarak uyan bir tasarıma ulaştı. Artık bu yazılımı, uzay görevlerinde yön bulmamızı sağlayan jiroskoplar gibi mikroskobik makineler üretmekte de kullanıyoruz. Bu yazılım, insanın hayal bile edemeyeceği tasarımları icat edebilir. Daha küçük, daha hafif, daha az enerji sarf eden, daha güçlü, daha dayanıklı tasarımlara ulaşmamızı sağlayabilir."

Elbette, şu anda evlerimizde olan çanak antenler gibi zaten çok iyi tanınan tasarımların evrimsel süreçlerle üretilmesinin bir anlamı yok. Çünkü çok daha basit bir temelde çalışıyorlar ve çalıştıkları koşullar değişken değil. Fakat daha önceden de belirttiğim gibi, bilinmeyen ve çok zorlu alanlarda yeni çalışmalar yürüteceksek veya elimizdeki tasarımları nasıl daha ileriye götüreceğimizi bilemiyorsak, evrimsel prensipler bize doğru yolu gösterebilirler. Dahası, kendimizden çok emin olduğumuz tasarımlarda bile evrim daha başarılı sonuçları görmemizi sağlayabilir. Çünkü insanlar, kendilerini kandırmaya fazlasıyla meyillidirler. Uzun sürelerden beri kullandığımız tasarımların "olası en iyi tasarımlar" olduğuna inanmayı isteriz. Halbuki evrimsel mühendislik alanında yapılan çalışmalar, köprü desteklerinde kullandığımız ve en temel inşaat/makine destekleyici yapılardan biri olan üçgen desteklerin (İng: truss) bile, bizim sandığımızdan çok daha farklı bir şekilde tasarlanabileceğini, bu tasarımın halihazırda kullandıklarımızdan daha verimli olacağını göstermeyi başarmıştır. Detaylarına burada girmeyeceğim; ancak bu, mühendisliğimizin kendisiyle övünebileceği en temel alanlardan birisidir ve bunda bile evrim bizi kolaylıkla komik duruma düşürebilmektedir!

Evrim, olası bütün tasarımların yer aldığı hayali bir evren içinde, en uyumlu tasarımları bulmaya yarayan bir süreç olduğu için, mühendislerin bu biyoloji yasasından öğrencekleri çok fazla şey var. Gerçekten de NASA, 2004'ten beridir "Zeki Sistemler Birimi" ve "İleri Kontrol ve Evrimleşebilir Sistemler (ACES) Birimi"nde evrimsel algoritmaları yaygın olarak kullanmakta ve sorunları çözmek için bir araç haline getirmektedir. Örneğin Mars'ı fethetmemizi sağlayan Curiosity (Merak) uzay aracında da, genetik ve evrimsel algoritmalar çalışmakta ve aracın karşılaştığı problemleri çözmesinde görev almaktadır.

EVRİMİ TAKLİT EDEREK KENDİ ÇOCUKLARINI ÜRETEN ROBOT!

Buna benzer bir başka araştırma, hiçbir insan müdahalesi olmaksızın, her bir nesilde bir öncekinden daha başarılı nesiller üretecek şekilde kendi yavru robotlarını üreten bir robota dairdir. *PLOS One* dergisinde 2015 yılında yayınlanan araştırmada, Cambridge Üniversitesi mühendisleri özel ekipmanlarla donatılmış ve Evrensel Robotlar serisinden bir UR5 robotik kolu ve tutucuyu sadece hareket edebilecek şekilde programlamakla kalmadılar, aynı zamanda

anne robotun ilk çocuklarının performansından yola çıkarak giderek daha başarılı olanları üretebilmesini sağladılar. Araştırmacılar, bu şekilde belli bir grup robottan başlayarak giderek daha başarılı robotlar üretme davranışının, evrimin bir çeşidi olduğunu söylemektedir. Projeyle ilgili olarak verdiği bir demeçte, Cambridge Üniversitesi Mühendislik Bölümü'nden Dr. Fumiya Lida şunları söylüyor:

"Doğal seçilim, çok basit bir anlamıyla, üremek, test etmek, tekrar üremek, tekrar test etmek ve bu şekilde devam etmek üzerine kurulu bir süreçtir. Robotun da özünde yaptığı budur. Aslına bakacak olursanız, robot 'türlerinin' gelişimi ve çeşitlenmesini bizzat gözleyebilmekteyiz."

Tabii ki anne robotun ürettiği yavru, Star Wars'daki C-3PO gibi bir şey olduğunu söyleyemeyiz. Robot bebekler 3 boyutlu yazıcı ile üretilen, tek kenarı 6 santimetre olan ve tek bir motoru barındıran mavi kutucuklardır. Anne robot, motorize bir kübü diğerine bağlamak için uhu (yapışkan) kullanmaktadır. Bilgisayar, bebek robotlar bir kere üretildikten sonra bir kamera kullanarak bu bebek robotların hareketlerini analiz etmekte ve bu bilgiyi anne robota iletmektedir. Anne robot da bu bilgiyi kullanarak tasarımını değiştirmektedir. Bunu yaparken, küplerin özelliklerini tanımlayan "genleri"ni değiştirmektedir. Böylece daha başarılı robotlar "doğurabilmektedir".

Anne robotların, bebek robotlar üretme süreci araştırmacılar tarafından bu yaratım sürecinin "genomu" olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer deyişle, her bir bebeğin genetik izini üreten süreç budur. Bu genler de, evrimsel değişim sürecinin bir parçasıdır.

Yazılım içinde gerçek dünyada işleyemeyecek bazı yapıları önleyecek kısımlar da bulunmaktadır. Örneğin motoru olmayan, aşırı ağır olan, bir motorun kaldıramayacağı hareketler yapması beklenen her tasarım, "Anne Robot" tarafından elenmiştir. Böylece hareketsiz robotların üretilmesi engellenmiş olmuştur. Tıpkı doğada zayıf veya uyumsuz olanların ölerek veya üreyemeyerek elenmesi gibi... Ancak yine de burada belirtmemiz gerekir ki, bu robot evriminde gözlediğimiz aslında nesil-bazlı olan biyolojik evrim ile birebir aynısı değildir. Dr. Fumiya şöyle söylüyor:

"Aslında bu sürece evrim demek birazcık yanıltıcıdır. Çocuk bir robot hiçbir zaman anne robot rolüne erişememektedir. Bunun yerine burada yaptığımız, bir çeşit hiper-nesillerarası evrimdir. Evrimin tamamı tek bir robot ailesi içinde olup bitmektedir."

Bu işlem sonucunda anne robot 10 nesil (yani 100 robot bebek) üretmiştir. Bu araştırmada deney 5 defa tekrar edilmiştir (yani 500 robot bebek incelenmiştir). Her bir üretim yaklaşık 1 saat sürmüştür; dolayısıyla araştırmanın toplam süresi de 4 seneyi aşmıştır. Araştırmacıların iddiasına göre anne robot sadece daha başarılı hareket edebilen robotlar üretmekle kalmamıştır; daha da önemlisi, robot hiçbir insanın aklına gelmeyecek kombinasyonları üretmeyi

başarmıştır. Bu, evrimin en önemli başarılarından birisidir. Dr. Fumiya sürecin devamını şöyle anlatıyor:

"Peki bu evrimleşmiş robotlarla ne yapacağız? Robotik bir perspektiften bakacak olursanız, robotlarımız şu anda hiç de yaratıcı değildir. Şu anda fabrikalara sıkışıp kalmış haldedir. Aynı şeyleri sürekli yapıp dururlar. Biz bu robotları daha yaratıcı veya adaptif yapıp yapamayacağımızı merak ediyoruz. Örneğin üreteceğimiz tüm evler aynı olsa da, farklı zeminlerde bunlar inşa edilecek olursa, bu adaptif robotları kullanabiliriz. Şu anda insan işçileri bununla uğraşmak zorundadır. Bizse, üretim sürecimizin ev yapım işlemine uygulanıp uygulanamayacağını araştırıyoruz. Böylece gelecekte çok daha ucuza ve hızlı bir şekilde evler inşa edebiliriz."

Hemen akla gelen şey, son yıllarda hızla yükselen robot fobisine bu araştırmaların nasıl etki edeceğidir. Fumiya şöyle söylüyor:

"Bu endişeleri kestirip atamayız. Her yeni teknoloji tehlikeli olabilir. Her yeni teknolojinin iyi tarafları ve kötü tarafları vardır. Belki 50 yıl sonra bunlar tehlikeli hale gelebilecektir. Ancak biz onları, bundan çok daha önce çözmüş olacağız."

Bu örnekten de görülebileceği gibi evrimsel algoritmalar sayesinde insan hayal gücünün sınırlarını aşabilen sistemler yaratmamız mümkün olmaktadır. Fakat konunun daha ilgi çekici boyutları, özellikle de davranışların ötesine geçerek fiziksel tasarımların evrim sayesinde değiştirilebildiği örneklerde görülmektedir. Şimdi gelin bu örneklerden bir tanesine bakalım:

DEVRELERİN KÖKENİ ÜZERİNE...

İngiltere'nin Sussex kentinde bulunan eşsiz bir laboratuvardaki bir bilgisayar, çok geniş ve çok çeşitli bir "adaylar listesi" içinden çok dikkatli bir seçim yaptı. Her bir aday, tamamen mantıksal olarak, hiçbir duygu işin içine dahil edilmeden değerlendirildi ve her birine, çok katı bir dizi kritere bağlı olarak sayısal bir başarı değeri (uyumluluk değeri) atandı. Makinenın görevi, bu grup içindeki en başarılı çifti tespit etmekti. Sonrasındaysa, bu seçilen ikili birbiriyle çiftleşerek bir yavru üretiyordu. Böylece bir sonraki nesle erişebilecek yavrular üretiliyordu. Bu sırada, bireyleri belirleyen değişkenlerde (genlerde) ufak tefek değişimler yaratılıyordu. Tahmin edilebileceği gibi, her bir çiftleşme döngüsünde yavrular birazcık daha evrimleşiyordu ve böylece, bilgisayara girilmiş olan "kusursuz birey" tanımına en uygun olanlara yavaş yavaş ve kademeli olarak ulaşıyordu.

Ancak sanmış olabileceğinizin aksine, söz konusu adaylar kan, damar ve kromozomlardan oluşmuyordu. Biyolojik olan bu özelliklerin aksine deneyde seçilenler, basitçe 1'ler ve 0'lardan oluşuyordu. Bu basit veri grupları bir araya gelerek daha da başarılı oldukça, bilgisayar uzmanı Adrian Thompson, teknolojik evrimi merak ve heyecanla izliyordu.

Dr. Adrian Thompson, Sussex Üniversitesi Enformatik Bölümü'nden bir araştırmacıdır. Deneyi, 1990'lerin ortasında doğan ve o zamanlarda oldukça bakir olan "donanım evrimi" alanının bazı örneklerinden birisiydi. Bu araştırma sahasının ilkeleri kabaca, Darwin'in zarif prensibi olan doğal seçilime benzerdir. Doğal seçilim ilkesi dahilinde, nitelikleri bakımından en avantajlı olan bireylerin hayatta kalma ve üreme şansı daha yüksek olacaktır. Bu süreç sayesinde faydalı olan özellikler, hayatta kalanlardan yavrulara aktarılabilecektir. Aynı zamanda bu sırada daha az faydalı olan veya tamamen faydasız olan özellikler baskılanmaktadır.

Dr. Thompson bilgisayar devreleriyle oynayarak, mikroçip tasarımı için "en uyumlunun hayatta kalması" ilkesinin faydalı fikirler verip veremeyeceğini incelemektedir. Araştırmasını sürdürmek için, Alanda Programlanabilir Geçit Dizilimi (Field-Programmable Gate Array, veya kısaca FPGA) denen özel bir çip üretmiştir. Bu çipin iç mantığı, normal çiplerin sabit mantık düzeneklerinin aksine tamamen yeniden yazılabilmektedir. Bu esneklik, işlev gören devrenin geleneksel çiplere göre daha yavaş çalışmasına ve daha kolay ısınmasına neden olmaktadır; ancak aynı zamanda, tek bir çipin modem, ses-tanıma ünitesi, ses işleyici veya istenen herhangi bir diğer bilgisayar parçasına dönüştürülebilmesini sağlamaktadır. Kişinin tek yapması gereken, dilediği uygun konfigürasyonu çipe yüklemektir.

Enformatik araştırmacısı Dr. Thompson, çipin başarması için oldukça net bir görev seçerek deneyine başlamıştır: Çipin, iki farklı ses tonu arasındaki farkı ayırt edebilmesini istiyordu. Geleneksel bir ses işlemcisi, içindeki yüz binlerce önceden tasarlanmış mantık blokları sayesinde böyle bir görevi kolaylıkla yerine getirebilir. Ancak Thompson, kendi donanımının bu geleneksel olanlardan farklı, tamamen yeni bir çözüm üretebilmesini istiyordu. Bunu yapabilmek için, 10'a 10'luk bir mantık hücresi dizisi kullanmıştır. Yani geleneksel sistemlerde kullanılan yüz binlercesine kıyasla sadece 100 adet mantık kapısı...[20] Dahası, sistem saatini devre dışı bırakarak geleneksel metotlardan biraz daha sapmıştır. Böylece çip, devrenin dijital kaynaklarını senkronize etmek için kullandığı geleneksel yöntemi tamamen yitirmiş olmuştur.

Sonrasında, rastgele belirlediği 50 farklı 1 ve 0 kümesi üretmiştir. Bu, canlılığın başladığı "ilkin çorba" benzeri, rastgele bir başlangıçtır. Bilgisayarı, bu kümeleri tek tek FPGA çipine aktarmış, 2 ayrı ses oynatmış ve her bir 1-0 kümesini (yani canlılardaki "genom"a karşılık gelen dizini) bu sesleri ayırt etmek konusundaki başarılarına göre puanlandırmıştır. Bu puan, daha önceden belirlenen bir kritere (uyum fonksiyonuna) göre yapılmıştır. Tıpkı canlıların, halihazırda doğa tarafından belirlenen doğal şartların içerisine doğması gibi...

20 Mantık kapıları, elektronik devrelerin çalışabilmesini sağlayan en basit yapıtaşlarından birisidir. Kendilerine gelen 1 ve 0'dan oluşan verilere ve ne tip bir mantık kapısı olduklarına bağlı olarak 1 veya 0 şeklinde bir sonuç üretirler. Böylelikle gelen iki sinyali birbirine kıyaslamak ve bu sinyalleri kullanarak çeşitli işlemler yapabilmek mümkün olmaktadır. Bu kapıların bir arada kullanılması sayesinde son derece karmaşık elektronik devreler yaratılabilmektedir.

Bu doğa şartları içinde belirlenen kriterlere bağlı olarak en uyumlu canlıların hayatta kalabiliyor olması gibi, sesleri ayırt etmek konusunda da belirli olan kriterlere en uygun olanlar en yüksek puanları alabilmiştir.

Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, ilk baştaki rastgele belirlenen konfigürasyon programlarının hiçbiri, kriterleri tamamen tatmin edememiştir. Çünkü genomlar, başlangıçta tamamen rastgele belirlenmiştir! Hatta tıpkı çizgi izleyen örneğimde olduğu gibi, Dr. Thompson'ın elektronik devrelerinin ilk baştaki versiyonları arasından en başarılı olanları bile öylesine başarısızdı ki, bilgisayar sadece ufacık farklılıklara bakarak daha iyi olanları belirlemek zorunda kalmıştır. Genetik algoritma[21], eldeki küme içindeki en başarısız olanları elemiştir ve en iyi olanların kendi sanal DNA'larının parçalarını, tıpkı eşeyli üremede olduğu gibi partnerleri ile kaynaştırmasını sağlamıştır. Ara sıra meydana gelmesine izin verilen mutasyonlar, oraya veya buraya 1 veya 0'lar ekleyerek dijital kümelere çeşitlilik katmayı sürdürmüştür.

İlk yüz nesilde, rastgele 1-0 kümesi atalarından evrimleşen devrelerde pek az gelişme görülmüştür. Ancak çok geçmeden çipte bazı umut verici değişimler gözlenmeye başlamıştır. 220. nesle gelindiğinde, FPGA kendisine gelen ses girdisini taklit etmeye başlamıştır. Bu, istenen sonuçtan çok uzak olsa da, evrimin yaşandığına dair net bir gösterge olmuştur. Üstelik bu sonuç ilginçtir; çünkü devre, kendisinden istenenden başka bir davranışı sergileyebilecek şekilde evrimleşmiştir. Daha önce de sözünü ettiğim gibi, eğer ki bunu yapabilenlerin kendi evrimsel yolaklarına gitmelerine izin verilirse, kendisine çalınan sesi kusursuz bir şekilde taklit etmeyi başaran devreler evrimleştirilebilecektir. Ancak araştırmanın amacı böyle bir ürün evrimleştirmek olmadığı için, araştırmacılar da bu davranışa odaklanmamışlardır.

Nesiller geçtikçe ve "elektronik seks" ile hayatta kalma süreci devam ettikçe çipin performansı da ufak adımlarla ilerlemeyi sürdürmüştür. Her seferinde daha karmaşık ve başarılı devreler oluşmaya başlamıştır. 650. nesle gelindiğinde çip, 1 kiloHertz (kHz) frekansındaki dalgalara karşı belirli bir hassaslık kazanmıştır. 1400. nesle gelindiğinde ise iki sesi birbirinden ayırt etme başarısı %50 seviyesini aşmıştır!

Nihayet 4000. nesil civarında test sistemi en iyi çipe ulaşmıştır. Dr. Thompson 1 kHz'te bir dalga girdisi gönderdiğinde mikroçip, hatasız bir şekilde güç çıktısını sıfıra indirmeyi başarmıştır. 10 kHz oynattığında çıktı, 5 Volt'a sıçrayıvermiştir. Yani çip, bunu yapacak şekilde programlanmamış olmasına rağmen kendisine gelen sinyalleri ayırt etme becerisini evrimleştirmeyi başarmıştır!

21 Bu kitapta detaylarına girmemiş olsam da, evrimsel algoritmaların Genetik Algoritmalar, Evrimsel Stratejiler, Diferansiyel Evrim, Genetik Programlama ve Evrimsel Programlama gibi bazı alt başlıkları bulunmaktadır. Bu başlıklar arasındaki farklar günümüzde son derece silik olsa da, genetik algoritmalar genellikle en yaygın olarak kullanılan evrimsel algoritma olarak kabul edilmektedir. Fakat "genetik algoritma" ile "evrimsel algoritma" kalıpları günümüzde birbiri yerine de kullanılabilmektedir.

Dr. Thompson daha da ileri giderek çipin "dur" ve "başla" şeklindeki seslere tepki verebilecek şekilde evrimleşmesini istemiştir. Uyum fonksiyonunda birkaç ufak değişiklik sayesinde, sadece birkaç yüz nesil içinde bu görevi de eş zamanlı olarak başarılabilecek devreler evrimleşmiştir! Tahmin edilebileceği gibi, doğal seçilim prensibi özelleşmiş devreleri, hem de insanların kullanacağından kat kat az kaynak kullanarak üretebilmektedir! Üstelik kimsenin bunu nasıl başardığına, yani devrenin tam olarak nasıl çalıştığına dair en ufak fikri bile yoktur. Sonuçta evrim tamamen kendisine özgü bir süreç izleyerek başlangıç noktasından en başarılı tasarımın olduğu noktaya ulaşmaktadır. Bu, tasarım uzayı içinde ufak adımlarla ilerlemek demektir. Bu ilerlemenin tam olarak nasıl olacağını kestirmenin herhangi bir yolu yoktur. Bunun sebebi, evrimsel süreç içindeki rastlantısallıktır.

Yine de evrimsel süreç tamamlanıp da istediğimiz ürünlere ulaştıktan sonra, bu süreçte yaşanan değişimleri analiz etmek için geriye dönük bir inceleme yapmamız mümkündür. Dr. Thompson da, en başarılı yavrunun genlerine bakarak evrimsel süreçte ortaya çıkan tasarımın ne tip bir metot kullandığına dair bazı bilgiler edinmek istemiştir. Görülen odur ki evrimleşmiş çip, kendisine verilen 100 mantık kapısından sadece 37 tanesini kullanmaktadır. Bunların da ba birçoğu, ilginç bir şekilde geribildirim döngüleri oluşturacak şekilde evrimleşmiştir. 5 tekil mantık hücresi, diğer gruplardan tamamen bağımsız olarak evrimleşmiştir. Yani bunlar, çıktıyı hiçbir şekilde etkileyememektedir. Ancak araştırmacılar, bunlardan herhangi bir tanesini devredışı bıraktıklarında çip, artık tonları birbirinden ayırt edememektedir!

Bu akıl almaz bir sonuçtur; çünkü geleneksel olarak ürettiğimiz elektronik devrelerdeki her parça, sistem içindeki bir diğer parçaya öyle veya bağlıdır ve bir arada çalışmaktadır. Ancak bu sistemde diğer devrelerden tamamen bağımsız gibi gözüken, veri akışında herhangi bir rolü olmayan alt-sistemler evrimleşmiştir! Ancak bu alt-sistemlerin tamamen işlevsiz olmadığı da açıktır; zira araştırmacılar herhangi birini etkisiz hale getirdiklerinde sistemin tamamının çalışması bozulmaktadır.

Bunun sebebini anlamak isteyen Dr. Thompson ve ekip arkadaşları, devrenin yapısını çok dikkatli bir şekilde incelemişler ve bir dizi teste tabi tutmuşlardır. Görünen o ki evrim, sadece görev için en uyumlu olanı seçmemiştir. Aynı zamanda spesifik bir mikroçip ortamında bulunan elektromanyetik koşulları bile dikkate almıştır. Anlaşıldığı üzere söz konusu 5 ayrı mantık hücresi çipin çalışması için hayati öneme sahiptir. Ancak bunların çip ile etkileşme biçimi oldukça sıradışıdır. Muhtemelen bu 5 hücre, "manyetik akıntı" adı verilen bir etki dahilinde, etraflarındaki hücrelerdeki elektron akımını etkilemektedir. Yani bu 5 mantık hücresi, doğrudan elektrik devresine bağlı olmasalar da, elektrikle birebir ilişkili olan manyetizma aracılığıyla ana devrenin diğer parçalarının çalışma biçimini etkileyecek biçimde, evrim tarafından konumlandırılmışlardır.

Bu durum, evrimsel mühendislikle ilgili bir diğer önemli noktayı bizlere göstermektedir: Sistemi oluşturan parçalar arasındaki tüm etkileşimleri insan-

lar olarak anlamamız ve takip etmemiz mümkün değildir. Ancak eğer ki bu sistem parçalarını bir araya getirip, belli bir amaç çerçevesinde evrimleşmelerini isteyecek olursak, bunu en iyi başaranlar her nesilde seçilebilecektir. Bu başarılılık oranı, insanların aklına hayaline gelmeyecek unufak unsurlardan bile etkilenebilecektir. Bunlar insanların gözünden kaçabilir; ancak evrimsel sürecin işleyişinden kaçamayacaktır. Bu sayede, mühendislik ve doğaya ait daha önceden hiç fark etmediğimiz durum ve koşulları da fark etmemiz ve anlamamız mümkün olabilecektir.

Devreler üzerinde yapılan incelemeler, evrimin ürünlerinin insan mühendisliğinden öteye geçtiğine dair bazı diğer örnekleri de ortaya çıkarmıştır. Örneğin evrimin ürettiği son üründeki mantık hücreleri, tipik bir çipte olduğunun aksine transistörlerin yalnızca "açık" (1) ve "kapalı" (0) olma durumunu da kullanmamaktadır. Dijital siyah-ve-beyaz davranışın (yani 1 ve 0'ların) arasında kalan gri bölgeleri de kullanmaktadır! Son olarak, üretilen nihai program aynı türden bir başka FPGA'e aktarıldığında, güvenilir bir şekilde çalışamamaktadır. Bu da, sistemin evrimleşmesi sırasında içinde bulunduğu çevre ile yakından bağlantılı olacak şekilde evrimleştiğini göstermektedir. Yani tek bir örnek, biyolojik evrimde görmeyi beklediğimiz her şeyi gözlerimiz önüne sermektedir.

Ancak bu sizi yanıltmasın. Evrimsel süreçte oluşan sistemlerin bazı alt parçalarını çıkardığımızda tüm sistemin dağılıvermesi, sürecin "doğaüstü" olduğu anlamına gelmemektedir. Tam tersine, evrimsel mühendislik ürünlerine bakarak doğadaki bazı canlıların bazı özelliklerinin neden ufak adımlarla evrimleşemeyeceğine dair hatalı bir izlenime kapıldığımızı daha iyi anlamamız mümkün olabilir.

Günümüzde araştırmacılar evrimleşen devrelerin gerçek dünyadaki potansiyelini yeni yeni keşfetmeye başlamışlardır. Mühendisler, basit adaptif donanım sistemleri ile evrimleşebilen çipleri bir arada kullanarak geleneksel ekipmanları geliştirme deneyleri yapmaktadır. Bu hibritler (melezler) çok hızlı bir şekilde, sürekli evrimleşerek ve kontrol kodlarını değiştirerek yeni taleplere cevap verebilecek hale gelmektedir. Özellikle uzay araştırma endüstrisi, bu teknolojiden heyecan duymaktadır. Evrimleşebilir bir sistem kendisini yeniden düzenleyerek radyasyondan etkilenmekten kurtulabilir; böylece ağır zırhlı devrelerden ve gereksiz eklentilerden kurtulmamız mümkün olabilir. Benzer şekilde, araştırmacılar, robotların da bir gün evrimden esinlenen sistemler kullanarak, çevrelerine hızla adapte olabilen robotlar üretebileceklerini düşünmektedirler.

Modern süperbilgisayarlar da bu yapay evrime katkı sağlamaktadır. Daha önce de sözünü ettiğim gibi, simülasyonlar evrimsel mühendisliğin en önemli araçlarından birisidir. Ancak bu simülasyonlar normal bilgisayarlarda oldukça yavaş çalışabilmektedir. Bu nedenle süperbilgisayarlar önemli avantajlar sağlamakta ve sürece hız katmaktadır. Sahip oldukları aşırı güçlü işlem kapasiteleri sayesinde simüle edilen prototipler üretebilmektedirler. İlk tasarımlar,

hassas bir şekilde üretilmiş çevrelerde detaylıca ve dikkatlice test edilmektedir. Sonrasında en iyi adaylar, bir sonraki grupların üretiminde kullanılmaktadır. Nihayetinde, tatmin edici bir sonuç kendiliğinden evrimleşmektedir. Bu sonnesil tasarımlar sonradan gerçek hayatta üretilmekte ve test edilmektedir. Bilim insanları, nihayetinde bu evrimsel algoritmaların motorlar ve roketler gibi karmaşık araçların üretimi ve geliştirilmesinde kullanılabileceğini ummaktadırlar. Ancak bu alandaki gelişmeler, aşırı isabetli simülasyonların ne ölçüde yapılabileceğine bağlıdır. Çünkü eğer ki simülasyonlarımız gerçek hayatı taklit edemezse, bilgisayar üzerinde evrimleştirdiğimiz ürünlerin de herhangi bir pratik amacı olmayacaktır.

Bu evrimsel bilgisayar sistemleri, karmakarışık problemleri çözebilmek için neredeyse akıllı bir düşünce sistemleri varmış gibi davranmaktadır. Ancak bu zekiymiş gibi gözükme, bir illüzyondan ve sanrıdan ibarettir. Tıpkı canlıların asla "ihtiyaçları olduğu için, evrimleşmek istedikleri için" evrimleşemedikleri gibi, bu sistemler de "düşünerek, bilerek, isteyerek" evrimleşmemektedir. Söz konusu illüzyon, sistem dahilinde denenen çok sayıda çeşidin (varyantın) varlığından ve bunlar içinden her seferinde diğerlerinden biraz da olsa daha iyilerinin seçiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çeşitliliğin içinde göz ardı edilen bol miktarda alternatif, sırf belirlediğimiz uyum fonksiyonu çerçevesinde "başarısız" bulunduğu için elenmektedir. Şu anki anlayışımız çerçevesinde, en başarılı mikroçipler bile gerçek anlamıyla bir "zekâ"yı barındırabilmek için fazlasıyla zayıftır. Diğer yandan, bir zamanlar 10x10'luk bir FPGA kullanarak, önceden tasarlanmamış bir çipin, karmaşık bir işlev olan 2 ayrı ses tonunun ayırt edilemeyeceğinin iddia edildiği zamanlar çok da eski değildir. Gelecekte, muhtemelen insanlar kadar ve daha önemlisi insanlar gibi zeki makinelerimiz ve yazılımlarımız olacaktır.

Tabii ki bu konuda giderek büyüyen bir de etik endişeler söz konusudur. İnsanlar, bir süre sonra hayatlarının bu anlaşılamaz karmaşıklıktaki sistemler tarafından kontrol edilecek olmasından korkmaktadırlar. Örneğin tıbbi bir sistem ya da bir uçuş yazılımı içindeki uyku halindeki bir "gen", birdenbire ve hiçbir uyarı vermeksizin aktive olabilir. Bu da, sistemleri durdurulamaz bir şekilde çökertebilir. Benzer şekilde, zayıf bir şekilde tanımlanmış "başarı kriterleri", kendi kendine adapte olan sistemlerin insanların hayatlarını hiçe saymak pahasına verimliliği arttıracak çözümler de üretmesine neden olabilir. Tüm bu risklerin ve endişelerin önlenip önlenemeyeceğini sadece zaman ve deneylerimiz gösterecektir.

Eğer ki evrimleşebilen donanımlar tüm testleri geçmeyi başarabilirse, Sussex devreleri yeni bir işlem tipinin önünü açabilir. Yeterince iyi gelişmiş bir FPGA varsa ve birkaç bin genetik malzeme değişimi yaşatmak mümkünse, bu genç ve esnek mikroçiplerin çözemeyeceği çok az sayıda problem olacak demektir. Her ne kadar günümüzdeki bilgisayarlar, tahmin edilebilir problemleri çözmek amacıyla narin bir şekilde programlanıyorsa da, bu adapte olabilir alter-

natifler bir gün söz konusu sınırları söküp atabilir ve insan zihninin çözmek ve anlamak konusunda isteksiz ya da yetersiz kaldığı çözümleri bizlere sunabilir.

Tabii ki evrimsel mühendislik sayesinde keşfettiğimiz tek şey yeni tasarımlar değildir. Evrimsel biyolojide araştırdığımız (veya araştırmakta zorlandığımız) birçok konuda yazılım ve robotları kullanarak eşsiz bilgiler edinebiliriz. Sonuçta biyolojik organizmalar üzerinde araştırmalar yapmak zordur; ancak eğer ki bunların özelliklerini veya en azından tabi kaldıkları süreçleri bilgisayarlara aktarabilirsek, çok kapsamlı ve karmaşık deneyleri basitçe gerçekleştirmemiz mümkün olabilir. Şimdi, bu şekilde yapılmış bir deneye göz atalım.

UYGULAMALI BİLİMLER, EVRİME OLAN BORCUNU ÖDÜYOR: YOK OLUŞLARIN BİLİMİ

Bahsettiğim gibi, mühendislik gibi uygulamalı bilimler ile evrimsel biyoloji arasındaki alışveriş tek yönlü değildir. Evrim, uygulamalı bilimlere yepyeni bir perspektif kattığı gibi, uygulamalı bilimlerin kullandığı teknikler de evrimsel biyoloji ile ilgili bilgilerimizin sınırlarını genişletmektedir.

Austin'de bulunan Teksas Üniversitesi'nden bir grup bilim insanı, robotların sanal bir kitlesel yok oluş sonrasında çok daha hızlı ve etkili bir şekilde evrimleşebildiklerini göstermişlerdir. Bu sanal yok oluşlar, gerçek hayatta dinozorları yok eden gibi felaketlerin modellerine dayanmaktadır. Bu keşfin Yapay Zekâ alanında yapacağı etkiler bir yana, araştırma sayesinde büyük kitlesel yok oluşlar sonrasında evrimsel biyologların öngördüğü gibi adaptasyon konusunda yaratıcılığın çeşitlenmesi sonucu gerçekten de evrimin hızlandırdığını doğrulamış olmaktayız.

Bilgisayar bilimciler olan Risto Miikkulainen ve Joel Lehman tarafından *PLOS One* dergisinde 2015'te yayınlanan araştırmadaki simülasyonlar, kitlesel yok oluşların soy hatlarının hayatta kalmasında yeni özellikler ve yeteneklerin ortaya çıkmasını teşvik ettiğini göstermektedir. Miikkulainen bunu şu şekilde anlatmaktadır:

"Odaklanmış yıkım, şaşırtıcı sonuçlar verebiliyor. Kimi zaman sizi daha iyi yapacak araçları üretebilmek için tarafsız bir şekilde kötü olan şeyler geliştirmeniz gerekebilir."

Biyolojide kitlesel yok oluşlar fazlasıyla yıkıcı olarak bilinirler. Bu yok oluşlar, Evrim Ağacı üzerinden çok fazla genetik malzemeyi bir anda siliverirler. Fakat bazı evrimsel biyologlar, bu yok oluşların, o soy hatları arasından en fazla evrimleşebilir olanların evrimini hızlandırdığını düşünmektedir. *Evrimleşebilirlik*, yararlı özellikler ve yetenekleri en hızlı şekilde üretebilmek demektir. Evrimsel mühendislikte de evrimleşebilirlik çok önemli bir kavramdır; zira eğer ki üretmeye çalıştığınız son ürün pek de "evrimleşebilir" değilse, yani o ürüne

gidecek varyasyonlar çok da hızlı var edilemiyorsa, o ürüne ulaşmanız çok ama çok uzun zaman alabilecektir. Bu bakımdan evrimleşebilirliğe dair bilgilerimizi arttırmak hem evrimsel biyoloji hem de evrimsel mühendislik açısından çok önemlidir.

Miikkulainen ve Lehman, en azından robotlar için evrimleşebilirliğin gerçekten de kitlesel yok oluşlardan etkilendiğini ispatlamışlardır. Bunu yapmak için uzmanlar *yapay sinir ağları* denen bir yazılım tipine başvurmuşlardır. Bu ağlar, tıpkı beynimizdeki nöronlar gibi birbiriyle bağlantı kuran birimlerdir. Bu birimlerin her birinin belli bir önemi ve içeriğinde barındırdığı belirli değerler vardır (bunları yapay sinir ağlarının "genleri" gibi düşünebilirsiniz). Evrimsel algoritmaların en etkili çalıştığı sahalardan birisi yapay nöral ağları aracılığıyla sürdürülmekte olan makine öğrenmesi sahasıdır. Bu yapay sinir ağları bir nesilden diğerine evrimleşerek görevleri daha ustalıkla başarabilmektedir. UT Austin'deki ekibin son araştırmalarındaki yenilikçi fikir ise, kitlesel yok oluşların bilgisayar-temelli evrimi nasıl etkilediğini göstermektir.

Geliştirdikleri bilgisayar simülasyonunda yapay sinir ağlarını, yine bilgisayarda simüle edilen robot bacaklarına bağlamışlardır. Evrimsel süreçten beklenen sonuç (yani "uyum fonksiyonu"), yumuşak ve sabit bir şekilde yürüyebilen robotlar evrimleştirmektir. Gerçek evrimde olduğu gibi, rastgele mutasyonlar, bilgisayar-temelli evrim süreci boyunca iş başındadır. Bilim insanları çok sayıda niş yaratarak geniş bir yelpazede yeni özellikler ve yeteneklerin ortaya çıkabilmesini sağlamıştır.

Yüzlerce nesilden sonra çok fazla sayıda robotik davranış, bu nişleri doldurabilecek şekilde evrimleşmiştir. Bunların birçoğu, aslında yürümek için doğrudan elverişli tasarımlar değildir; ancak yine de her biri umut vaadetmektedir. İşte bu noktada araştırmacılar, söz konusu davranış gruplarının (ya da "nişlerin") %90'ındaki robotları rastgele öldürmüşlerdir. Bu, tıpkı kitlesel bir yok oluş gibidir.

Bu şekilde devam eden bir dizi evrim ve yok oluş döngüsünden sonra, hayatta kalan soy hatlarının en fazla evrimleşebilir olanlar olduklarını görmüşlerdir. Elbette, evrimleşebilirliği yüksek olan nesillerin, yeni davranışlar üretebilme potansiyelleri de en yüksektir. Sadece bu da değil! Yürüme başarısı açısından ortalamada daha iyi olan çözümler, kitlesel yok oluşların var olduğu simülasyonlarda, kitlesel yok oluşların hiç uygulanmadığı simülasyonlara göre daha fazla evrimleşmiştir.

Bu araştırmanın pratik uygulamaları, engellerin üstesinden daha kolay gelebilen robotların (örneğin deprem sonrası yıkıntılarda çalışan veya Mars'ta, mayın tarlalarında çalışan robotların) geliştirilmesi ve insan-benzeri oyun araçlarının üretilmesi olabilir. Miikkulainen'in laboratuvarında daha önceden doktora sonrası araştırmacısı olarak çalışan ve şimdi de Kopenhag IT Üniversitesi'nde çalışan Lehman şöyle diyor:

"Bu, evrimin dolaylı ve kıvrımlı yollardan nasıl harika şeyler yaratabildiğinin güzel bir örneğidir."

Miikkulainen'in *"Hedef Miti: Yücelik Planlanamaz"* isimli popüler bilim kitabında söylediği gibi:

"Yıkım bile, evrimsel yaratıcılık için harika bir kaldıraç görevine sahiptir."

TEKNOLOJİMİZİN GİDİŞATINA YÖN VE ANLAM VEREN EVRİM!

Sanıyorum bu kadar tekil örnek yeter. Tahmin edebileceğiniz üzere, akademik literatür biyolojik evrimi kullanarak ürettiğimiz mühendislik harikaları ile doludur! Yani sanılanın aksine karmaşık yapıların var olabilmesi için illa yaratıcı bir zekâya ihtiyaç yoktur. Eğer ki temel doğa yasaları evren içerisinde var olabilirse, karmaşık yapılar kendiliğinden evrimleşebilecektir.

Peki, burada bir adım geri atarak daha büyük resme odaklanacak olursak: Evrim, bizim "mühendislik" dediğimiz uygulamayı bir bütün olarak yönlendiriyor olabilir mi? Yani tekil bir ürünün üretilmesinde değil de, daha önceden de sözünü ettiğim gibi bir uçak, araba, denizaltı gibi ürünlerin onyıllar içerisindeki üretiminde evrimin bir etkisi olabilir mi? Ya da evrimsel bir perspektiften bakarak "insan yaratıcılığı"nı anlamamız mümkün olabilir mi? Öğrenelim:

Duke Üniversitesi Makine Mühendisliği ve Malzeme Bilimi Bölümü'nden Prof. Dr. Adrian Bejan'ın yaptığı bir araştırma, kendisinin 20 yıldan uzun bir süre önce tespit ettiği bir fizik yasasının yolcu uçaklarının küçük, pırpırlı DC-3s'lerden bugünün dev canavarları olan Boeing 787'lere olan evrimini açıkladığını göstermiştir. Analiz aynı zamanda, uçak firmalarının gelecekte nasıl başarılı tasarımlar yapabileceklerine yönelik bilgiler de sunmaktadır. Dahası bu araştırma, başarısız olan uçak tasarımlarının neden başarısız olduğunu da izah etmeyi başarmaktadır! Örneğin, müthiş hızına rağmen kullanışsızlığı ile meşhur olan Concorde, bu "iyi tasarımlar eğrisinin" çok uzağında kalmaktadır ve bu nedenle başarısız olmuştur. *Journal of Applied Physics* dergisinde yayımlanan araştırmayla ilgili olarak Bajan şunları söylüyor:

"Dünyadaki türlerin evrimi, insanın şahit olabileceğinden çok daha uzun zaman skalasında meydana gelmiştir. Ancak teknolojiyi kullanımımızın ve insanları taşımak için uçakları kullanmamızın evrimi, tek bir insan ömründen birazcık daha uzun bir sürede gerçekleşmiştir. Bu da, bu evrime bakan kişilerin bunu görebilmesini sağlamıştır.

Uçaklarda gördüğümüz tasarım özelliklerinin aynıları, büyük kara hayvanlarında da görülebilir. Daha büyük hayvanların daha uzun ömürleri vardır ve daha uzaklara yolculuk edebilirler. Tıpkı yolcu uçaklarının bunu yapabilecek şekilde tasarlanması gibi... Örneğin bir uçak motorunun uçak büyüklüğüne oranı, hayvanın toplam vücut büyüklüğünün kalbine, akciğerlerine ve kaslarına oranıyla benzerdir."

Bu teorilerini uçak tasarımına uygulamak ve başarılı yolcu uçaklarının tarihi veritabanlarını taramak için Bejan da, tıpkı bu bölümde izah ettiğim gibi, evrimsel olarak analiz etmek istediği parametreleri belirlemiştir: Uçuş hattına çıkarılma yılı, büyüklük, uçuş hızı, motor büyüklüğü, yakıt büyüklüğü, menzil, kanat açıklığı ve gövde uzunluğu, inceledikleri binlerce parametreden sadece birkaçıdır.

Bu parametreleri ve bunların teknoloji evrimi sırasındaki değişimlerini kullanarak oluşturdukları bir tabloda gösterdikleri üzere, neredeyse 1 asır boyunca yolcu uçaklarının artan büyüklüğü çok net bir şekilde tanımlanabilir bir eğriyi takip etmiştir. Zaman geçtikçe, yeni yolcu uçakları her boyutta üretilmiştir elbet; ancak neredeyse istisnasız olarak her zaman, giderek artan büyüklükte uçaklar inşa edilmiştir. Oluşturdukları bir diğer tablodaysa, uçakların vücut kütlesinin hızına oranını gösteren bir eğriyi incelemişlerdir. Bu eğrinin yapısı; birçok memeli, kertenkele, kuş, böcek ve dahasının vücut kütleleriyle hızlarını ilişkilendiren eğriyle neredeyse birebir aynıdır. Bir diğer deyişle doğada var olan evrimsel kısıtlandırmalar, uçak endüstrisinde de iş görmektedir. Ancak bu eğride, tüm gidişata aykırı olan bir örnek vardı: Concorde! Bejan bunu şöyle izah ediyor:

"Concorde, yolcu jetlerinde evrimin ürettiği oranların çok ötesindeydi. Bu lanetlenmiş uçağın kısıtlı yolcu kapasitesi, düşük kütle-hız oranı, verilerle uyumsuz vücut uzunluğunun kanat uzunluğuna oranı, devasa motorları ve düşük yakıt ekonomisi bulunuyordu. Başarılı olabilmek için yapısal tasarım kurallarına uymak zorundaydı."

Bejan ayrıca analizlerinin geride bıraktığımız on yıllarda havacılık endüstrisinin başarılı olarak ürettiği tasarımları ve endüstri üzerinde baskınlık kuran eğilimlerin gerçekten de en verimli olanlar olduğunu gösterdiğini söylemektedir. Aynı zamanda bu tasarımlar, gelecekte üretilecek yolcu uçaklarının ekonomik açıdan başarılı olabilmeleri için gereken genel tasarım parametrelerini de ortaya koymaktadır.

Görülebileceği üzere evrim, gerçekten de teknolojimizin gidişatına yön vermektedir. Doğanın yapısal bir yasası olan evrim, doğadan ilham ve temellerini alan teknolojimizin de kalbinde yatmaktadır. Her ne kadar izah ettiğim sebeplerle teknolojik evrim, biyolojik evrimi birebir takip etmese de, biyolojik evrimden öğrendiklerimiz teknolojimizin evrimine de güçlü bir ışık tutmayı başarmaktadır.

Şimdi konumuza geri dönelim ve kendi örneğimiz üzerinden evrimsel tasarımlara nasıl ulaşabileceğimizi anlamaya devam edelim.

HER ŞEYİ BİRLEŞTİRMEK...

Burada anlattıklarım, literatürde bulunan çalışmaların önemsenmeyecek kadar küçük bir kısmıdır. Öyle ki, kendi doktora araştırmalarımın önemli de-

taylarına girmeye fırsat bulamadım bile! Ancak burada anlattıklarımdan yola çıkarak, bu teknoloji sayesinde neler yapabileceğimizi hayal edebileceğinizi düşünüyorum.

Örneğin, evrimleşen bu robotları şu anda halihazırda Yapay Zekâ'ya, derin öğrenme algoritmalarına ve kendi kendini kopyalama yeteneklerine sahip olan robotlarla birleştirebiliriz. Dolayısıyla canlı bir organizma gibi davranan robotlara erişmek için büyük oranda yapmamız gereken tek şey, eldeki sistemleri geliştirerek bağımsız araştırmaları birbiriyle bütünleştirmektir. Bana kalırsa bu, popüler bilimde sıkça görülen "teknolojik tekillik" kavramının başlangıcıdır. Öğrenebilen, kendi kendini kopyalayabilen, doğaçlama davranışlarda bulunabilen ve şimdi de, evrimleşebilen makineler! Hepsi, bir arada...

Zaten nasıl çalıştıklarını son derece iyi anladığımız ve yaygın olarak kullandığımız makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde robotlarımız sadece bakarak ve bizleri izleyerek yeni işler yapmayı öğrenebilmektedirler. Bunun en ilginç örneklerinden birini vereyim:

Maryland Üniversitesi'nde görev alan Amerikalı ve Avustralya Araştırma Merkezi NICTA'da görev alan Avustralyalı bir grup bilim insanı, insanların hareketlerini izleyerek onlardan öğrenen robotları mümkün kılacak algoritmaları geliştirmişlerdir. Bunu ispatlamak içinse, robotlarına sadece YouTube videoları izleterek nasıl yemek yapacaklarını öğretmişlerdir! Bu şekilde halihazırda var olan bol miktarda veriyi analiz ederek ne yapabileceğini öğrenen yapay zekâ yazılımlarına *derin öğrenme* denmektedir.

Bu metot dahilinde, robota bir dizi yapay sinir ağından (nöral ağ) geçirilerek dev miktarda veri gönderilmektedir (YouTube videoları gibi). Robot bunları bir arada değerlendirmektedir ve edindiği deneyime uygun davranışlar sergilemektedir. Tıpkı bir bebeğin büyümesi sırasında etraftan gelen bol miktarda veriyi yavaş yavaş öğrenme süzgecinden geçirip, buna uygun davranışlar sergilemeye başlaması gibi! Robot, yine tıpkı bir bebek gibi, bu öğrenme sürecinde bazı tanı/algılama teknikleri uygulayarak belirli nesneleri tanımayı başarmaktadır. Bu nesneler, örneğin videolarda insan eli tarafından tutulan nesneler olabilir. Sonrasında ise, daha önceden izlediği videolardan yola çıkarak, videodaki insanın bir sonraki hareketini tahmin bile edebilmektedir! Bu durum, robotların nesneleri ve aletleri nasıl tutup kullanabileceklerini analiz edip, öğrenebileceklerini göstermektedir.

Hepimizin bildiği gibi, halihazırda var olan modern robotlarımıza sabit bir hareketi tekrar tekrar yapmalarını kolaylıkla öğretebilmekteyiz. Örneğin bir arabayı tekrar tekrar boyamak, ona doğrudan arabayı hangi açıyla, ne süre, ne kadar boya sıkarak boyaması gerektiği gibi bilgiler girilmeden, öğrenme algoritmaları sayesinde öğretilebilmektedir. Böylece robot, kendi deneyimleriyle basit ve kendini tekrar eden bir görevi yerine getirebilmektedir. Ancak bir robotun kendini tekrar etmeyen, farklı kombinasyonları mümkün olan görevle-

ri öğrenip başarıyla üstesinden gelmeleri, yapay zekânın kısmen daha yeni bir alanıdır. Bu alan, bilim insanları için büyük öneme sahiptir; çünkü onların bir işin nasıl yapıldığını öğrenip, o konuda uzmanlaşmaları ve hatta o işe kendilerinden çeşitler (varyasyonlar) katmaları, geleceğin robotları için büyük önem arz etmektedir.

Bilim insanları robotlarının yemek yapmayı öğrenmesi için, hepsi internet üzerinden bulunmuş toplamda 88 video izletmişlerdir. Robot bu videoları analiz ettikten sonra, bir yemeği pişirmek için gerekli komutları kendiliğinden üretebilmiştir! Düşünsenize... Yemek pişirmeye dair doğrudan hiçbir fikri olmayan bir robot, sadece bu konudaki videoları izleyerek yemek pişirmeyi, yemek tariflerini uygulamayı ve neyin nasıl kullanılması gerektiğini öğrenmiştir!

Görebileceğiniz üzere robotlar, öğrenme işini halihazırda gayet iyi bir şekilde yapmaktadırlar. Evrimsel algoritmalar ise bu robotların, "öğrenmeyi öğrenme" konusunda iyileşmelerini sağlayacaktır. Çünkü öğrenme, ömrümüz içinde edindiğimiz deneyimlerin bir ürünüdür. Fakat ömrümüz boyunca nasıl öğrendiğimiz, öğrenme sırasında nöronlarımızın nasıl davranacağı ve hatta "nöron" dediğimiz şeyin ne olduğu bile evrim tarafından şekillendirilmektedir. İşte bu evrimsel algoritmalar sayesinde robotlarımız, "bir şeyleri öğrenmek" konusunda daha iyi hale gelebileceklerdir. Sadece ömürleri boyunca değil, nesiller içinde giderek daha iyi hale geleceklerdir.

Evrimleşeceklerdir!

SONUÇ

Tüm bu anlattıklarımı şöyle bir toparlayacak olursam: Evrim bize sadece geçmişimizi değil, geleceğimizi de verebilecek doğa yasası. Bir an önce onu daha iyi tanıyıp, anlamaya başlamamız gerekiyor. Bu bağlamda, şunu iddia ediyorum: Eğer ki Yapay Zekâ ve üstün robotik sistemler gibi uç mühendislik teknolojilerini gerçeğe dönüştürmek istiyorsak, biyolojik evrimi çok iyi bir şekilde anlamamız gerekmektedir. Evrim sayesinde tasarımlarımızı geliştirmemiz mümkündür. Evrim sayesinde, geleneksel mühendislik yöntemleriyle çözemediğimiz sorunları çözmemiz mümkündür.

İnsanlar, genellikle hatalı bir şekilde "ya tasarım, ya kaos" gibi bir ikilem olduğuna inanmaktadırlar. Eğer ki bir yerde kaos yoksa, o ortamda "akıllı tasarım" olması gerektiği sanrısına kapılırlar. Benzer şekilde, tasarımın olmadığı her noktada kaosun hâkim olması gerektiği yanılgısı içindedirler. Bu yaklaşım, tamamiyle hatalıdır. Bunu artık net bir şekilde biliyoruz. Kaos ve tasarıma alternatif olan üçüncü bir yöntem bulunmaktadır: Basit, kendi kendini tekrar eden yasalar ve diziler aracılığıyla gerçekleşen *optimizasyon*. Bizler, buna kısaca *evrim* adını vermekteyiz. Evrim, bir uygunlaştırma (optimizasyon) algoritma-

sından ibarettir: Çeşitlilik yarat, çeşitliliği test et, en iyileri seç, en iyilerden yeni bireyler yarat, bu bireylere çeşitlilik ekle, yeni çeşitlilik yarat, işlemi tekrar et...

Eğer ki bu algoritmanın öznesi organizmalarsa, buna *biyolojik evrim* denir. Ancak özne, organizmalar olmak zorunda değildir. Son asır içinde jeologların, kimyagerlerin, kozmologların fark ettiği gerçek budur. Jeolojik evrim, kimyasal evrim, kozmolojik evrim gibi diğer evrim türleri, biyolojik evrimden yola çıkarak keşfettiğimiz veya anlamlandırdığımız süreçlerdir. Günümüzde, mühendisler de kendi alanlarındaki evrimsel değişimin izlerini fark etmeye başlamışlardır. Birbirinden harika ve son derece verimli ürünler üretmek için başvurmamız gereken tek yol "akıllı tasarım" değildir.

Bu tür bir yaklaşımın, geleneksel yöntemlere göre daha iyi tasarımlar elde etmek haricinde kazanımları da bulunmaktadır. Bu alanda yapacağımız çalışmalar sayesinde, doğanın nasıl çalıştığını öğrenebiliriz. Biyolojik evrimin, etrafımızdaki organizmaları nasıl şekillendirdiğini daha iyi anlayabiliriz. Mühendisliğin 1 numaralı sorunu olan *verimlilik* konusundaki sorunların üstesinden gelebilir, kendi kapasitemizin üzerine çıkmayı başarabiliriz. Eğer ki mühendisliğin en temel sorunu, dediğimiz gibi optimizasyon ise, bu sorunun çözümü için evrimden uzağa bakmak anlamsız olacaktır. Zira evrim, verimliliği arttıran ve bu verimliliğe katkı sağlayan parametreleri optimize eden (uyarlı hale getiren) bir algorimatadan ibarettir.

Evrimi öğrenmek zorundayız. Onu anlamak zorundayız. Onu öğretmek, anlatmak zorundayız. Eğer bunları yaparsak, belki bir gün ona tamamen hükmetmeyi de başarabiliriz. Bu nedenle, daha şimdiden elimizden geldiğince onu kullanmak zorundayız. Dolayısıyla bu konu, bizi kitabımızın ilk bölümünün başlangıç cümlesine getiriyor. 1973 senesinde büyük evrimsel biyolog ve bir Ortodoks Hristiyan olan Theodosius Dobzhansky, evrimsel biyoloji literatüründe köşebaşı taşı kabul edilen makalesinin başlığını şöyle seçmiştir:

"Evrimin ışığı olmaksızın, biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur."

Bu sözler, günümüzde evrimsel biyolojinin bir mottosu gibidir. Ancak geleceği inşa edecek bilim insanları olarak bizler, sadece bununla yetinemeyiz. Bu mottoyu daha da ileriye taşımak zorundayız. Bu nedenle, bunca anlattıklarımız sonrasında, siz değerli okurlarımıza şunu açıkça ilan etmek ve bu noktadan sonra hangi yöne gitmeyi tercih edeceğinizi sizlere bırakmak istiyoruz:

"Evrimin ışığı olmaksızın, modern bilimde *hiçbir şeyin anlamı yoktur."*

Kaynaklar ve İleri Okuma

- Back, T., Hammel, U., & Schwefel, H. (1997). Evolutionary computation: Comments on the history and current state. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1), 3-17. doi:10.1109/4235.585888

- Bellows, A. (2007). *On the Origin of Circuits.* Alındığı site: https://www.damninteresting.com/on-the-origin-of-circuits/
- Brodbeck, L., Hauser, S., & Iida, F. (2015). Morphological Evolution of Physical Robots through Model-Free Phenotype Development. *PLoS ONE,* 10(6). doi:10.1371/journal.pone.0128444
- Brown, A., & Card, H. (1997). Evolutionary artificial neural networks for competitive learning. *Proceedings of International Conference on Neural Networks.* doi:10.1109/icnn.1997.614125
- Cliff, D., Husbands, P., & Harvey, I. (1993). Explorations in Evolutionary Robotics. *Adaptive Behavior,* 2(1), 73-110. doi:10.1177/105971239300200104
- *Computer Scientists Find Mass Extinctions Can Accelerate Evolution.* (2015). Alındığı site: http://news.utexas.edu/2015/08/12/mass-extinctions-can-accelerate-evolution
- Floreano, D., & Mattiussi, C. (2008). *Bio-inspired artificial intelligence: Theories, methods, and technologies.* Cambridge, MA: MIT Press.
- Floreano, D., & Keller, L. (2010). Evolution of Adaptive Behaviour in Robots by Means of Darwinian Selection. *PLoS Biology,* 8(1). doi:10.1371/journal.pbio.1000292
- Fogel, D. B. (1995). *Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence.* New York: IEEE Press.
- Lehman, J. & Risto M. (2015). Extinction Events Can Accelerate Evolution. *PLoS ONE,* 10(8). Doi: 10.1371/journal.pone.0132886
- *Robots Learn to Perform Tasks by "Watching" YouTube Videos.* (2015). Alındığı site: http://www.darpa.mil/news-events/2015-04-23-2
- Sekanina, L. (2005). Evolutionary Design of Gate-Level Polymorphic Digital Circuits. *Lecture Notes in Computer Science Applications of Evolutionary Computing,* 185-194. doi:10.1007/978-3-540-32003-6_19
- Ulanoff, L. (2015). Robot builds its own children, mimics evolution. Alındığı site: http://mashable.com/2015/08/12/robot-evolution
- Yang, Y., *et al.* (2015). Robot Learning Manipulation Action Plans by "Watching" Unconstrained Videos from the World Wide Web. *AAAI*

BÖLÜM XII

İNSAN ZEKÂSININ EVRİMİ

Tek Örnek Üzerinden Tüm Kitabı Toparlamak...

Çağrı Mert Bakırcı

Bu bölümle ilgili dikkatinizi çekebilecek ilk şey, diğer tüm bölümlerin aksine, spesifik bir bilim sahasının adını taşımıyor oluşudur. Bu, kasıtlı olarak tercih ettiğim bir farklılıktır, çünkü insan zekâsı tüm okurlarımızın yakından ilgisini çekmektedir diye düşünüyorum. Ancak ilgi çekici olmasının yanı sıra, bu kitap boyunca karşılaştığımız her bir bölümde öğrendiklerimizi bir arada toparlayan bir örnek olması bakımından önemlidir. Belki kitabımızın her bir bölümündeki tüm detayları bu bölümde bulmayacaksınız; ancak bu bölümde, her bölümden bir şeyler bulacağınızı garanti edebilirim.

Tabii ki bu bölümün amacı sadece kitabımızın bölümlerinin bir özetini yapmak değildir. Aynı zamanda insana dair çok kıymetli olduğunu düşündüğüm bazı bilgileri edinme şansını bulacaksınız. Bundan da önemlisi, insan zekâsına ve evrimsel biyolojiye nasıl yaklaşmanız gerektiğine dair son derece pratik bilgiler edineceksiniz. Ayrıca bu bölümde, önceki bazı bölümlerde detaylarına pek giremediğimiz bazı noktaları da daha derin inceleme imkânımız olacak. Hem konu "insana ait" olduğu için, birçok okurumuzun da hoşuna gidecek bilgiler verebileceğimi düşünüyorum. Bu bakımdan bu son bölümümüz, oldukça işlevsel ve pratik bir amaç gütmektedir, umuyorum ki amacına ulaşabilecektir.

Bu bölümde Evrim Ağacı okurları tarafından da sıklıkla sorulan ve cevaplarının anlaşılması durumunda evrimsel biyolojinin anlaşılmasında büyük adımlar atılabileceği iki soru üzerinde durmak istiyorum: *"İnsan zekâsı nasıl evrimleşmiştir?"* ve *"Neden sadece insan bu kadar zekidir?"*

Bu sorular, yanıtlanması o kadar da kolay sorular değildir. Sonuçta evrim tarihinde karşımıza çıkan en karmaşık yapıdan ve bunun evriminden söz et-

mekteyiz. Bu durum, çok kapsamlı bir analizi hak etmektedir. Bunun ötesinde, insan beyninin evriminin, insan evrimindeki çok fazla sayıda unsurdan etkilendiğini görmekteyiz. Bu durum da analizi karmaşıklaştırmakta ve konuya son derece hâkim olmayı gerektirmektedir. Umuyorum ki adım adım ilerleyerek bu zorlu sorunun üstesinden hep birlikte gelebileceğiz.

İlk olarak, Etoloji bölümünde sorduğumuz şu soruya bir vermemiz gerekiyor: *"İnsanı, diğer hayvanlardan farklı kılan -varsa- nedir?"* Bu soru, yüzlerce, hatta binlerce yıldır insan türünün kafasını kurcalayan bir mevzu olmuştur. Kimi bu soruya "ruh" cevabını vermiştir; kimi "edep" veya "ahlâk" demiştir, kimi "düşünce" demiştir. Hatta herkesin kendince bir cevabı bile olabilir: sanat, din, müzik, felsefe, vs. Ancak bilimin cevabı, gerçeğe ulaşmak için olması gerektiği gibi, edebiyattan, laf oyunlarından, gevelemelerden uzaktır; açık ve nettir: *"İnsanı diğer hayvanlardan ayıran birincil özellik, diğer hayvanlara göre daha büyük olacak şekilde evrimleşmiş beyin kapasitesidir"* ya da biraz daha sade kelimelerle *"fazlasıyla gelişmiş zekâ düzeyidir"*. Bu bizi üstün kılmasa da, türümüzü ayırt etmemizi sağlayan en önemli bileşendir diyebiliriz. Bunun ötesinde diğer hayvanlardan herhangi bir farkımız olmadığını; hatta bu farkın bile sadece niceliksel olduğunu diğer bölümlerimizde göstermiştik.

Dikkat edecek olursanız diğer kişilerce verilen ve insanı ayırt etmeye yönelik olan tüm cevapların da bilimin bu öncül cevabından doğduğu görülecektir. Çünkü beynimiz haricindeki hiçbir özellik bizi tek başına diğer hayvan türlerinden ayırmaya yetmezken, beynimizin evrimi olmaksızın sayılan bilim, sanat, felsefe gibi daha soyut sebeplerin de geliştirilmesi asla mümkün olamayacaktır. Dolayısıyla odaklanılması gereken nokta, beynimizin neden bu şekilde evrimleştiğidir.

İnsanların büyük bir kısmı beynin evriminin insanı ayırt edici özellik olduğunu kabul eder ve kendi kendilerine bunu fark etmişlerdir de... Ne yazık ki, bilimin her zaman farklı yönlere çekilmiş olmasından ötürü bu bilgi, insan kibri ve egosuyla birleştiği zaman, "en üstün canlı olmak", "en değerli varlık olmak" ve türevleri gibi gülünç, türcü, bilim dışı ve gerçeklikten uzak yorumlara dönüşmüştür. Her ne kadar bu saptırmalar bilimi alakadar etmese de, insanların egosunu ve benliğini okşayan bu teselliler ve övüşler, toplumların gerçeklerden uzaklaşmasına sebep olmuştur. Bunun ayırdına varan, yani kendisinin herhangi bir şekilde doğadan üstün olduğunu sanmanın temelsizliğinin farkına varan biri, zaten daha sağlıklı düşünmeye başlayacak ve tarafsızlaşacaktır. Neyse ki son birkaç yüz yıldır insanlık hızlı bir şekilde bu aydınlanmayı yaşamakta ve evrimsel biyolojinin keşfi ve tüm bilimlere nüfuz eden gücü sayesinde toplum da gerçeklere yaklaşmaktadır.

Peki, bize bu farkı ve gözlenebilir avantajı sağlayan beynin evriminin sebebi ve kökeni nedir? İşte bu soruya cevap verebilmeliyiz. Bunun için, evrimsel kökenimizde gittikçe geriye; en geriye gidebilmeliyiz. Ve bunu yaptığımızda göreceğimiz şey, kafatasımız ve içindeki beynimizin giderek küçüldüğüdür. İşte burada o meşhur soru kaçınılmaz olarak gelir:

ZEKÂYI ÖLÇMEK: BEYİN BÜYÜKLÜĞÜ VE ZEKÂ ARASINDA DOĞRUDAN BİR İLİŞKİ VAR MIDIR?

Bu konuya aslında Etoloji bölümünde değinmiştik; ancak orada sadece yüzeysel bilgiler verebilmiştik. Şimdi birazcık daha detaya inmek istiyorum.

Bilimin gelişmeye başlamasıyla birlikte sadece insanın değil, bir beyni ve sinir sistemi olan istisnasız her canlının zekâya sahip olduğu anlaşılmıştır. Beyni olan insan-dışı hayvanların tamamının belli seviyelerde zeki olduğunun; hayvanları otomatik olarak, sadece içgüdülerine dayanarak hareket eden makineler gibi düşünemeyeceğimizin ve hayvanların da insanlar gibi ancak onlardan daha kısıtlı algısal zekâya sahip canlı formları olarak değerlendirmemiz gerektiğinin keşfi, insanın "üstün" olduğunu iddia eden egosuna vurulan en ciddi ve muhtemelen nihai darbe olmuştur. Bu konunun detaylarına tekrardan girmeyeceğim; ancak bu noktada hatırlamanız gereken, beynin varlığı ile algısal zekânın kaçınılmaz varlığının eş anlamlı hale geldiğidir. İnsanlara özgü görülen yüksek algısal zekâ/bilinç, beyin evriminin bir yan ürünü olarak kaçınılmaz olarak doğmaktadır. Bir beyin ne kadar basit yapılıysa, o kadar düşük miktarda algısal zekâya sahip olacaktır (ve o kadar çok içgüdülere bağımlı olacaktır). Ancak buradaki anahtar, düşük beyin yapılarına sahip canlıların da nihayetinde düşünebiliyor, kararlar alabiliyor, fikirlerinden vazgeçebiliyor oldukları gerçeğidir. Ne var ki bu canlıların kararları elbette ki sol-sağ siyasi ideolojiler üzerine yapacakları bir tartışmayla ilgili olmak yerine, şu veya bu kayanın arkasına sığınmak, bugün şu veya bu bölgede avlanmak istemek gibi kendi yaşantılarıyla ilgili konularla ilgili olmaktadır. Modern bilim sayesinde bu farkındalığa erişmemiz ilk olarak insanları hayvanlardan ayırt etmek için uydurulmuş bir sözcük olan "beden-üstü ruh" kavramını ortadan kaldırmıştır. Buna bağlı olarak bilinç, zekâ, algı gibi kavramlar çok daha net bir şekilde somutlaştırılmış, beden-zihin arasındaki maddeci ilişki daha belirgin hale gelmiştir. Böylelikle hayvan zekâsının beynin bir ürününden öte olmadığı fark edilmiş ve bu beyin-zekâ ilişkisinde doğaüstü, maddeüstü, bilimüstü herhangi bir iddiaya yer olmadığı nihai olarak anlaşılmıştır.

Bunların fark edilmesinden sonra bilim insanlarının aklını kurcalayan nokta, eğer ki tüm beyinli canlılarda belli düzeyde bir zekâ bulunuyorsa, bunun nasıl ölçüleceği ile ilgili olmuştur. İlk başlarda, doğrudan beyin hacmi ile zekâ eşleştirilmeye çalışılmıştır; ancak kısa sürede bu yöntem anlamsızlaşmıştır. Çünkü bir filin (Afrotheria) beyni yaklaşık 5 kilogram kütleye sahipken, bir şişeburun yunusunki (Cetartiodactyla[1]) 1.5-1.7 kilogram, bir insanınki (Euarchontoglires[2]) ise 1.5 kilogram civarında bir kütleye sahiptir. Ancak açıktır ki,

1 Cetartiodactyla (Çift Toynaklılar) takımının yunus ile temsil edilmesi son derece hoş bir gerçeğe işaret etmektedir. Yunuslar ve balinalar gibi denizel memeliler, karalarda yaşayan çift toynaklıların (ayaklarında iki büyük tırnak olan karasal memeliler) atalarından ayrılarak evrimleşmişlerdir. Genetik olarak karasal çift toynaklılara öylesine yakındırlar ki, halen Cetartiodactyla (ya da kısaca Artiodactyla) takımı içinde kabul edilmektedirler.

2 Daha önceki bölümlerde insanın soy hattının taksonomisini incelemiş olsak da, insanın Eu-

her ne kadar filler de yunuslar da son derece zeki hayvanlar olsalar da, sahip oldukları zekâları insanınki ile kıyaslanamamaktadırlar. Dolayısıyla sadece beyin kütlesine bakmak çok işlevsel değildir.

Bunun üzerine bir grup bilim insanı, konuya yönelik ilk olası cevabı ileri sürmüşlerdir: *Beyin Hacminin Vücut Hacmine Oranı (BHVH Oranı veya B/V Oranı)* veya *Beyin Kütlesinin Vücut Kütlesine Oranı (BKVK Oranı veya B/K Oranı).* Beyni oluşturan kimyasalların yoğunlukları, tüm canlıların ortak ataları paylaşmasından ötürü kabaca aynıdır; dolayısıyla türler arası kıyas yaparken "hacim" ve "kütle" birbiri yerine kullanılabilmektedir. Kimi zaman buna kısaca *Beyin-Vücut Oranı* da denmektedir. Ancak bu kıyasın da Evrim Ağacı üzerindeki tüm türler arasında doğrudan doğruya yapılmasının sakıncalı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, Etoloji bölümümüzde de anlattığım gibi sadece vücut kütleleri birbirine kabaca yakın olan bireylerin B/V Oranı kıyasları yapılmaya başlanmış, sonra çeşitli matematiksel analiz yöntemleri kullanılarak farklı vücut kütlelerine sahip canlılar birbiriyle kıyaslanabilmeye başlanmıştır. Bu şekilde yapılan birazcık daha teknik olan oranlama sonucu ortaya çıkarılan sayıya da *Ensefalizasyon Katsayısı (Encephalization Quotient, EQ)* denmektedir. Ancak bunun da basitçe beyin kütlesinin vücut kütlesine oranlanması olduğunu düşünebilirsiniz. Tüm bu isimlerden de açıkça görülebileceği gibi, farklı hayvanların zekâsını analiz edebilmek için basitçe beyinlerinin kütlesini (veya hacmini), vücudun kütlesine (veya hacmine) bölerek bir oran bulunur. Bu sayı ne kadar büyükse, hayvan da o kadar zekidir demektir.

Dikkat edilebileceği gibi bu oranlamada *"beyin büyüklüğü eşit olan canlılardan, vücudu daha küçük olan daha zeki olmaya meyillidir"* şeklinde bir sonuç doğmaktadır. Tam tersi şekilde, vücut hacmi yaklaşık olarak aynı olan canlılardan beyin hacmi daha büyük olan daha zekidir.

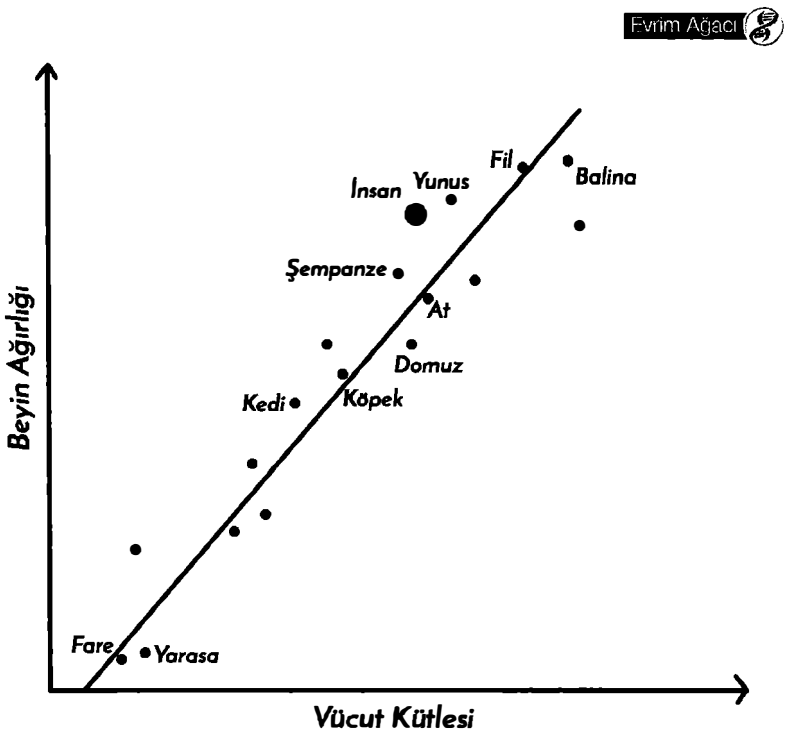
Bu yaklaşımın temelinde, çok basit bir şekilde, beynin büyüklüğünün çok önemli bir kısmının motor faaliyetlerle ilişkili olduğu ve dolayısıyla beynin büyük bir kısmının kasları kontrol etmeyle ilgisi olduğu varsayımı yatmaktadır. Bu varsayım, oldukça yüzeysel olarak bakıldığında geçerli gibi gözükmektedir. Örneğin dünya üzerindeki en büyük hayvan olan balinaların beyni de en büyüktür; buna rağmen bariz bir zekâ farkına sahip değildirler. Bunun sebebi, büyük beyinlerinin ezici çoğunluktaki kısmının devasa büyüklükteki vücutlarının dört bir yanına dağılan sinir ağını kontrol etmeye harcanıyor olmasıdır. Bir diğer deyişle, vücutları büyük olduğu için beyinlerinin de büyük olması son derece beklendiktir.

Bildiğimiz anlamıyla zekâdan söz edebilmemiz içinse beynin özel bazı bölgelerinin büyümesi gerekmektedir. Fakat bu en temel düzeydeki kıyaslamada,

archontoglires isimli süpertakım içinde yer aldığından söz etmemiştik. Euarchontoglires, içinde Kemiriciler (Rodentia), Tavşanımsılar (Lagomorpha), Sivrisincapçıkgiller (Scandentia), Primatlar (Primata) ve Abalı Memeliler (Dermoptera) takımlarını barındıran taksonomik bir gruptur. Artık bildiğiniz gibi insanlar, Primatlar altında bulunan hayvan türleridir ve Primatlar, kemirgenimsi hayvanlardan evrimleşmiştir.

henüz beynin farklı bölgelerinin birbirine oranlarının zekâya etkisi üzerine odaklanılmaz; sadece salt beyin kütlesine (veya hacmine) ve bunun vücut kütlesine (veya hacmine) oranına bakılır.

Birçok canlının beyin büyüklüklerini vücut hacimlerine oranladığımızda ortaya çıkan veri noktalarını en iyi ifade eden geometrik şekil, logaritmik bir skalada gösterilen doğrusal bir çizgidir. Bu çizgi, *Beklenen Ortalama B/V Oranı* olarak niteleyebileceğimiz orandır. Yani bu çizginin tam üzerinde olan canlılar, vücut büyüklükleriyle tam olarak uyumlu beyin büyüklüğüne sahiptirler. Dolayısıyla bu yaklaşım dahilinde "vücut büyüklüklerine göre olmaları gerektiği kadar zeki"dirler.



Görsel 12-1: Beklenen ortalama beyin/vücut oranlarına bazı örnekler. İnsanın çizgiden sola doğru en uzak tür olduğuna dikkat ediniz.

Öte yandan bu çizginin sol-üst tarafına ne kadar gidilirse, beyin büyüklüğü vücut büyüklüğüne nazaran o kadar daha iri demektir. Yani bu canlılar "vücut büyüklüklerine göre olması gerekenden zeki" türlerdir. Sol-üst tarafa gitmenin zekânın fazla olduğunu gösterme sebebi, grafik düzleminde sol üst tarafa doğru gidildikçe vücut kütlesinin azalması, beyin kütlesinin ise artmasıdır. Dolayısıyla beyin-vücut oranı sol üst köşeye doğru giderken hızla artar. Dikkat edebileceğiniz gibi bu grafikte insan, çizgiden sol üst tarafa doğru en uzak olan türdür!

Dolayısıyla bu yaklaşım, insanların zekâ farkını gerçekten de yansıtmakta gibi gözükmektedir (ancak bu sizi yanıltmasın, bu yaklaşımın neden hatalı olduğunu az sonra izah edeceğim). Eğer bir hayvan grafiğin sağ-alt tarafına düşüyorsa, beyin kütlesi vücuduna göre küçük demektir, bu durumda "vücut büyüklüğüne göre olması gerekenden daha az zeki" demektir.

Bu yaklaşımın avantajı, beyin büyüklüğü ile zekânın tam olarak doğru orantılı olmadığını göstermesinden gelmektedir. Çünkü, ileride de anlatacağım gibi beyin, son derece masraflı, son derece ağır, son derece enerji isteyen, son derece yüksek riskler taşıyan, son derece tehlikeli bir organdır ve aslında evrim tarafından kolay kolay desteklenmesi beklenen bir yapı değildir. Dolayısıyla, bir canlının vücut büyüklüğü, beynini beslemek ve korumak için harcayacağı enerjiyi sınırlandırmaktadır. Küçük bir bedeni kontrol etmek, gizlemek, kullanmak, vs. büyük bir bedenden çok daha kolay olduğu için, canlının zekâsını ölçmek için beynin büyüklüğünün vücudun büyüklüğüne oranlamak gerektiği düşünülmüştür.

Bu oran, gerçekten de, birçok durumda en azından basit düzeyde analizler yapabilmek için işe yaramaktadır. Örneğin memeli deniz hayvanları arasında yunuslar en yüksek B/V Oranı'na sahiptirler ve gerçekten de eğitilme ve zeki davranışlar gösterme konusunda en ileri olan onlardır. Benzer şekilde, şimdiye kadar incelenmiş ve zekâsını kullanabildiğini ispatlamış en önde gelen iki omurgasız ahtapotlar, mürekkepbalıkları ve zıplayan örümceklerdir. Bu hayvanların zekâlarının dikkate değer yüksek oluşunun biyologlar tarafından fark edilmesinden çok daha sonra biyolojide formülize edilen ve resmi olarak kullanılmaya başlayan B/V Oranı'na bakıldığında, tüm omurgasızlar arasındaki en yüksek değerlerin gerçekten de bu canlılara ait olduğu görülmüştür. Keza omurgalılar içinde kargagiller, filler, kurtlar ve tabii ki insanın yakın akrabaları olan şempanzeler, goriller ve orangutanlar (ve hatta diğer daha uzak maymun kuzenlerimiz de) bu grafikte tam da beklenen noktalarda yerlerini almaktadır. Bu, işe yarar bir ölçüt (metrik) bulduğumuzu düşündüren, son derece umut verici tespitlerdir!

Ancak örneklemeye ve araştırmaya bağlı olarak farklı sonuçlar veren türler bulunmaktadır. Örneğin bazı analizlerde yarasalar ortalamanın altında bir zekâya sahipken, bazı diğerlerinde ortalamanın üzerinde bir zekâya sahip oldukları görülmektedir. Bunun sebeplerinden birisi deneyde kullanılan örneklerde tür içi çeşitlilik bulunması olabileceği gibi, hangi yarasa türlerinin[3] dikkate alındığı da sonucu etkileyebilir.

Bunun haricinde, bu tür matematiksel bir analiz ile uyumsuz olan örnekler de tespit edilmiştir. Örneğin bazı maymun türleri, gözlemsel verilerle uyumsuz bir şekilde daha düşük beyin-vücut oranına sahiptirler. Yine benzer şekilde Etoloji bölümümüzde de anlattığım gibi bazı hayvanların zekâsının da

3 Dünyada bugüne kadar tanımlanmış 1240 civarında yarasa türü bulunmaktadır.

beyin-vücut oranının gösterdiğinden daha düşük olduğu görülmektedir. Yani deneysel olarak çeşitli türleri zekâ testlerine tabi tutup incelediğimizde, B/V Oranı'nın verdiği kadar yüksek zekâ belirtisi göstermeyen hayvanlar bulunduğu gibi, oranı küçük olmasına rağmen aşırı zekâya sahip canlılar da bulunduğunu görmekteyiz.

Bu sebeple bu analiz her koşulda geçerliliğini koruyamamaktadır. Hele ki bazı türlerin bu grafiklerde insana çok yakın konumlanmasına rağmen, insana bu kadar yakın düzeyde zekâya sahip bulunmayışı da bu yaklaşımı sıkıntıya sokmaktadır. Bu durum belki söz konusu beyin olduğunda aradaki en ufak farkların bile devasa farklılıklar yaratabildiği gerçeğiyle izah edilebilir; ancak yine de bu tüm bilim insanlarını tatmin eden bir açıklama değildir.

Bilim insanları, evrimsel biyolojinin güçlenmesi ve sinirbilimin de önünü açması sayesinde beyni ve evrimini her geçen gün daha iyi tanımaktadırlar. Buna paralel olarak yeni tanımlar ortaya çıkmıştır. Örneğin bazı bilim insanları beynin genel hacmi veya kütlesinden ziyade, nöron sayısının zekâyı belirlediğini ileri sürmüştür. Bu konuda yapılan araştırmalar, bunun kısmen doğru olduğunu; ancak nöron sayısından ziyade sinaps (nöron bağlantısı) sayısının zekâyı daha fazla etkiliyor olabileceğini göstermiştir. Ne var ki bir türün nöron/sinaps sayısını güvenli bir şekilde bilmek teknolojik yetersizliklerden ötürü şimdilik oldukça zordur, dolayısıyla bu alanda pratik bir kıyaslama yapmak çok zordur.

Beynin daha iyi anlaşılmaya başlamasıyla, aslında bir bütün olarak kütlenin ya da tüm nöronların zekâ ile doğrudan ilişkili olmayabileceği görülmeye başlanmıştır. Çünkü bir türü diğerinden ayıracak kadar davranışlara etki eden beyin bölgeleri, beynin tümüne dağılmış halde değildir. Özellikle beyindeki bazı bölgelerin var olup olmadığı veya bu bölümler canlılarda bulunuyorsa da, bu bölgelerin diğer türlere göre ne kadar gelişmiş, karmaşıklaşmış, büyümüş olduğu zekâya doğrudan etki etmektedir. İşte bu bölgelerin başında memeli hayvanlarda bulunan *neokorteks* gelmektedir. Kuşlar gibi bazı diğer sınıflarda da, memelilerde bulunan bu beyin bölgesinden bağımsız olarak evrimleşen ancak benzer görevleri üstlenen kısımlar tespit edilmiştir. Bu, kuşların gözlenebilir zekâsının kaynağı olarak görülmektedir.

Neokorteks, en basit tanımıyla, bir canlı bireyinin davranışlarının farkında olmasını sağlayan, bir diğer deyişle, -diğer birçok özellikle birlikte- "bilinci" kazandıran bölgedir. Biliyoruz ki bir canlının zekâsı, onun bilinci, daha doğrusu algısal davranışlarıyla doğrudan ilişkilendirilebilmektedir. Neokorteksi oransal olarak daha büyük olan hayvanlardaysa, algısal zekânın daha karmaşık ve güçlü olduğu görülmektedir. İşte tam olarak bu sebeple son zamanlarda hayvanların zekâsı *Neokorteksin Beyne Oranı* veya kısaca *Neokorteks Oranı* denen bir oranla ölçülmeye başlamıştır. Yani zekâ, vücut büyüklüğünden bağımsız hale getirilerek, vücut ve beyin ne boyutta olursa olsun, neokorteksin zekâyı asıl belirleyici rolde olduğu ileri sürülmüştür. Bu açıdan bakıldığında insanların neokorteks oranının diğer hayvanların ortalamasından 4 kat fazla olduğu

görülür! Genel olarak maymunlar ortalamadan 2-2.5 kat büyük neokortekse sahiptir. Primatların daha ilkin bir grubu olan Ön Maymunlar'da ise neokorteks ortalamadan 1.2-1.4 kat büyüktür. Tüm bunlar, oldukça beklendik şekilde bir örüntü gösteriyorsa da, neokorteksi bulunmayan canlıların zekâlarının kıyaslamasında kullanılmasının mümkün olmaması bakımından sıkıntılar doğurmaktadır.

Kısaca, şu anda tüm canlıları kapsayacak bir zekâ kıyaslaması yapmanın çok güvenilir bir yolu bulunmamaktadır. Hatta kimi zaman aynı tür içindeki kıyaslamalar bile oldukça güç olabilmektedir. Örneğin bir hayvan türü olarak insanın zekâsını ölçmek adına geliştirilen IQ-Tesleri, oldukça farklı sonuçlar verebilen, genel geçer olarak kabul edilmeyen, sadece analitik zekâya dair yüzeysel fikirler verebilen, genellikle zekânın tek bir boyutunu ölçmeye yarayan, kültürden kültüre farklı ve tutarsız sonuçlar verebilen testlerdir.

Dolayısıyla zekânın analizi ve kıyaslanması çok zordur ve genellikle bilim insanları hayvanlarda bireysel zekâyı ölçebilmek adına "karşılaşılan sorunlara karşı orijinal çözümler üretebilme başarısı"na bakarlar. Bu sayede kargalar gibi halihazırda zeki olduklarına dair elimizde bol miktarda veri olan türleri pratik olarak test edebilmiş oluruz. Zaten "zekâ" dediğimiz kavram da genellikle bununla belirlenmektedir. Ne var ki bu yöntem de çok başarılı değildir; zira her hayvanın kendi yaşamında karşılaştığı zorluklar birbirinden farklı olabilir. Bir sorunu çözmede bir hayvan daha başarılıyken, bir diğer sorunda bir diğeri daha başarılı olabilir.

Bu noktada açık olarak söyleyebileceğim tek bir şey varsa, o da şudur: Zekâ, beyin büyüklüğü ile yaklaşık olarak doğrudan ilişkili gibi gözükmektedir; ancak aradaki bu ilişkinin, canlılar arası kıyaslama yapmak adına evrenselleştirilmesi henüz mümkün olmamıştır.

Şansımıza bu sorun, bölümümüzün ana argümanlarını etkilememektedir. Yine de bu tartışmalara dair temel bilgilere sahip olmak, bölümün ilerleyen kısımlarındaki konuları daha net anlayabilmenizi sağlayacaktır. Çünkü bu kısımda öğrendiklerimiz, bizi bir sonraki kısmımıza götürecek olan soruları sormaya itmektedir.

BEYNİ TANIMAK: İNSANIN BEYNİ NEDEN BU KADAR BÜYÜKTÜR? NEDEN İNSAN EN ZEKİ HAYVANDIR?

Peki neden? Neden beynimiz bu şekilde evrimleşmiştir? Şempanzeler veya bonobo maymunları ile ortak atamızdan sonra bizde ne değişmiştir de bugünkü modern insana giden koldaki beyin hacmi sürekli artmış; ancak diğer koldaki (günümüzün modern bonobo maymunlarına ya da şempanzelerine giden koldaki) beyin hacmi göreceli olarak daha az artmıştır ya da pek değişmemiştir? Sadece bu maymunlar değil elbette, neden herhangi bir diğer hayvan bu kadar

yüksek bir zekâ düzeyine ulaşamamışken, sadece insan türü bunu elde edebilmiştir? Evrim, neden insanın zekâ gelişimini böylesine "orantısız" bir şekilde desteklemiştir?

Bu sorulara cevap verebilmek için ilk olarak beynimizin gelişmesinin pek çok çevresel ve genetik etmene bağlı olduğunu anlamamız gerekmektedir. Bunları ve bunların aralarındaki ilişkileri anlayabilmek içinse, insanın geçirdiği evrimin tarihi yolaklarını incelememiz gerekmektedir:

Her canlı, varlığını sürdürme mücadelesinde hayatta kalabilmek ve üreyebilmek için pek çok çeşitli "silahlar" geliştirmiştir. Ayı, güçlü bünyesini ve pençelerini, çita muazzam hızını; geyik, çitadan kaçmak için incecik ama güçlü, hızlı zikzaklar çizmesini sağlayan bacaklarını, timsah sinsiliğini ve güçlü çenesini, köpekbalığı ölümcül dişlerini ve süratini ve daha nice canlı (hayvanlar, bitkiler, protistalar, mantarlar, bakteriler ve arkeler), nice özelliklerini hayatta kalabilmek ve üreyebilmek için evrimleştirmiştir. İşte bir hayvan olan insanın silahı da, zekâsıdır.

Bir organ olarak bakıldığında aslında beynin diğer organların ve sistemlerin evriminden herhangi bir farkı yoktur. Yani bir kasın gelişmesi, saldırı gücünü arttıran bir organın evrimleşmesi ile beynin irileşmesi arasında fiziksel pek bir farklılık bulunmaz. Bu açıdan bakıldığında beynin pek de ilgi çekici bir tarafı bulunammaktadır. Ancak beynin yolunu açtığı diğer yan özellikler, yani beyin ile birlikte adeta bir "paket halinde" gelen yan özellikler insanın farkını yaratmaktadır. Bu özelliklerin beyinden doğabiliyor olduğu gerçeği, beyni evrendeki en nefes kesici yapılardan birisi kılmaktadır. Belki de beynin bu şaşırtıcı doğası, ona dair anlatılan sayısız metafizik masalın arkasında yatan da ana nedendir.

İnsanın doğadaki başarısının arkasında yatan en önemli unsurlardan birisi aşırı karmaşık sosyal yaşantısıdır. Aslında doğada birçok hayvanın sosyal ya da sosyal sayılabilecek ilişkiler dahilinde yaşadığını görmekteyiz. Yunuslar ve balinalar çok iyi bir iletişim kurabilme yetisine sahiptirler ve çok sıkı sosyal bağlara sahiplerdir. Karıncaları belki de "karınca" yapan olgu, son derece karmaşık olan sosyal yapılarıdır. Arılar da bu sosyal düzenekler sayesinde hayatta kalabilmektedir. Filler, bir insanı şaşırtacak derecede karmaşık ve sıkı sosyal ilişkilere sahiptir. Ancak bunların hiçbiri, insanın sosyal yapısı kadar üst düzey, karmaşık ve grift yapıda değildir. İşte insana gidecek olan evrimsel yolağı başlatan da bu popülasyon içi sosyalliğin itici gücüdür. Bunu ilerleyen sayfalarda da göreceğiz.

Bugüne kadar fark etmiş olabileceğiniz gibi insan, sosyal olabildiği ölçüde başarılıdır. Ancak bu, öyle "istemeyle" ya da "bir anda" olabilecek bir şey değildir. Günümüzdeki maymunlar (Simian) infratakımının çok büyük bir kısmı, hatta tamamına yakını, sosyal hayvanlar olarak yaşamaktadırlar. Ancak insana ait kolu (soy hattı) bir adım öteye götüren nokta, insanın bunu hayatta kalmak için kullanmaya başlaması, hayatının merkezine yerleştirmiş olmasıdır.

İnsan beyninin evrimiyle ilgili teorilere baktığımızda ilk gördüğümüz nokta, gelişmiş bir beynin hayatta kalmayı arttıracak özellikler sağlamasıdır. Ancak bu, tek başına yeterli değildir. Çünkü eğer öyle olsaydı, diğer maymunlar da, en azından birkaç tür, bunu başarabilirdi. Bu durumda insanın evrimsel patikasını farklı kılan bu unsur açıklanmalıdır. Bunun sebeplerini anlamak, beyni daha yakından tanımayı gerektirmektedir.

Beyin, şimdiye kadar evrimsel süreçte gördüğümüz ve bildiğimiz en pahalı organdır. Bu pahası, sadece harcadığı enerji sebebiyle değildir (en başlıca neden o olsa da). Beynimiz, yaklaşık 25 Watt enerji tüketmektedir ve bu, eskiden kullanılan verimsiz ampullerle kabaca aynı miktarda enerji demektir. Ayrıca beynimiz, vücudumuzun kütlece sadece %2'sini kaplarken, oksijen ile besinleri yakmak suretiyle elde ettiğimiz günlün enerjinin %20'sini tek başına tüketmektedir. Yani beyin, inanılmaz masraflı bir organdır. Bu da, ilerleyen sayfalarda tekrar değineceğim gibi, insandaki kadar karmaşık beyinlere bu kadar nadir rastlamamız arkasında yatan ana nedenlerden birisidir. Fakat aslında beynin bu kadar yüksek bir enerji sarfiyatına sahip olmasının son derece anlaşılır nedenleri bulunmaktadır:

Beynimizde 86.000.000.000 (86 milyar) nöron bulunur. Bunun 4 ila 50 katı kadar gliya hücresi bulunmaktadır. Gliya hücreleri de, sinirsel iletime katkı sağlayan, nöronları destekleyen sinir hücreleridir. Onları saymamız nöronları saymaktan bile zor olduğu için sayılarına dair tahminler oldukça muğlaktır. Ancak hem gliya hücrelerinin yardımı, hem de nöronların kendi iç yapısı sayesinde nöronlar üzerinden elektrik iletimi saatte 150-350 kilometre gibi hızlarla yapılabilmektedir. Vücudumuzun 1.7 metre kadar uzunlukta olduğu düşünüldüğünde, neden her şeyi "anlıkmış gibi" yaşadığımızı anlamak mümkündür. Çünkü vücudumuzun en uzak iki noktası arasındaki sinyal iletimi bile, 1 saniyeden on binlerce kat kısa sürede yapılabilmektedir. Buna, değerlendirme ve cevap üretme süreleri eklense bile, vücudumuzun dört bir yanından gelen sinyaller saniyenin yüzde ve binde biri gibi sürelerde işlenir, değerlendirilir ve algıya dönüştürülür. Bu sebeple etrafımızda süregelen hemen her şeyi anlık olarak hisseder ve yaşarız.

İnsanı "insan" yapmakta önemli rolü olan, düşünceleri üreten, algılarımızı sağlayan ve derinleştiren, zekâmızı bize kazandıran neokorteksi de içinde barındıran serebral korteks bölgesinin kalınlığı sadece 4 milimetredir. Bu, yaklaşık 4 kredi kartının üst üste koyulmasıyla elde edebileceğiniz bir kalınlıktır. Elbette serebral korteks, algı ve bilinç gibi bu yetileri alt beyin bölgelerden aldığı bilgilerle sağlayabilmektedir. Dahası, böylesine ince olmasına rağmen serebral korteksin yüzeyinde aşırı fazla miktarda girinti ve çıkıntı bulunmaktadır. Eğer ki bu girinti ve çıkıntıları düzleştirecek şekilde serebral korteksi bir yüzeye yaysaydık, beynimizin sadece bu bölgesinin katlanmamış yüzey alanı 2500 santimetre kare civarında olacaktı. Bu, yaklaşık olarak, sıradan bir gazetenin katlanmamış büyüklüğü kadardır.

Beynimizde, 650 kilometre uzunluğunda kılcal damar bulunmaktadır. Bu, Konya ile İstanbul arasındaki mesafeye yaklaşık olarak eşittir. Beynimizdeki sinir hücresi kuyruklarının (aksonlarının) uzunluğu 160 bin kilometre civarındadır. Bu, Dünya'nın çevresinin 4 katı demektir. Ancak bu "uzunluk kıyasları" bilimsel anlamda çok da mantıklı değildir; hatta birçok açıdan tamamen saçmadır. Zira bahsettiğimiz boyut, mikroboyut iken, Dünya'nın çevresi olarak kıyasladığımız boyut mezo (orta) boyuttur. Bizim Dünya'mızdaki 160 bin kilometre, mikro ve nano dünyada aynı anlama gelmez. Fakat bu uzun bir tartışma olduğu için burada detaylarına girmek istemiyorum.

Beynimiz, saniyede 10.000.000.000.000.000 (10 katrilyon veya $10x10^{15}$) işlem yapabilmektedir. Bazı kaynaklar beynin işlem hızını 30, bazıları 35 katrilyon olarak vermektedir. Eskiden bunun 100 katrilyonu, hatta 150 kentrilyonu aştığı düşünülüyordu. Bunu tam olarak hesaplaması zor olsa da, şu anda daha yoğunlukla saniyede 10-30 katrilyon işlem veya saniyede 60 bit işlem sayıları üzerinde durulmaktadır. Dünyanın en hızlı süperbilgisayarları arasında olan Tianhe-2, saniyede 33.860.000.000.000.000 (33.86 katrilyon) işlem yapabilmektedir ve bunlar insan beyninden daha hızlıdır. Yani yaklaşık 1000 yıllık insan teknolojisi, 200 yıllık modern insan teknolojisi, 4.5 milyar yıllık doğa teknolojisine, en azından bir alanda sonunda yetişebilmiştir. Ancak unutmamak gerekiyor ki bu süperbilgisayarlar 1.5 litrelik (0.0015 metreküplük) ufacık bir hacme değil, onlarca ve hatta yüzlerce metreküplük devasa binalara sığmaktadır. Bu bakımdan halen teknolojimizin alması gereken çok yol vardır.

Beynimizde 10.000.000.000.000 (10 trilyon) nöron bağlantısı (sinaps) bulunmaktadır. Bu sinapslar sayesinde, aynı anda birden fazla işlem yapılabilir. Dolayısıyla günümüzdeki birçok bilgisayarın yapabildiğinin aksine, beyin paralel işlem yapma konusunda müthiş bir başarıya sahiptir. Beynimizdeki bu sinapsların sayısı, vücudumuzdaki hücre sayısı ile hemen hemen aynıdır. Ancak bu kıyaslama da çok mantıklı değildir, çünkü sinaps, sinir hücreleri arasındaki "boşluğun" adıdır. Hücrelerin sayısı ile kıyaslamak anlamsızdır; yine de miktar hakkında bilgi vermesi açısından işlevsel olabilecektir.

Karadaki en uzun sinir kuyruğu (akson), 4.5 metre uzunluğundadır ve zürafaya aittir. Bu akson, zürafanın beyninden çıkar ve arka ayak parmak uçlarına kadar gider. Denizlerdeki (ve aynı zamanda gezegendeki) en uzun akson, 9.1 metre uzunluk ile balinalardadır.

Ancak her sistem gibi, karmaşıklık arttırkça sorunlar da aynı miktarda artmaktadır. Beyin, en fazla sayıda hastalığa sahip organlardan birisidir. Dünya üzerindeki her 4 insandan 1'i an itibariyle beyinden kaynaklı bir zihinsel hastalıkla boğuşmaktadır (buna kanser gibi fiziksel hastalıklar dahil değildir!). Örneğin dünyada 2 milyon insan epilepsi, 4 milyon insan Alzheimer, 4 milyon insan felç hastalıklarına sahiptir. Görebileceğiniz gibi beyin, vücudumuzun en kolay "hastalanan" organlarından birisidir. Bu da, evrimsel süreçte aşırı hızlı farklılaşmasına karşılık yeterince "törpülenmemiş" olmasından ileri gelmek-

tedir. Beynimizin evrimiyle kendimizi doğadan soyutlamamız, beyni nesiller içinde daha başarılı hale getirebilecek tek doğal unsur olan seçilim baskılarını yenmemizi sağlamış, bu sebeple de evrimimizi yavaşlatmıştır. Buna bağlı olarak da beynimiz, sayısız hastalıkla donanmış olarak evrimleşmiştir.

Tüm bunlar haricinde beyni korumak da çok zor bir iştir. Nöronlar ağı, sert bir yapıdan oluşmamaktadır ve kolayca hasar görebilmektedirler. Bütün vücudun kontrol mekanizması tek bir merkezde toplanmıştır. Dahası, organ ve sistemlerdeki merkezileşme evrim ekonomisi ve enerji tasarrufu açısından faydalı[4] olduğu için, duyu organlarına ait bütün sinirler de beyinde toplanmaktadır. Zaten birçok duyu organımız da (burun, kulak, göz, vs.) halihazırda beyne yakın bölgelerde bulunur; bu sayede iletişim hızı arttırılır. Bunun bir diğer sebebi de birçok canlının kafası önde hareket ediyor olmasıdır. Duyu organlarının kafada ve beyne çok yakın bulunması, etraftan gelen verilerin derhal işlenebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sayede canlı, vücudunun geri kalanı tehlikeye atılmadan ortamını analiz edebilmektedir. Ancak duyu organlarının "önde gitme" zorunluluğu ile "beyne yakın olması" avantajının bir arada oluşu, beynin de önden giderek riske atılmasına neden olmaktadır.

Tüm bunlar çeşitli açılardan mantıklı olsa da, beyin kadar önemli ve hayati bir organın kafa içinde bulunuyor olmasının çok ciddi bir dezavantajı da vardır: Avcılar bu organın varlığını bilmektedir ve saldırı stratejilerini de bu organı parçalamaya veya öldürmeye yönlendirmektedirler. Bu nedenle birçok avcı, avlarının yumuşak olan ama aynı zamanda beyne besin ve kan gönderen boynu hedef almaktadır. Dolayısıyla beyne sahip olan bir canlı, aynı zamanda onu korumak için yöntemler evrimleştirmek durumundadır. Bu da aşırı masraflı bir iştir. Kafatası dediğimiz kemik, son derece sert bir yapıdır; üretimi, gelişimi, bakımı oldukça masraflıdır. Beyin ve kafatasının kütlesi genellikle canlı için büyük bir yüktür. Ancak görevinin önemi sayesinde bu masraf makul görülebilir.

Tüm bunlar ve pek çok daha fazlası, beyni son derece masraflı ve riskli bir organ haline getirmektedir. Dolayısıyla beyin, evrimin çok net bir takas ilkesi ("trade-off") örneğidir. Büyük beyin iyidir. Çok daha fazla işlevsel faaliyeti bir arada sürdürebilmenizi, karmaşık ve hayati işlemleri yapabilmemizi sağlar. Dolayısıyla zekânın, düşüncenin, duyguların evrimleşebilmesinin önünü açar. Ancak öte yandan çok masraflıdır, besin tüketiminin çok daha fazla olmasına sebep olur, ölme riskini çok daha arttırır ve beyinde meydana gelebilecek hasarlar canlıya çok daha fazla zarar verebilir. Bu sebeple doğada asla *ihtiyaçtan fazla* işleve sahip bir beyne rastlamak mümkün değildir. Gördüğümüz "beklenenden büyük" olan beyinlerin tamamı, evrimsel biyoloji sayesinde net bir şekilde açıklanabilen, iyi sebeplerle evrimleşmiştir. Zaten sözünü ettiğim gibi beyin

4 Bir organa sahip olmak, o işi gerçekleştiren hücrelerin dağınık bir halde bulunmasına göre enerji açısından daha tasarrufludur. Bu nedenle canlılar karmaşıklaştıkça dokular, organlar ve sistemler gibi daha organize yapılar evrimleşmiştir.

büyüklükleri, genellikle beklenen oranı aşırı miktarlarda geçemez. Sadece bazı spesifik türlerde bu beyin evriminin ciddi anlamda ileri boyutlara vardığını görürüz - ki işte bu kısımda aslen incelediğim soru da budur. Neden bazı hayvanlarca (özellikle de insanda) bu kadar masraflı bir organ bu kadar şiddetli bir şekilde desteklenmiş ve evrimsel süreçte oluşmuştur? Hangi şartlar bu evrimin önünü açmıştır?

Biz insanlar uçaklar yapmanın, binalar inşa etmenin, şehirler yaratmanın ve hatta düşünmenin var oluşumuz açısından büyük öneme sahip olaylar olduğunu sanır, bunlarla avunur, kendimizi överiz. Elbette ki bunlar insanlığın ürettiği önemli yapıtlardır. Ancak insanın sıklıkla gözden kaçırdığı nokta, kitap boyunca da sıklıkla gördüğümüz çok temel bir doğa gerçeğidir. Canlıların, evrimsel açıdan sadece iki adet biyolojik varlık amacı vardır: *hayatta kalmak* ve üremek. Dolayısıyla evrimsel tarihte sadece bu iki amaca katkı sağlayan özellikler desteklenmiştir, diğer hepsi elenmiştir. Öyleyse insan beyninin yarattığı bu eserlerin evrimsel anlamı nedir? Diğer canlılar neden bu tip işler başaramamaktadır?

Görmemiz gereken şudur ki, eğer bir canlının beyni ihtiyacından fazla evrimleştiyse, bu organ nihayetinde ona çok daha büyük masraflar riskler getirecek ve er ya da geç elenecektir. Dolayısıyla sırf Mona Lisa çizme ihtimali olduğu için, Empire State gibi binalar inşa etme potansiyeline sahip olabileceği için, kuantum fiziği ve evrimsel biyoloji gibi ileri bilimleri keşfedebilme şansı olduğu için vahşi doğada insanınki gibi beyinlerin evrimleşmesi gerektiğini düşünmek hatalıdır. Bunların hiçbirinin evrimsel süreç açısından bir anlamı bulunmamaktadır. Dolayısıyla anlamamız gereken en önemli nokta şudur: Eğer ki beynin yan ürünleri olarak ortaya çıkan bu eserlere bakarak beynin evrimini anlamaya çalışırsak hataya düşeceğiz! Beynin yapabildiği muazzam işlerin her biri, beyin evrimi sırasında ortaya çıkan karmaşıklığın bir sonucudur. Dolayısıyla incelenmesi gereken kültürel evrimin ürünleri olan binalar, uçaklar, vs. değil; biyolojik evrimin bir ürünü olan beynin nasıl ve neden evrimleştiğidir. Bunu anladığınız takdirde göreceğiniz üzere, insanın beynini ürettiği karmaşık sanat eserlerinden, teknolojiden, bilimden, felsefeden ve dinden ayıkladığınızda, geriye çok daha somut, çok daha net incelenebilir ve bilim, sanat, felsefe gibi üst düzey fonksiyonları da daha basit parçaların sinerjisinin bir ürünü olarak anlaşılabilir bir organ kalmaktadır.

Bu nedenle, *"Neden diğer hayvanlar daha büyük beyinler evrimleştirmemişlerdir?"* sorusunun en basit (ve belki ilk bakışta pek de tatmin edici olmayan) cevabı şudur: Çünkü ihtiyaçları yoktur!

Ancak sebep, izah edilmediği takdirde her ne kadar tatmin edici değil gibi gözükse de, aslında gerçekten budur!

Sözünü ettiğimiz, insan da dahil olmak üzere bazı diğer iri beyinli hayvanlar haricinde hiçbir türün evrimsel tarihinde beyin gibi masraflı bir orga-

nın büyümesinin gerektirecek kadar ciddi bir seçilim baskısı görmemekteyiz. Üstelik az sonra değineceğim gibi, beyin evrimini tetikleyecek koşulları da, son derece sınırlı sayıdaki birkaç canlıda görüyoruz - ki insan bunların başında geliyor. Ancak ilerleyen sayfalarda göreceğimiz koşulların hepsinin (ya da bir kısmının) her bir araya geldiği türde, gerçekten de beynin tekrar tekrar irileşecek şekilde evrimleştiğini görmekteyiz. Dolayısıyla insandaki beynin evriminin diğer canlılarda tekrarlanamaması için herhangi bir neden yoktur. Ancak eğer ki bu evrim tekrarlanmıyorsa, bunun başta evrimsel biyoloji olmak üzere bu kitapta gördüğümüz bilim dallarının işbirliği sayesinde açıklanabilir nedenleri vardır.

Burada uyarmak isterim ki, insan ve benzeri iri beyinli hayvanlardaki beynin evrimini tetikleyen bu şartlar "özel olarak ayarlanmış" şartlar değildir. Nasıl ki çitanın hızlı ve güçlü bacaklarını oluşturan bazı koşullar varsa, papağanların eşsiz ses kabiliyetlerinin arkasında yatan bazı evrimsel koşullar varsa, kaplumbağaların aşırı uzun ömürlü, kartalların müthiş birer uçucu, köstebeklerin harika birer kazıcı olmasının ardında yatan evrimsel koşullar varsa, insanın beyninin evriminde de belli başlı koşullar bir araya gelmiş ve söz konusu evrimi tetiklemiştir. Aynı zamanda görülmelidir ki insan da evrimsel süreci boyunca bazı diğer hayvanların evrimsel tarihinde görülen koşulların etkisi altında kalmadığı için, o hayvanların niteliklerinden yoksundur. İnsanın çita gibi koşamıyor, kartal gibi uçamıyor, köstebek gibi kazamıyor, yunus gibi yüzemiyor olmasının nedeni ile diğer hayvanların insan (ve bazı diğer türler) kadar iri beyinlere sahip olamıyor olmasının nedeni aynıdır. Unutmamak gerekiyor ki evrimsel süreçler, tür içi çeşitlilik ile evrim tarihi boyunca karşılaşılan çevresel baskıların karşılıklı etkileşiminin bir ürünü olarak doğmaktadır. Hiçbir canlı, diğer tüm canlıların geçtiği çevresel şartlardan aynı anda, birebir geçemeyeceği için, her canlının kendine has özelliklerini bünyesinde toplamayı başarabilen tek bir canlı da asla evrimleşememektedir. Bir diğer deyişle, canlıların eşsiz evrim tarihleri, eşsiz (veya kısmen eşsiz) özelliklerinin arkasında yatan ana ve nihai sebeptir.

İşte bu noktada, şu soru kaçınılmaz olarak sorulmalıdır:

6 TEMEL NEDEN: HANGİ KOŞULLAR/FAKTÖRLER İNSANIN BEYİN EVRİMİNİ MÜMKÜN KILMIŞTIR?

Önceki sayfalarda açıkladığım gibi hiçbir canlı ihtiyacından büyük bir beyne sahip değildir. Elbette çevre şartları değiştikçe, var olan çeşitlilik dahilinde, bulunulan çevreye en uyumlu beyin yapısına (ve zekâ miktarına) sahip olanlar hayatta kalacak ve üreyecek, gelecek nesiller de kaçınılmaz olarak bu uyumlu bireylerden daha fazla sayıda bulunduracaktır. Dolayısıyla tür de en uygun beyin büyüklüğüne sahip olacak biçimde evrimleşecektir. Ancak hiçbir canlı, sırf

"yedekte bulunsun" diye o anda bulunduğu evrimsel konumun gerekliliğinden daha fazla miktarda beyne veya zekâya sahip olamaz. Böyle bir beyin, evrimin ekonomi ile takas ilkelerinden ötürü evrimleşmez de...

Elbette sözünü ettiğim popülasyonlar ve türlerdir. Yani türün ortalama zekâsının, türün ortalama ihtiyaçlarından fazla olamayacağı anlatılmaktadır. Yoksa popülasyon içinde tekil bireylerin beyin ve zekâ yapısı diğerlerinden fazla ya da az olabilir. Bu evrimin ilk basamağıdır, çeşitliliktir (varyasyon). Ancak evrimsel değişimin birey bazında değil, popülasyon (ve dolayısıyla ortalama) bazında incelendiği de unutulmamalıdır.

Hepsini tek tek açıklayacağım; ancak anlaşılması gereken şudur: Bir canlının, bir özelliği evrimleştirmesi için geçmesi gereken bir çevre vardır. Örneğin atmaca tarafından avlanan fareler, atmacaların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde yoğun olarak geceleri yaşayıp avlanacak ve toprak altına girecek şekilde evrimleşmişlerdir. Ancak atmacaların veya hava avcılarının bulunmadığı coğrafyalarda, toprak altında yaşamak zorunda olmayan fare türleri de bulunmaktadır. Bir fare türünde toprak altında yaşama davranışının evrimleşip, diğer bir türde evrimleşmemiş olmasının nedeni çevresel baskıdır.

Benzer şekilde, Galapagos Adaları'ndaki kaplumbağalardan yüksek otlara erişmesi gerekenlerin kabuk yapısı kemerlidir; böylece boyunlarını yukarıya kaldırdıklarında kabuklarının ucu boyunlarının yukarıya doğru hareketine engel olmaz. Ayrıca ön bacakları da diğer kaplumbağaların aksine yukarı dikilebilmek için çok daha uzun ve çok daha kaslıdır. Buna karşılık, yerdeki otlarla beslenen kaplumbağaların bulunduğu adalardaysa bu tip özelliklerin hiçbirine rastlanmaz. Hatta bu ikisinin bir karışımı biçiminde yaşayan kaplumbağalarda yarı-kemerli kabuklar, yarı-kaslı bacaklar bulunabilmektedir! Yine bir kaplumbağa türünde bu özelliklerin evrimleşip de birkaç kilometre ötedeki bir diğer adadaki kaplumbağalarda bu özelliklerin evrimleşmemiş olmasının tek nedeni, bir arada etki eden farklı çevresel şartların bu iki kaplumbağa türünden sadece bir tanesine etki ediyor olmasıdır.

Dolayısıyla unutulmaması gereken kritik nokta şudur: En nihayetinde bir türün hangi özelliğinin hangi ortama uyumlu olup hangisinin olmayacağını belirleyen unsur çevredir. Dolayısıyla, bir canlıda hangi özelliklerin evrimleşip hangilerinin evrimleşmeyeceğini de çevre belirler. Burada "çevre"den kasıt sadece içinde yaşanılan fiziksel çevrenin özellikleri değil; aynı zamanda türün evrimsel tarihi boyunca karşılaştığı fiziksel, kimyasal, biyolojik ortamların tamamının bir bütünüdür. Eğer ki çevre değişirse, evrimleşen özellikler de değişecektir. Benzer biçimde, eğer çevre belli özellikleri destekliyorsa, o özellikler ortaya çıkmaya başlayacaktır ya da halihazırda bu değişime ayak uydurmayı sağlayan özelliklerin miktarı artacaktır. Bu konuda türün bireylerinin "söz veya tercih hakkı" bulunmamaktadır. Bir tür, dilediği özelliklere evrimleşemez, beğenmediği özellikleri evrimsel süreçte yitiremez.

Tabii ki çevrenin etki ettiği unsur da, tür içi çeşitlilik ve bu çeşitliliği mümkün kılan genlerdir. Çeşitlilik olmadığı sürece ne kadar çevre baskısı olursa olsun, hiçbir özellik evrimleşemeyecektir. Dolayısıyla eğer ki insanlar üzerinde "uçma" baskısı olsaydı; ancak popülasyon içi çeşitlilik dahilinde kanatların evrimini nihayetinde mümkün kılacak hiçbir özellik bulunmasaydı, çevresel baskı ne kadar güçlü olursa olsun kanatlar evrimleşemezdi. Ancak dinozorlar örneğinden gördüğümüz gibi, kolların ve sıcaklık kontrolü amacıyla evrimleşmiş tüyler gibi öncül özellikler ("ön adaptasyonlar") bile kanat gibi son derece alakasız gözüken yapıların evrimini mümkün kılabilmektedir. Ne var ki görülebileceği gibi, tıpkı çevresel koşullarda canlıların pek bir söz hakkı olmaması gibi, tür içi çeşitlilikte de canlıların herhangi bir söz hakkı bulunmamaktadır.

Bunlardan bahsederek anlatmak istediğim şudur: İnsanlarda büyük beyinler, büyük beyin sahibi olmak hoş olacağı için evrimleşmemiştir. Evrim, büyük beyinlere sahip bir tür yaratmanın avantajını önceden görmüştür de bu nedenle böyle bir evrimi mümkün kılmıştır gibi bir durum da söz konusu değildir. Kütleçekimi yere düşen topların ne kadar "bilincindeyse", evrim de evrimleşen türlerden o kadar haberdardır. Yani evrim, hangi türün neden ve nasıl evrimleştiğini bilemez, öngöremez. Keza türler de neye evrimleştiklerini, ne tür özelliklerin kendilerini evrimleştiğini bilip de önceden seçemezler. Dolayısıyla beyin her ne kadar "havalı" bir organ olsa da, evrimsel süreçte hiçbir organ havalı olduğu (ya da olabileceği) için evrimleşemez. Bir organın, yapının, davranışın, özelliğin evrimleşmesinin arkasında yatan bir neden (özellikle de bir avantaj) *mutlaka* bulunmalıdır!

Öyleyse, insan bu kadar ileri bir beyne sahip olabildiğine göre, böyle bir beyin ve zekâya evrimsel geçmişinde herhangi bir zaman aralığında "ihtiyaç"[5] duymuş olmalıdır. Dahası bu ihtiyaca, daha doğrusu çevre baskısına cevap verebilecek bir çeşitliliğe, bunu sürdürülebilir kılacak kaynaklara ve bu evrimi destekleyecek ortamlara da ihtiyacı vardır.

Bu konunun farklı açıları bilimsel yöntemlerle incelendiğinde, bu ihtiyaçların nelerden kaynaklandığı, yani insanın evrimsel sürecin pahalılıktan ötürü beyin büyümesi önünde bulunan engelleri nasıl aştığını görebilmekteyiz. Aramamız gereken şudur: İnsan, öyle bir süreçten geçmiş olmalıdır ki, büyük beynin getirdiği faydalar zararları dengelemeli, hatta onlardan fazla olabilme-

5 Buradaki "ihtiyaç"tan kasıt, bireysel bir ihtiyaç değildir. Tür içindeki bireylerin şahsi ihtiyaçlarının evrimsel değişimlere neden olması mümkün değildir. Ancak bir popülasyonun, bulunduğu ortamda varlığını sürdürebilmek için sahip olduğu "ihtiyaçlar", en nihayetinde çevrenin türleri zorlamasından kaynaklanmaktadır. İşte bu çevresel baskılar, bir nevi "türün ihtiyaçları" olarak düşünülebilir. Fakat bunların "istek" ya da "arzu" ile doğan ihtiyaçlar olmadığı anlaşılmalıdır. Örnek olarak, insanın "kartal gibi uçmak istemesi" ya da "yunus gibi yüzebilmeyi arzulaması" asla kanat veya yüzgeç evrimine sebep olmayacaktır. Ancak karasal memelilerin yaşam alanlarının dolması ve kıyılarda izole olacak şekilde yaşaması sonucu doğan çevresel seçilim baskıları, yunus ve balina gibi denizel memelilerin evrimleşmesini, yani karadan su yaşantısına geçişi mümkün kılmıştır.

lidir. Böylece takas ilkesinin temel koşulu sağlanmış olur ve beyin süreç içinde, milyonlarca yılda evrimleşebilir.

İşte bu noktada karşımıza beynin evrimleşebilmesine izin veren, hatta bunu zorlayan, birbirinden ayrılamaz ve bir arada bulunmak zorunda olan en az altı neden çıkmaktadır:

1. El-Göz Koordinasyonu
2. Karşıt Başparmak
3. İletişim Becerileri (Sosyal Yaşantı)
4. İki Ayak Üzerinde Duruş (Bipedalizm)
5. Cinsel Seçilim
6. Et-Ağırlıklı Hepçil Diyete Geçiş

Detaylarını az sonra vereceğim gibi bu faktörlerin[6] her biri, insan evriminin farklı noktalarında devreye girmiş; ancak birbirleri arasında zamansal ve konumsal olarak çok fazla mesafe bulunmayan unsurlardır. Yani anlayacağınız, insanın zekâsının evrimleşebilmesi için bunların kısmen bir arada ya da çok dar aralıklarla arka arkaya bulunmuş olmasının gerekliliğidir.

Burada şu önemli gerçeğin farkına varılmalıdır: Bu çevresel baskılar, aynı ve benzer sırayla diğer hayvanlar üzerinde olmadığı için beynin ve zekânın bizdeki kadar evrimleşmediğini düşünebiliriz. Bu, evrimsel biyolojinin hayatımıza kattığı en önemli farkındalıklardan birisidir! Yani eğer ki benzer koşullar (çevre baskıları) ve tür içi çeşitlilik miktarı diğer türlerin ortamlarında da sağlanacak olursa, o canlılarda da söz konusu özelliklerin evrimleşmemesi için hiçbir neden yoktur! Aynı durum, diğer hayvanlarda bulunup da insanda bulunmayan özelliklerin evriminde de geçerlidir: Ola ki o canlıların evrim tarihindeki koşullar ve tür içi çeşitliliğin benzeri insan popülasyonlarında bulunacak olursa, insanlarda da o canlılardakine *benzer* özellikler evrimleşebilecektir!

Bunu anlamak, sahip olduğumuz özelliklerin "önceden planlanmış" yapılar olmadığını, evrimin kör işleyişi sürecinde, çevreye uyum sağlama zorunluluğuna bağlı olarak seçilme-elenme mekanizmasıyla evrimleşmiş özellikler olduğunu anlamak açısından da müthiş önemlidir. Çünkü bir atmacanın bir bölgedeki varlığı, aslında fare için bir olasılıktır. Bulunabilir de, bulunmayabilir de... Bunu fare seçemez. Hatta atmaca bile seçemez! Çevreye bağlı olarak av da, avcı da, tüm diğer canlılar da çeşitli özellik-

6 Aslında burada saydığım 6 faktörden çok daha fazlası da elbette ki sayılabilir. Ancak evrimsel biyoloji üzerine yaptığım araştırmalarda karşıma çıkan unsurların her biri ya bu 6 faktörün birinden doğduğunu ya da bu faktörlerden birisiyle ilişkilendirilebildiğini fark ettim. Dolayısıyla bu faktörler benim kendi listemdir. Ancak kitap boyunca da sözünü ettiğimiz bilim dallarından gelen veriler, bu faktörlerin beyin ile ilişkisini ve beyin evrimindeki önemini tekrar tekrar doğrulamaktadır. Ayrıca ilerleyen sayfalarda görebileceğiniz gibi bunlar, birçok diğer hayvandaki beyin evrimini anlamak açısından da son derece kullanışlı olacaktır. Bu bakımlardan, seçtiğim faktörlerin geçerli ve işlevsel olduğunu düşünmekteyim.

lerine göre seçilir ve elenirler. İşte bu seçilen ve elenen özellikler evrimsel süreçte "ne" olacağımızı belirler.

Benzer şekilde, az önce sıraladığım baskıların çeşitli çevre koşullarında, yaşam şartlarında var olması, Arkeoloji bölümünde de ele aldığımız gibi birer olasılığa bağlıdır. Herhangi bir canlı üzerinde, evrensel olarak katrilyonlarca çevresel ve bireysel (içsel) baskı bulunabilir. Genellikle bunların birkaç tanesi belirli zaman aralıklarında daha şiddetli olarak etki eder. İşte bu farklı bireylerdeki farklı kombinasyonların toplamı ve bu toplamın sürekli değişmekte olan çevre ile etkileşimi bir canlı türünün evrimsel yönünü belirler. Bu baskılar ve tür içi çeşitlilik zamandan zamana, mekândan mekâna, popülasyondan popülasyona değiştiği için, insan -ya da herhangi bir diğer varlık- tarafından öngörülemezler. Aynı zamanda bu değişkenlik, türlerin envai çeşitliliği arkasında yatan da ana sebeptir. Evrimin kaotikliği (ve rastgeleliği) de aslında bundan kaynaklanmaktadır.

Dolayısıyla, insan beyninin evrimini tetikleyen bu saydığım 6 önemli faktör belirli zaman aralıklarında, belirli sıralarda etkidiği için insan zekâsı ve beyni evrimleşebilmiştir. Bu sıra ya da zamanlar, biri ya da bir şey tarafından mı belirlenmektedir? Elbette ki hayır. Evrim bile bu sırayı ve süreyi belirleyemez. Bunlar, tamamen doğanın kaotikliği dahilinde, yolda giderken şans eseri bir arkadaşınızla karşılaşmanız kadar olasılık sınırları dahilinde olan bir durumlar bütünüdür.

Zaten bir düşünün: Ola ki bizim beynimizin irileşmesine neden olan evrimsel süreç bir başka türe denk gelecek ve o türde yaşanacak olsaydı olsaydı, bu defa o tür bizler gibi zeki olacak ve *"Neden o tür zeki oldu da şu tür olmadı?"* diye soracaktık (ya da biz soramayacaktık da o tür soracaktı). Süreçlerin kendilerinin tek tek nedeni vardır ancak sürecin bir bütün olarak neden o türe değil de bu türe denk geldiğinin *amaçsal* bir sebebi yoktur, bu durum kaotik olarak gelişmektedir. Sözünü ettiğim 6 çevresel baskı farklı sırayla olsaydı, farklı zaman dilimlerinde yaşansaydı, birbiri ile etkileşimde olmasaydı belki de beynimiz şu anda olduğu kadar evrimleşmeyebilirdi. Bunlardan bazıları insan türünün evrimine hiç etki etmemiş olsaydı belki yine benzer şekilde iri bir beynimiz olurdu; ancak bu kadar zeki olamazdık. Fakat sürece bu faktörler (ve bazı diğerleri) etki etti ve biz insanlar bu faktörlerin etkisi altında bugünkü kadar zeki olabildik.

Yani hangi faktörlerin değişiminin ya da ortadan kaldırılmasının (ya da ne tip yeni faktörler eklenmesinin) sürece nasıl etki edeceğini öngörmenin pek bir yolu yoktur. Tek yapabileceğimiz halihazırda evrimleşmiş türlere ve onların geçmişlerine bakarak evrimin ne tür yolaklar izlediğini ve bu yolakların ne tür tarihi olay ve olgulara bağlı olarak geliştiğini anlamaya çalışmaktır. Daha sonra eğer şanslıysak, bu kavrayışımızı genişleterek diğer türleri de analiz edebiliriz (ilerleyen sayfalarda bunu da yapacağız).

Benzer şekilde, her hayvanın ve hatta her canlının geçirdiği evrim, bu şekilde, doğanın kaotikliği içinde karşılaştıkları koşullara adapte olabilmeleriyle belirlenmektedir. Aynı canlıya ait iki farklı popülasyon, iki farklı türe evrimleşebilmektedir; çünkü izolasyon nedeniyle birbirinden ayrı coğrafya ve zamanlara hapsolmuş canlı popülasyonları üzerlerindeki baskılar bile birbirlerinden tamamen farklı olabilmektedir. Hatta çok küçük farklılıklar bile, uzun vadeli seçilim baskısı altında evrimin tamamen farklı yönlere doğru gitmesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla bir canlının geçirdiği evrimi bir diğerinin birebir aynı şekilde geçirmesi oldukça düşük ihtimallidir.

Buna istisna olarak ileri sürülebilecek ve diğer bölümlerde de karşımıza çıkmış olan yakınsak evrim bile birbirinden oldukça farklı görünümlü, sadece aynı amaca hizmet ettiği kabaca anlaşılabilen ürünler üretebilen bir evrimsel süreçtir. Örneğin karalardan denizlere dönen memelilerin yüzgeçlerinin evrimleşmesi yakınsak bir evrimdir; çünkü su ortamında hızlı ilerlemenin öyle pek fazla sayıda yolu yoktur. Evrim, eldeki malzemeleri kullanarak iki ayrı taksonomik sınıf olan balıklarda ve deniz memelilerinde benzer sonuçlara (örneğin yüzgeç ve kuyruk yapılarına) ulaşmıştır. Ancak yine de bir balığın yüzgeci ile bir balinanın yüzgeci kolaylıkla birbirinden ayrılabilir. Çünkü bir hayvan (örneğin balina), bir diğeriyle (örneğin balıkla) %100 aynı doğa koşullarını, yaşam şartlarını, av/avcı baskılarını seçilim baskılarını yaşayamaz. Birebir aynı evrimsel tarihi paylaşmaz. Geçirdikleri evrime etki eden her parametre (değişken) birebir aynı olamaz. Bu parametrelerdeki en ufak farklılaşmalardan ötürü, bunca çeşitlilik basit bir başlangıçtan evrimleşebilmiştir. Doğa şartları daha tekdüze olsaydı, bu çeşitliliği görmemiz mümkün olmazdı.

Burada gelebilecek bir itiraz, pek çok hayvanın benzer özelliklere sahip olduğu gerçeğinden yola çıkarak yapılabilir. Örneğin birçok hayvan için güçlü bacaklar ve çenelerin önem arz ettiğini ve pek çok hayvanda bunların bulunduğunu söyleyebilirsiniz. Ancak sandığınızın aksine bu, benim az önce ileri sürdüğüm argümanı tam olarak desteklemektedir. Çünkü doğa koşulları her ne kadar sonsuz çeşitlilikte olursa olsun, benzer baskılar benzer sonuçlar doğurabilecektir. Hayvanlar avlanmak durumundadırlar ve bunun için bacakları ve çeneleri en önemli araçlarıdır. Dolayısıyla bunların daha karmaşık olacak biçimde evrimleşmesi açısından, birçok canlı üzerinde baskı bulunmaktadır. İşte bu yüzden bu canlılar, bu yönlerde evrim geçirmektedirler. Bu yüzden birçok canlının çeneleri ve bacakları güçlüdür. Ancak bir bitkinin böyle çeneleri ya da bacakları yoktur örneğin, çünkü avcı hayvanlarla aynı doğada yaşamalarına rağmen, üzerlerindeki seçilim baskıları tamamen farklıdır. Elbette buna ek olarak bitkiler içindeki çeşitliliğin yapısı da bu yönde bir evrime izin vermemektedir. Buna rağmen bir sinekkapan bitkisinin yapraklarının bir çeneye benzemesi kör tesadüf değildir. Evrimsel sürecin sistemli ve tutarlı işleyişinin bir ürünüdür. Av üzerine kapanacak bir yapının, bir çeneye benzemekten başka çok fazla yolu yoktur; dolayısıyla bağımsız olarak benzer yapılar, benzer amaçlar için evrimleşebilir.

Toparlamak gerekirse, bu kısmın başında sorduğumuz soruya net bir cevap vereyim: Neden sadece insanda beyin evrimi bu kadar ileri düzeye ulaşmıştır? Daha önceden beynin masraflı olması nedeniyle bir canlıda yüksek bir B/V Oranı evrimleşmesi karşısında engelleyici bir baskı bulunduğunu söylemiştim. Buna karşılık, birkaç sayfa önce değindiğim ve az sonra detaylarına gireceğim 6 etken dengeleyici bir rol üstlenmektedir. Ancak bu 6 faktörün her birinin birden fazla canlıda benzer şekillerde, hem de birebir aynı ya da buna çok benzer sıra ve şiddetlerde, benzer çevre/doğa koşullarında, birden fazla defa gerçekleşmesi çok çok düşük bir ihtimaldir. Bu, ilerleyen sayfalarda anlatacağım gibi imkânsız değildir. Ancak eğer ki beynin çok az sayıda türde gerçekten ileri düzeyde evrimleşmesinin iki ana nedeni, aşırı masraflı bir organ oluşu ve bunu dengeleyecek faktörlerin sayısının çok fazla oluşudur. Buna bağlı olarak, benzer koşulların tekrar tekrar yaşanması ihtimali oldukça azalmaktadır.

Belki beyin başka farklı yollardan ve farklı baskılar altında da evrimleşebilir. Aslında bunu insana benzemeyen ve çok yakın akraba olmayan diğer zeki canlılarda görmekteyiz: dinozorlar, kuşlar, bazı diğer memeliler... Ancak beynin vücuda göre büyüklüğünü insanınki kadar ileri götürebilecek koşullar, bildiğimiz kadarıyla bir başka türde hiçbir zaman yaşanmamıştır veya yaşanmışsa da belki de başka sebeplerle bu canlı varlığını sürdürememiştir. Yani çene ve güçlü bacakların evrimleştirmesi kolayca her canlı üzerinde, özellikle avcı canlılar üzerinde gözlenebilen bir durumdur; çünkü bu özelliklerin evrimleşmesine neden olacak baskılar çok sıradan ve sık karşılaşılan koşullardır. Ancak beyin için aynı durum geçerli değildir. Beynin evrimleşebilmesi için gerekli faktörler, canlılar üzerine çok nadir olarak, çok nadir çevrelerde, çok nadir durumlarda etki etmektedir. İnsan, bu koşulların içinden gelen "şanslı" bir canlı türüdür.

Dolayısıyla şunu unutmamak gerekir: Bir canlının, bir diğeriyle tıpatıp aynı evrim geçirmesini beklemek hata olacaktır. Ancak yine de *"Neden sadece insanda böyle bir zekâ evrimleşti?"* sorusu yinelenirse, az önce sözünü ettiğim 6 önemli etkeni tek tek incelemenin gereği doğmaktadır.

İNSAN BEYNİNİN EVRİMİNE YÖN VEREN 6 FAKTÖR

Aslında insanın beyninin evrimi, *Sıfırıncı Faktör* diyebileceğimiz bir nedenle başlamıştır: yaklaşık 4 milyon yıl önce yaşanmaya başlanan, orman yaşantısından savana yaşantısına geçiş (göç veya habitat değişimi). Türümüzü böyle bir göçe iten sebepler ne yazık ki net olarak bilinmemektedir, muhtemelen asla da tam olarak bilinemeyecektir. Ancak bu sebep, basit bir doğa olayından (yangın, deprem, vb. gibi) korkarak ormanı terk etmek zorunda kalan bir grup insan atasına dayanıyor olabileceği gibi, besin koşullarının olumsuzlaşmasından ötürü zamanla orman dışına itilen atasal topluluklara da dayanıyor olabilir. Her nasıl olursa olsun, ormanları terk ederek savana gibi bambaşka bir

ortamda yaşamak zorunda kalmak, insanın beyni üzerindeki tüm diğer faktörleri tetikleyen bir unsur olmuştur. Savanaya çıkış gerçekleşmeseydi, belki de sözünü ettiğim 6 faktör hiçbir zaman etkinlik kazanamayacak, beyinlerimiz asla bu şekilde evrimleşemeyecekti. Belki bizler şu anda halen ormanda yaşayan "sıradan" maymunlar olacaktık ve bu gezegen, tıpkı milyarlarca yıl boyunca olduğu gibi, hiçbir insan-düzeyinde zekâ formunu bünyesinde barındırmaksızın dönmeye devam edecekti. Dolayısıyla, anlaşılabileceği üzere, bu habitat (yaşam alanı) değişimi, her şeyi tetikleyen faktör olmuştur. Her şeyin temelinde yatmaktadır.

Ne var ki habitat değişimi tek başına şempanze düzeyindeki bir zekânın insan düzeyindeki bir zekâya evrimleşmesi için yeterli değildir. Eğer öyle olsaydı, habitatı değişen her hayvanda beyin irileşmesi görmeyi beklerdik. Dolayısıyla artık şu 6 faktörün detaylarına inme vakti geldi. Bunu yaptığımızda, insan evrimine dair birçok önemli noktayı da anlayıp, bu kitabın bütüncül doğasını daha iyi kavrayabilmiş olacağınızı umuyorum.

1) El-Göz Koordinasyonu

Sözünü ettiğim gibi insanın beyin evrimi, Afrika içinde ormanlardan çıkarak savana hayatına geçmesiyle başlamıştır. Ancak yine belirttiğim gibi bu habitat değişimi tek başına yeterli değildir ve bu değişimin yaşanmasından önce ve sonra bulunması gereken bazı şartlar insan beyninin evrimine yön vermiştir.

Gerçekten de insan beyninin evriminin temelleri aslında bu habitat değişiminden çok önce atılmıştı; ancak orman hayatından sıyrılmak, halihazırda atılmış bu temeller üzerine beynin evriminin inşasını mümkün kıldı. Bu temellerin başında da el-göz koordinasyonu gelmektedir.

El-göz koordinasyonu, isminden de anlaşılabileceği üzere bir canlının elleri ile gözlerini birbiriyle uyumlu bir biçimde, harmoni içinde kullanabilmesi işidir. Bu, ilk etapta kulağa basit ve her hayvanın yapabileceği bir şey gibi gözükebilir; ancak aslında o kadar basit bir iş değildir. Bir topu elinizle bir hedefe fırlatmak aslında öylesine zor ve karmaşık bir iştir ki, çöp tenekesine fırlattığınız çöpü her seferinde tutturamıyor oluşunuz bunun bir göstergesidir. Çünkü bir nesneyi belli bir hedefe fırlatmak sadece hedefin konumunu algılamayı gerektirmez; aynı zamanda fırlattığınız nesnenin fiziksel özelliklerine hâkim olmayı, çevresel faktörlerden haberdar olmayı, fırlatma sırasında vücudunuzun konumunu kontrol edebilmenizi ve daha nice diğer unsuru algılamayı gerektirir.

Elbette ki her hayvan vücudunun farklı parçalarını bir arada, ustalıkla kullanabilmektedir. Ancak el-göz koordinasyonu, sadece bir el ya da kolun bulunmasını ve canlı tarafından kullanılmasını değil, aynı zamanda bu organların zaman-mekân dahilinde hareket ettirilmesinin yanı sıra bunun son derece hassas bir şekilde yapılabilmesini gerektirir. Örneğin her baykuş pençelerini ustalıkla kullanabilir; ancak baykuşların pençe hassasiyeti, bir şempanzenin ellerinin has-

sasiyetinden farklıdır. Benzer şekilde bir şempanzenin el hassasiyeti de insanlarınkinden farklıdır. Bu farkı yaratan en temel unsur el-göz koordinasyonudur.

Kitabımızın Paleontoloji ve Arkeoloji bölümünde tüm detaylarıyla anlattığımız gibi *Homo* cinsine giden soy hattında zaten eller giderek usta bir şekilde kullanılabilmeye başlamıştır. Ancak insan, orman yaşantısından sıyrılmasıyla birlikte yepyeni bir ortama adapte olmak zorunda kalmıştır. Eskiden ağaçlara tutunmak için kullandığı eller, artık avcılardan korunmak ve avlanmak için alet üretecek biçimde özelleşmek zorunda kalmıştır. Zira ağaçlık ormanlarda olduğunun aksine savanada insanlar tabiri yerindeyse "kabak gibi" açıktalardı. Eskiden olduğunun aksine avcılardan kaçmak için tırmanabilecekleri ağaçlar çok nadirdi. Buna karşılık ormandakinin aksine artık meyveler yerine irili ufaklı sayısız hayvan çok daha erişilebilirdi. Bu hayvanlarsa meyvelerin aksine "durdukları yerde bekleyen" yapıda değildi. Hayvanlar kaçmakta, zıplamakta, saldırmakta, saklanmaktaydı. Tüm bunlar, alet yapımı üzerindeki baskıyı arttırmıştır.

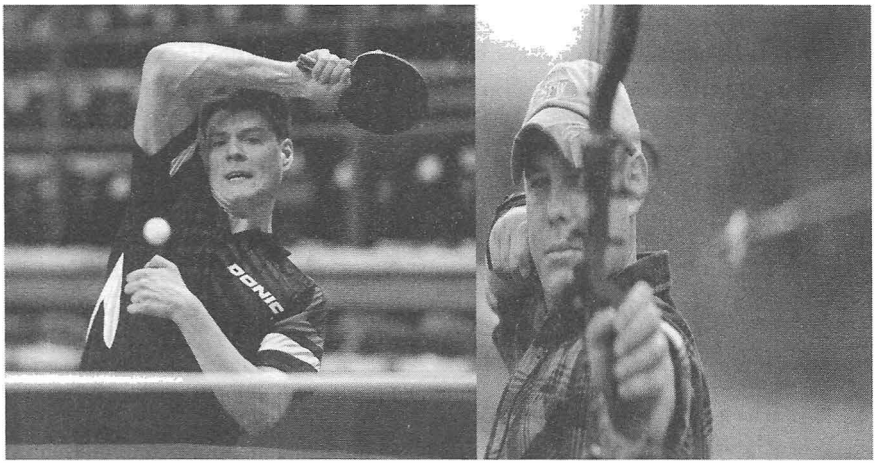
Ancak diğer bölümlerde "alet üretimi"nden söz ettiysek de, genellikle bu aletlerin yapılarına ve kültürel evrim çerçevesindeki değişimlerine değindik. Peki hiç düşündünüz mü, bir alet "üretmek" ne demektir? İşte bu noktada, bir önceki Evrimsel Mühendislik bölümünde öğrendiklerimiz devreye girmektedir. Bir aletin üretilebilmesi için, öncelikle onun tasarlanması gerekir. Bu "tasarlama" işi her zaman kâğıt kalem ile yapılmak zorunda değildir; kimi zaman zihinde de soyut bir şekilde yapılabilmektedir. İşte bu durum, beynin evrimini tetikleyen en temel unsurlardan biri olmuştur. Zira karmaşık yapılı ve çevrede doğal bir biçimde bulunmayan nesneleri soyut olarak hayal edebilmek, sadece daha iri neokortekse (ve genel olarak beyne) sahip, zeki bireylerlerin yapabileceği bir iştir.

Tam olarak bu nedenle, en karmaşık, işlevsel ve güçlü aletleri yapabilenler daha fazla avlanmış, daha kolay hayatta kalmış ve daha çok üremiştir. Dolayısıyla beyni daha karmaşık yapılı olanlar da bir anda avantajlı hale geçmeye başlamıştır. İlginçtir; günümüzde el-göz koordinasyonuna en fazla düzeyde katkı sağlayan serebrumda bulunan ön beyin korteksi ve serebellum gibi bölgeler, aynı zamanda üst düzey zihinsel fonksiyonlarımızı da yerine getiren beyin bölgeleridir. Bu durum, sanat, din, bilim, felsefe gibi soyut düşüncelere ve/veya üst düzey düşünme becerilerine bağlı davranışlarımızın aslında son derece fiziksel baskılardan doğan yan ürünler olduğu gerçeğini farklı bir açıdan doğrulamaktadır.

El-göz koordinasyonun büyük avantaj sağladığı ve seçilim mekanizmaları tarafından büyük oranda desteklendiği bu süreçte atalarımızda cisimleri "kavrama becerisi", yani "elleri aktif olarak kullanabilme yeteneği" çok büyük önem arz etmeye başlamıştır. Hele ki ormanların koruyucu yapılı ve saklanmaya müsait ortamından çıkıp da, avcıların kolaylıkla avlarını tespit edebildikleri savanalarda yaşamaya başladıkça türümüzün üzerinde kendini korunma ve eskiden avlayamadığı hayvanları avlanma baskısı oluşmuştur. Bu seçilim baskısı, avcıyı en erken tespit edip, en erken karşı koyabilenlerin hayatta kalabilmesine neden olmuştur. Ancak az önce sözünü ettiğim gibi, bir avı (hele ki hareket halindeki bir avı) hedef alıp da pek de ustaca

üretilmemiş bir mızrakla ya da taş aletlerle avlamak hiç de kolay bir iş değildir! Bu durumda el-göz koordinasyonu en yüksek olabilenler hayatta kalmıştır, geri kalanlarıysa bu ciddi çevre değişimi sebebiyle hızla yok olmaya başlamışlardır.

Muhtemelen savanalara ilk defa çıkmaya başlayan ilkin yapılı olan atalarımız saldırgan hayvanlara karşı "ellerine ne geçerse" fırlatarak avcılarını caydırma yoluna gitmiştir. Taşları, odunları, toprağı kullanarak avlarını korkutmaya çalışmışlardır. Bunun mantıklı bir varsayım olduğunu düşünüyorum, zira günümüzde yaşayan pek çok diğer maymun türünün de avcılarını bu şekilde caydırmaya çalıştıklarını biliyoruz. Hatta bazı hayvanat bahçelerinde maymunların insanları uzaklaştırmak için kafeslerinde bulunan çeşitli cisimleri onlara doğru fırlattıklarını görebilirsiniz. Ancak bu davranış, el-göz koordinasyonu isteyen bir davranıştır. İlk olarak düşmanınızı görerek onun yerini tespit edebilmeli, daha sonra onu hedefleyerek, elinizedeki cismi uygun açı ve hız ile fırlatmanız gerekmektedir. Üstelik bunu yaparken elinizdeki cismin ne yapıda olduğunu anlamalı, bu cismin rüzgâr gibi çevresel etmenlerden nasıl etkileneceğini öngörebilmeniz gerekmektedir. Bir diğer deyişle fırlatacağınız cismin izleyeceği patikayı önceden hayal edebilmeli, gözünüzün önünde görebilmelisiniz. Açıktır ki bu, her hayvanın yapabileceği bir iş değildir ve yalnızca karmaşık bir beynin varlığında yapılabilir. Tabii ki vahşi yaşamda bunu en iyi başarabilenler doğal seçilim tarafından seçileceklerdir, çünkü bu "cisim fırlatma" davranışı saldırgan canlıları kendinizden uzak tutmak için iyi bir yoldur.



Görsel 12-2 Günümüzde el-göz koordinasyonunun en sık kullanıldığı alanlar spor dallarıdır. Bir birey, doğrudan topa bakmasına gerek kalmaksızın, topun hareket yönünden ve önceki deneyimlerinden yola çıkarak topun nerede olması gerektiğini bilir ve elini buna göre konumlandırabilir. Bu, son derece gelişmiş bir el-göz koordinasyonu demektir. El-göz koordinasyonuna sahip olabilmek için mutlaka bunun için özelleşmiş beyin bölgelerine (özellikle beyincik bölgesine) ihtiyaç vardır. İşte evrimsel süreçte, savana ortamına çıkan atalarımız üzerine etki eden bu baskı, en iri ve özelleşmiş beyinlileri hızla seçmiştir.

2) Karşıt Başparmak

Birçok bilim insanının, türümüzün evriminde bir dönüm noktası olduğu konusunda hemfikir oldukları noktalardan biri, karşıt başparmağın insan evrimindeki önemidir.

Karşıt başparmak, bir hayvanın elindeki diğer parmakların tam karşısına gelecek şekilde konulandırılabilen bir başparmaktır. Eğer ki hayali bir boruyu kavrayacak şekilde elinizi bükerseniz, bunun ne demek olduğunu anlayabilirsiniz. Diğer dört parmağınız (işaret, orta, yüzük, serçe parmaklarınız) hayali boruyu bir taraftan kavrarken, başparmağınız bu 4 parmak karşısına gelecek şekilde konumlanacak ve hayali boruyu diğer taraftan kavrayacaktır. Bu şekilde bir başparmağa sahip canlıların sayısı oldukça azdır[7]; insan ise bunlar arasında en esnek karşıt başparmağa sahip hayvan türüdür. Bu durum, söz konusu bu organın insan beyninin evriminde ne tip bir etkiye sahip olmuş olabileceğini düşündürmektedir.

Karşıt başparmak kadar önemsiz gözüken bir yapının insan zekâsının evrimi üzerinde nasıl olup da bu 6 faktörden oluşan listeye girebilecek kadar büyük bir etkiye sahip olabileceğini merak ediyor olabilirsiniz. Ancak günlük olarak yaptığınız en basit işleri bile başparmağınız olmadan yapmaya çalışmayı deneyecek olursanız, bu parmağın ne kadar kritik bir göreve sahip olduğunu fark edebilirsiniz. Örneğin durmayın, başparmağınızı diğer parmaklara "yapıştırarak" bu kitabı tutup okumayı, sayfalarını çevirmeyi deneyin. Ne kadar zor olduğunu göreceksiniz. Bu sadece nesnelerin bizlerin başparmaklı yapılarına göre tasarlanmasından kaynaklanmamaktadır. Karşıt başparmak, gerçekten de diğer dört parmağa karşı dengeleyici bir role sahiptir. Bu da, diğer hayvanlara göre ellerimizi çok daha büyük bir hassasiyet ile kullanabilmemizi mümkün kılmaktadır.

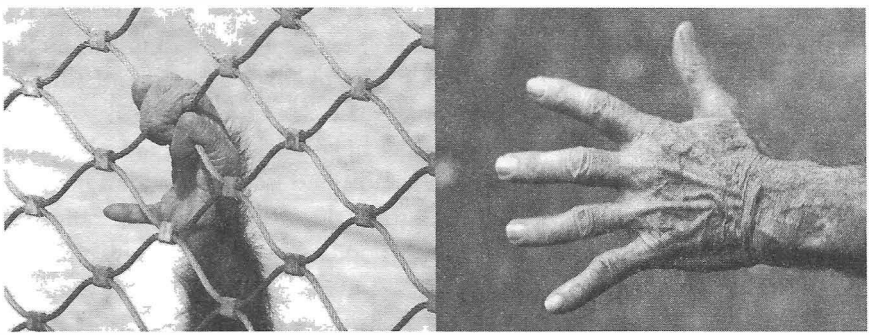
Dahası bir canlının cisimlere hükmedebilmesi için el-göz koordinasyonu yeterli değildir; beynin evrimine cevap verebilecek ve zihinde canlandırılabilen aletlerin yaratılabilmesini mümkün kılacak bir el yapısına ihtiyaç vardır. İşte bunu mümkün kılan, parmak yapımızın da evrimleşmeye başlaması ve bunun sonucunda halihazırda var olan ve ağaçlarda esnek hareketler yapabilmemizi sağlayan karşıt başparmağımızın giderek artan bir hassasiyete kavuşmasıdır.

---

7 Bugüne kadar karşıt başparmağa sahip hayvanlar arasında "ne tesadüftür ki" en yakın kuzenlerimiz olan şempanzeler, goriller, orangutanlar, ve gibonlar ile birlikte insanımsıların içlerinden ayrılarak evrimleştiği Eski Dünya Maymunları bulunmaktadır. Ancak evrimsel süreçte bu kadar geriye gittiğinizde, karşıt başparmak görülen türlerin sayısının tam da beklendiği gibi azaldığını görürsünüz. Örneğin, *Piliocolobus* ve *Colobus* gibi bazı ilkin Eski Dünya Maymunları'nda karşıt başparmak bulunmaz. Yeni Dünya Maymunları'nın ise birçoğunda karşıt başparmak yoktur; sadece kapuçin maymunları ile örümcek maymunları gibi maymunları kapsayan Cebidae ailesinde bunun izlerine rastlanır. Maymunlar haricinde ise karşıt başparmaklar sadece koalalarda (arka ayaklarda birer, ön ayaklarda ikişer karşıt başparmak), opossumlarda (sadece arka ayaklarda), dev pandalarda (aslında sahte bir karşıt başparmaktır; gerçek bir parmak değildir), *Trodoon* cinsi soyu tükenmiş dinozorlarda (bu karşıt başparmak sadece kısmen işlevseldir) ve rakunlarda (başparmak vardır ama tam olarak karşıt değildir) bulunur.

Aslında sadece başparmakların üstlendiği görevler değil, genel olarak el ve ayaklarımızın yapısı da çevresel baskıların sonucunda doğan ihtiyaçlarımızı karşılayabilecek biçimde nesiller boyunca değişmiştir. Bir şempanzenin elleri, hassas aletler üretebilmekten ziyade bir dala tutunabilecek bir biçimde özelleşmiştir. Başparmakları bize göre (ve ellerinin genel uzunluğuna kıyasla) çok daha kısadır; ancak bu sayede çeşitli boylardaki dallara harika bir şekilde tutunabilirler. Dolayısıyla bizim şu andaki kabiliyetlerimizin çok daha ötesinde bir başarı ile ağaçlara tırmanabilirler. Buna karşılık, bizim diğer parmaklarımızla orantılı başparmaklarımız sayesinde inanılmaz bir el hassasiyetimiz bulunmaktadır. Bu da, şempanzelerin ellerini bizler kadar çeşitli işlerde kullanamamaları ve bizim kadar iyi alet yapamamaları ile sonuçlanmaktadır. Şempanzeler de kendi kapasiteleri dahilinde aletler üretip kullanabilmektedirler; ancak bu ürünleri bizimkilere nazaran son derece kısıtlıdır. Tıpkı biz insanların da ağaçlara tırmanabilmesi, ancak bizlerin bu kabiliyetimizin şempanzelere nazaran aşırı kısıtlı olması gibi...

İnsan evriminde başparmağımızın diğer 4 parmağın karşısına gelebilecek şekilde özelleşmesi, diğer hiçbir maymun türünün başaramayacağı kadar hassas aletler üretebilmemizi mümkün kılmıştır. Bir elimizle cisimleri hassas bir şekilde kavrarken, diğer elimizle onlara istediğimiz şekilleri hassaslıkla verebilmeye başlamışızdır. Bu karmaşık ve gelişmiş aletlerin üretimi, avlarımızı çok daha kolay öldürmemize, avcılarımızdan çok daha kolay kaçmamıza, daha korunaklı yaşam alanları üretebilmemize, hatta ateşe daha kontrollü bir şekilde hükmedebilmemize yaramıştır. Ayrıca bir önceki kısımda sözünü ettiğim el-göz koordinasyonuna katkı sağlamış, dolayısıyla beynin evrimini hızlandırmıştır.



Görsel 12-3 Sol tarafta bir şempanzenin eli gözükmektedir. Sağ tarafta ise insanın eli...

Aletlerimizin daha karmaşık ve hassas bir hal alması, beynimiz üzerinde yepyeni bir seçilim baskısı yaratmıştır. Türümüz içindeki rekabet, en karmaşık aletleri üretebilenlerin daha kolay hayatta kalmasını sağlamıştır. Dolayısıyla karşıt başparmakları alet üretimine en uygun olanlar diğerlerine karşı üstün konuma geçmişlerdir. Bunun basit bir sebebi vardır: Bir avın peşine

düştüğünüzde, ellerinizle ürettiğiniz silahınızdaki en ufak farklılıklar ve en ufak avantaj ve dezavantaj, sizin ve ailenizin aç kalması veya hayatta kalması arasındaki farkı belirleyecektir. Bir aletin ucunun ne kadar sivri olduğu, avınızı bir seferde mi beş seferde mi yere yığabileceğinizi belirleyecektir. Buna bağlı olarak akıl almaz kaçma becerilerine sahip avların yakalanıp yakalanamamasını belirleyecektir. Bu sebeple başparmakları en uygun uzunlukta ve konumda olanlar, daha karmaşık aletler üretebilecek ve daha kolay hayatta kalabilecektir.

3) Sosyal Yaşam ve Tür İçi İletişim

Tüm bu faktörlere rağmen, insan toplumlarına baktığımızda çok önemli bir gerçekle karşılaşırız: Bireysel başarılar insan evriminde neredeyse hiçbir zaman yeterince önemli olmamıştır. İnsan, toplumsal yapısı ile hayatta kalabilmiş ve bugünlere kadar ulaşabilmiş bir hayvan türüdür. Dolayısıyla insanı toplumundan izole olarak incelemek mümkün değildir. Az önce saydığım iki öncül (ve bundan sonra gelecekler); ancak ve ancak toplumsal yapısı güçlü olan insan popülasyonlarında işlevseldir. Dahası, yalnızca toplumsal bir yapı içinde değerlendirildiklerinde anlam kazanmaktadırlar. Çünkü insanların kendilerinden kat kat güçlü türleri devirebilmesi için dayanışmaya ihtiyacı vardır.

Bu bizi üçüncü maddemize götürmektedir. Eğer ki *Jurassic Park* filmlerini izlediyseniz, orada, *Velociraptor* olarak tanıtılan (aslında *Deinonychus* veya *Utahraptor* olarak isimlendirilmesi gereken) dinozorların çok gelişmiş iletişim becerileri olduğu anlatılır. Bu bilgiler tamamen bilim-kurgu değildir, paleontolojik ve paleobiyolojik çalışmalara dayanır. Gerçekten de, "Raptorlar" olarak bilinen dinozorlar vücutlarına göre en büyük ve gelişmiş beyne sahip dinozorlar gruplarından biridir ve bu sayede çok iyi birer avcıdırlar. Belki filmlerde gösterildiği gibi bir kapı kolunu açacak kadar zeki değillerdi; ancak sürüler halinde ve birbirleriyle muhteşem bir iletişim içinde avlandıkları doğrudur. Bu karmaşık sosyal becerileri, ancak büyük bir beyinle mümkündür. Böylesi büyük beyinli olanların hayatta kalabilmesi ise; ancak sosyal iletişim becerileri yüksek olan bireylerden oluşan, güçlü toplumsal yapısı bulunan popülasyonlarda mümkündür. Dolayısıyla popülasyonun sosyal yapısı, beyin evrimi ile doğrudan ilişkilidir.

İnsanın atalarının evrim tarihi boyunca da insan türlerinin iletişim becerileri durmaksızın karmaşıklaşacak şekilde evrimleşmiştir. Düşünecek olursanız bu oldukça mantıklıdır. Ormandan savana yaşantısına geçen bir türün varlığını sürdürebilmesi için sadece gelişmiş bir el-göz koordinasyonu ya da güçlü bir karşıt başparmak yeterli değildir. Aynı zamanda, popülasyonun diğer bireyleriyle sıkı sıkıya iletişim içinde olmak, dayanışma halinde bulunmak, sorunların üstesinden toplu halde gelmek gerekmektedir. Avcılar her yerdedir ve her yerden saldırabilirler. Tek bir bireyin bu kadar fazla sayıda tehdide karşı uyanık olması imkânsızdır.

Gerçekten de primatların genelinde güçlü bir sosyal yapı görülmektedir. İnsanlar da dahil olmak üzere birçok primat, avcısı[8] konumunda olan hayvanlara göre oldukça çelimsiz ve fiziksel olarak savunmasızdır. Buna rağmen büyük beyinlere ve yüksek iletişim becerilerine sahip olan primatlar, avcılarına sıklıkla üstünlük sağlayabilmektedir. Örneğin vervet maymunlarının fazlasıyla özelleşmiş uyarı/yardım çığlıkları bulunmaktadır. Her bir avcı türü için ayrı olan çığlık atma yetenekleri sayesinde sosyal grupları içinde çok karmaşık bir iletişim ağı kurmayı başarmaktadırlar.

İnsanda da durum çok farklı değildir. Atalarımız insan-dışı hayvanların kullandıkları seslerden "konuşma" dediğimiz son derece gelişmiş iletişim sistemine bir anda geçivermemiştir. Bunu başarmalarını sağlayan en önemli unsur, sosyal grupları içinde iletişim kurmaya çalışırken her bir olay ve olguya ayırt edici sesler atamak zorunda kalmaları olmuştur. Bunun için de, gittikçe anlamlı ve daha etkili, adeta "nokta atışı yapabilen" seslere muhtaç kalmışlardır.

Sanılanın aksine bu da oldukça zor bir iştir. Konuşmak bizler için her ne kadar "sıradan" bir yetenekse de, bu sesleri oluşturabilmek için beynin çok sayıda bölümü bir arada çalışmak zorundadır. İnsan harici hiçbir hayvanda konuşma yeteneğinin olmaması bu davranışın ne kadar gelişmiş bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Elbette ki bir türün sosyal iletişimi için sadece bir tarafın sesler üretebilmesi yeterli değildir. Bu sesleri algılayan, gerek işitsel gerekse de görsel ipuçlarından yola çıkarak birbirlerini çok daha kolay tanıyan, birbirleriyle anlaşabilen bireyler ve toplumların da evrimleşmesi gerekmiştir.

Konuşmanın sosyal yapıyla, sosyal yapının da zekâ evrimiyle ilişkisi ilk etapta çok açık olmayabilir. Ancak sosyal yapıya sahip canlıların popülasyon dinamikleri incelenecek olursa, bu bağ net bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Sosyal hayvan popülasyonları içindeki her bireyin çok temel iki unsurun ayırdında olması gerekmektedir: sosyal yapı içindeki konum ve sosyal farkındalık.

Entomoloji bölümünde de gördüğümüz gibi sosyal hayvanlarda fazlasıyla gelişmiş bir işbölümü algısı bulunmaktadır. Ancak birden fazla canlının bir araya gelmesiyle her zaman sosyal yapı oluşmaz. Çünkü sosyal yapının en önemli bileşeni, birbirini anlayabilen, daha doğrusu kendilerinin sosyal yapı içindeki işbölümü dahilindeki görevlerini algılayabilen bireylerin bir araya gelmesidir. Bu nedenle her ne kadar 30 kartalı bir araya koyarsanız koyun sosyal bir yapının ortaya çıktığını göremezsiniz. Bunun mümkün olabilmesinin tek yolu, bireylerin birbirini anlayabilecek kadar evrimleşmiş beyinlere sahip olmasıdır. Bu

8 Yapılan paleoantropoloji araştırmaları sayesinde tarih boyunca insanları avlayan çok sayıda hayvan türü tespit edilmiştir. Bu hayvanlar arasında kaplanlar, aslanlar, leoparlar, jaguarlar, pumalar gibi kedigiller; kurtlar, dingolar, çakallar gibi köpekgiller; ayılar, sırtlanlar, timsahlar, yılanlar gibi çok çeşitli hayvanlar; Komodo Ejderi gibi çeşitli sürüngenler; köpekbalıkları, piranalar, kedibalıkları, dev orfoz gibi balıklar; Afrika taçlı kartalı gibi bazı yırtıcı kuşlar bulunmaktadır. Hatta evcilleştirme yoluyla yapay seçilim aracılığıyla kurtlardan evrimleştirilen köpeklerin de insanları öldürüp yediği bilinmektedir.

sayede sosyal yapıların olmazsa olmazı olan işbölümü yapılabilecek, her canlı kendi rolünü icra edebilecektir.

Tabii ki işbölümü dahilinde işlerin bireylere dağıtılması da tek başına yeterli değildir. Bireylerin bu işleri kabul edecek kadar gelişmiş bir tercih algıları bulunması gerekir. Sonrasında, yine bilişsel algılarını ve içgüdüsel yapılarını kullanarak bu sosyal yapının kurallarına uyabilecek bireylerin popülasyon içinde evrimleşmesi gerekmektedir. Görülebileceği gibi sosyal yapının her adımında yüksek bilişsel fonksiyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sosyal hayvanların büyük bir çoğunluğu, diğer akraba türlerden ortalamada daha zekidir.

Sosyal algı ise işin diğer önemli boyutudur. Her sosyal toplum çok sayıda bireyden oluştuğu için, her bir birey toplumun diğer bireyleriyle durmaksızın etkileşim halinde olacaktır. Bu etkileşim, son derece karmaşık bir iletişim ağını doğurmaktadır. Bu iletişim ağı dahilinde bireylerin diğer bireyleri ve hatta diğer türleri tanıması gerekmektedir. Bu tanıma yetisine bağlı olarak, o birey veya türlerle geçmişte yaşadıkları etkileşimleri hatırlamaları gerekmektedir. Sonrasında ise bu anılara uygun bir şekilde davranabilmeleri gerekmektedir. Daha 1 gün önce birbiriyle yumruk yumruğa kavga etmiş bireylerin ertesi gün birbirlerine hiçbir şey olmamış gibi davranmalarının "sosyal olarak tuhaf" görülmesi tesadüfi değildir. Sosyal yapı çerçevesinde insanların sosyal etkileşimler ile uyumlu bir şekilde davranmaları beklenmektedir. Bu sadece bireylerin sosyal yapıya uymak için becermeleri gereken bir iş değildir; aynı zamanda sosyal yapının, kendi içindeki her bir bireye dayattığı bir unsurdur da... Bu nedenle günümüz insan toplumlarında "aile baskısı", "arkadaş baskısı", "mahalle baskısı", "sosyal baskı" gibi birçok kavram bulunmaktadır.

Tıpkı sosyal yapı içindeki konumun ve işbölümü çerçevesindeki görevlerin anlaşılması ve icra edilmesinde olduğu gibi, sosyal yapı içindeki bireylere ve etkileşimlere uygun davranmak da yüksek bir algı gücü gerektirmektedir. Eğer ki düzgün bir hafızaya, gelişmiş bir zekâya, dikkate değer bir bilince sahip değilseniz, bunları hayata geçirmeniz çok güç olacaktır. Eğer bir sosyal yapının tüm bireyleri bu şekilde davranacak olursa, o sosyal yapı dağılacak, sosyal yapı sayesinde ayakta kalabilen türler yok oluşa sürüklenecektir.

İşte insanların sosyal yapısı içinde bu süreçlerin düzgün işleyebilmesini sağlayan en önemli unsur konuşma olmuştur. Konuşmanın sadece nörobiyolojik zorlukları değil, aynı zamanda bu sosyal yapıyla etkileşim halindeki karmaşık doğası da beyin evrimini tetikleyen en önemli unsurların başında gelmektedir. İnsanlar daha karmaşık iletişim becerilerine sahip olmak zorunda kaldıkça beyinleri bunu karşılayabilecek şekilde evrimleşmiş, buna bağlı olarak beyinleri irileştikçe de daha karmaşık sosyal ağlar kurmayı başarabilmişlerdir.

Bu, insan beyninin evriminde kendini sıklıkla tekrar eden bir örüntüdür: Saydığım 6 faktörden birisi insan ve ataları üzerinde seçilim baskısı yarattıkça bu ihtiyacı karşılayabilen beyinlere sahip bireyler hayatta kalmış ve üremiştir.

Böylece insan popülasyonlarında giderek daha iri beyinler evrimleşebilmiştir. İnsan beyni irileştikçe, o 6 faktör de daha isabetli ve başarılı bir şekilde yerine getirilebilmiştir. Ancak aynı zamanda insan beyninin bu hızlı büyümesi, sadece nöronlar ve nöral ağlar sayesinde mümkün olabilen yüksek zihinsel fonksiyonların da evrimleşebilmesine neden olmuştur. Yani beyin evrimleştikçe yaratılan kendini tekrar eden evrim döngüsü, türümüzün algısal zekâsında müthiş bir atılıma neden olmuştur.

4) İki Ayak Üzerinde Yürüme (Bipedalizm)

İnsan evriminin en önemli köşebaşı taşlarından biri olan iki ayak üzerinde yürüme becerisinin (iki ayaklılık veya bipedalizm) insan beyninin evrimindeki rolü asla göz ardı edilemez. Aslında iki ayak üzerinde duracak şekilde evrimleşebilmemizin en temel sebebi, yine "sıfırıncı faktör" olarak tanımladığım ormanlardan savanaya geçiştir. Bu geçiş sadece ellerimizin boşta kalıp buna uygun bir şekilde evrimleşmesine neden olmamıştır; aynı zamanda ayaklarımız üzerinde de önemli değişikliklere yol açmıştır. Örneğin iki ayak üzerinde durmak, az sonra da değineceğimiz gibi dengede kalabilmeyi en önemli unsurlardan biri haline getirmiştir. Bu durum, insan-dışı maymunlarda gördüğümüz başparmaklı ayak yapısını gereksiz kılmıştır. Bu süreçte bağımsız başparmaklarımız hızla körelmiş ve tüm parmaklarımız aynı hizaya gelmiştir. Bu yapı, öne doğru devrilmemize engel olmayı sağlayacak başparmak yapısına ulaşmamızı sağlamıştır. Ayrıca topuklarımız güçlenmiş, ağırlığın tümünü taşıyabilecek şekilde özelleşmiştir.

Ancak savanaya çıkışın insanları neden iki ayak üzerinde durmaya zorladığı ilk etapta kolayca fark edilemeyebilir. Ancak iyi düşünülürse, cevap açıktır: Çok sıkı bir şekilde ağaç ve otlarla kaplı ormanlarda iki ayak üzerinde durmanın pek bir avantajı yoktur. Ormanlarda iki ayak üzerinde duran bir hayvanın dört ayaklı bir versiyonuna göre hiçbir avantajı olmayacağı gibi, yüksek ağaç tepelerinde bu davranışın ölümcül sonuçları olabilecektir. Ancak yerden biten uzun, sarı otlar arasında hareket ederken iki ayak üzerinde durmanın müthiş avantajı bulunmaktadır: İki ayak üzerinde duran bir tür, aynı türün dört ayak üzerinde duran versiyonuna göre daha "yüksekte" olacaktır. Bu da kafanın, dolayısıyla gözler ve kulaklar başta olmak üzere tüm duyu organlarının yerden daha yüksekte olmasını sağlamaktadır. Bu sayede iki ayak üzerinde duran hayvanlar uzun ve üzerleri açık otlar arasında tehditleri dört ayaklı versiyonlarına göre çok daha önce, hatta bir dört ayaklıdan belki dakikalarca önce fark edebilmelerini sağlamaktadır. Bu sayede insanlar sadece hayatta kalma şanslarını ciddi anlamda arttırmayı başarmamış, aynı zamanda ellerini boşta bırakarak önceki sayfalarda sözünü ettiğim evrimsel değişimlerin yaşanabilmesini mümkün kılmıştır.

İki ayakta durmak ile beyin evrimi arasındaki ilişki de ilk etapta çok açık olmayabilir. Fakat yine bu da beynin evrimini doğrudan etkileyen bir faktör-

dür. Çünkü dört ayak üzerinden iki ayak üzerine kalkmak ciddi bir denge sorununu beraberinde getirmektedir. Liselerde, hatta ilkokulda öğrendiğimiz üzere geometrik bir düzlem oluşturabilmek için en az üç noktaya ihtiyacınız vardır. Yeryüzü kabaca bir düzlem olduğu için, yere en az üç ayakla basan hayvanlar çok daha dengeli olacaktır. Çünkü bu uzuvları yer üzerinde bir düzlem oluşturacak ve dengede kalmalarını mümkün kılacaktır. Fakat iki nokta ile sadece bir doğru yaratabilirsiniz. Bir düzlem içindeki doğru yeterince sağlam değildir. Bu nedenle üç ayaklı bir masa bile dik durabilecekken, iki ayaklı bir masanın durması neredeyse imkânsızdır; ya o yana, ya bu yana devrilecektir.

İşte bu denge sorunu nedeniyle insan hem fizyolojik, hem de zihinsel bir evrim geçirmek zorunda kalmıştır. Ayaklarımızdaki tendonlar değişmiş, bacak kaslarımız güçlenmiştir. Buna karşılık kollarımız kısalarak vücut ağırlığımız daha da merkezileştirilmiştir. Zaten artık arboreal (ağaç üzerindeki) hayatta bulunmuyor oluşumuz, uzun kolları işlevsiz kılmıştır. İç kulağımız karmaşıklaşmış ve denge mekanizmaları evrimleşmiştir.

Bölümün önceki sayfalarında da sözünü ettiğimiz gibi kaslanma ve karmaşıklaşma, beyin evrimini de beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla beynimiz de bu süreçte irileşmiştir. Ancak sadece fiziksel güçlenme miktarımıza bağlı bir beyin evriminden söz etmiyorum. İki ayak üzerinde denge kurmak oldukça zorlaştığı için, beynimizde dengemizi sağlayan bölgeler de karmaşıklaşmış ve diğer beyin bölgelerine göre irileşmiştir. Ayrıca iki ayak üzerinde durmamız sırasında dengemizi sağlayan kasların kontrolünü mümkün kılmak için de motor faaliyetlerimiz gelişmiştir. "Tesadüfe bakın ki" dengemizi sağlayan ve motor faaliyetlerimizi kontrol eden beyin bölgeleri, yine bilişsel algı, mantık, zekâ gibi üst düzey fonksiyonlarımızı mümkün kılan serebrum ile serebellum bölgeleridir. Öyle ki, serebrum dahilinde yapılması istenen bir motor faaliyet, öncelikle serebellumda kontrol edildikten sonra kaslara gönderilir. Bu sayede vücudunuzun bir parçasını hareket ettirme noktasına kadar hayal edebilirsiniz; ancak kasların harekete geçmesine engel olabilirsiniz. Ayrıca bu beyin bölgelerinde meydana gelen fiziksel hasarın neden olduğu ilk belirti de hastalarda görülen denge ve koordinasyon kayıplarıdır.

İki ayaklılığın evrimsel açıdan avantajlı oluşunun başka sebepleri de vardır. Örneğin, bu şekilde toprak üzerinde iki ayak üzerinde durabilmenin, ağaçta dört ayak ve kuyruk sayesinde durabilmekten çok farklı dinamikleri beraberinde getirdiği bilinmektedir. Burada, kitap içinde pek bahsetmediğimiz ancak tıp ve evrimsel mühendislik açısından büyük öneme sahip olan biyomekanik alanında yapılan araştırmalar devreye girmektedir. Biyomekanik analizler, insan iki ayaklılığının iki önemli açıdan evrimsel avantaj sağladığını göstermektedir: termoregülasyon (ısı kontrolü) ve enerji verimliliği.

Afrika'nın aşırı sıcak savanasında yaşayan hayvanların çoğu dört ayakları üzerinde yürüyor olsa da, buna uygun soğutucu adaptasyonlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu adaptasyonlar sadece fiziksel değişimler değil, davranışsal de-

ğişimlerdir de... Birçok savana hayvanının kumlara bulanması, sulak alanlara yakın yaşaması bunların bazı örnekleridir. Ancak her ne kadar daha zorlu olsa da, iki ayak üzerinde durmanın aşırı sıcak bölgelerde sağladığı beklenmedik bir avantajı vardır: İki yüzey arasındaki ısı transferinde en önemli faktörlerden birisi yüzey alanıdır. Yüzey alanı ne kadar büyükse, ısı transferi de o kadar fazla olacaktır. Dolayısıyla gökyüzündeki güneşin kavurucu etkisi, ondan gelen ışınları doğrudan alan vücut alanınız ne kadar büyükse, o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle güneşlenirken ayakta durmayız, uzanırız. Aynı şey, serin bir rüzgârla olan ısı alışverişinde de geçerlidir. Buz gibi bir vantilatörün önünde dimdik durup da kollarınızı açmanız bundandır: Hava akımı ile etkileşen vücut alanınızı maksimize etmek istersiniz.

Dört ayak üzerinde duran hayvanların sırtları bir bütün olarak güneş altındadır. Buna karşılık genellikle yüzeye paralel esen rüzgârların etki ettiği yüzey alanı son derece dardır. Öte yandan iki ayak üzerindeki bir insana etki eden güneş ışınlarının değebildiği yüzey alanı son derece sınırlıdır; buna karşılık serinletici rüzgârın etki edebileceği alan çok daha fazladır. Bu sayede insanların vücut sıcaklıklarını düşük tutabilmeleri, dört ayakları üzerinde hareket eden kuzenlerine göre çok daha kolay olabilmektedir.

Benzer şekilde, biyomekanik analizler sayesinde öğrendiğimiz üzere uzun mesafelerde iki ayak üzerinde yürümek, dört ayak üzerinde yürümekten enerji bakımından çok daha avantajlıdır. İnsan, her ne kadar kısa mesafe koşuda berbat bir tür olsa da, uzun maratonlarda veya upuzun yürüyüşler gerektiren göçlerde diğer birçok hayvanla yarışabilecek kadar verimli bir hareket tipine sahiptir. Dahası, iki ayaklılığın enerji sarfiyatı, hangi hızda hareket ediyor olursanız olun dört ayaklı versiyonunuza göre daha düşük olmaktadır. Örneğin saatte 2.4 kilometre hızla hareket eden bir iki ayaklının enerji sarfiyatı kabaca 580 kJ/saat iken, bir dört ayaklınınki 700 kJ/saat civarıdır. Hız artıp da saatte yaklaşık 6 kilometreye ulaştığında bir iki ayaklının enerji sarfiyatı kabaca 1200 kJ/saat iken, bir dört ayaklınınki 1600 kJ/saat civarında olmaktadır. Yapılan araştırmalar kadınların enerji verimliliğinin erkeklerden daha da fazla olduğunu göstermiş olsa da, iki cinsiyette de bu verimliliği sağlayan en önemli unsurun, vücudun çeşitli bölgelerindeki eklemlerde oluşan dönme kuvvetlerinin (torkun) iki ayaklılarda dört ayaklılara göre çok daha dengeli ve düşük olmasıdır. Yani vücudumuzun hareketini kontrol eden fiziksel kuvvetler, evrimsel gidişata yön verebilmektedir.

Tüm bu sebeplerle iki ayaklılık birçok canlıda desteklenmektedir; ancak buna rağmen doğa şartları gereği bu canlılar nadiren tam olarak iki ayak üzerinde durabilmektedirler. Çünkü iki ayakta durabilmek, daha önce de izah ettiğim gibi son derece zor bir iştir ve dört ayaklılıktan iki ayaklılığa geçiş oldukça masraflıdır. Bu nedenle birçok hayvan geçici bipedalizm denen bir yapıdadır ve sadece geçici olarak iki ayak üzerinde durabilmektedir; insanlar gibi sürekli iki ayak üzerinde duramazlar. Yani dört ayaklılıktan iki ayaklılığın evriminde bile ara geçiş türleri net bir şekilde görülebilmektedir.

İki ayak üzerinde durabilmenin verdiği bu büyük avantaj sayesinde insanlar Afrika'nın uçsuz bucaksız topraklarında gezinip yeni yaşam alanları keşfetmeyi başarmışlardır. Bu keşifler, türümüzün uyum başarısını arttırmış, yeni ortamlara adapte olabilmemiz sayesinde zekâmızın da gelişimini tetiklemiştir. Nihayetinde bu yeteneklerle donanan türümüz, Afrika'yı terk ederek tüm gezegene yayılacak göçleri başlatabilmiştir. Kuşkusuz ki bipedalizm, insan atalarının ve insanların diğer tüm türlere nazaran çok daha uzaklara ulaşabilmesinin arkasında yatan en önemli unsurlardan birisidir.

Belki bunların hepsinden de önemlisi, iki ayak üzerinde durabilmemizin kollarımızın, dolayısıyla ellerimizin serbest kalabilmesi olmuştur. Bu çok önemlidir, çünkü bu, bizi daha önce saydığım basamaklara götürür: Ellerimiz serbest olduğu için daha rahat avlanabilmişizdir, daha rahat hareket edebilmişizdir ve daha fazla hareket alanına sahip olmuşuzdur. Ellerimizin serbest kalmasıyla birlikte, el-göz koordinasyonumuz daha da gelişmiştir, buna bağlı olarak aletlerimiz daha karmaşıklaşmış, avlarımızı daha kolay alt edip, avcılarımızın üstesinden daha kolay gelebilmeye başlamışızdır.

Görülebileceği gibi bu saydığım faktörlerin her biri birbirine sıkı sıkıya bağlıdır ve birini diğerinden ayırmak oldukça güçtür. Bu faktörleri daha yakından tanıdıkça, neden aynı koşulların birebir diğer hayvanlarda oluşmasının çok güç olduğu daha anlaşılır olmaktadır diye umuyorum.

5) Cinsel Seçilim

Arkeoloji bölümünde de söz ettiğimiz gibi cinsel seçilim, bir türün içindeki cinsiyetlerin birbirleri için (kimi zaman birbirlerine karşı) mücadele etmesi ve bu mücadeleye (ve bireysel özelliklere) göre eş seçiminde bulunması sürecidir. Doğal seçilim canlıların hayatta kalma mücadelesiyle ilgiliyken, cinsel seçilim üreme mücadelesiyle ilgilidir. Dolayısıyla cinsel seçilim de tıpkı doğal seçilim gibi bir doğa yasasıdır ve evrimin en temel seçilim mekanizmalarından birisidir.

Cinsel seçilim günümüzde devam ettiği gibi, insan evriminin tarihinde de oldukça belirleyici bir role sahip olmuştur. Bu noktaya kadar sözünü ettiğim her bir faktör, sadece hayatta kalabilme şansımızı arttırmamıştır; aynı zamanda türümüzün erkeklerinin dişilerini etkilemesini mümkün kılmıştır. Düşünülecek olursa dişiler, kendilerini ve potansiyel yavrularını koruyabilecek kadar zeki erkekleri eş olarak tercih edecektir. Bu koruma ise, bu noktaya kadar anlattığımız faktörlerin üstesinden en iyi gelebilen erkeklerin becerileriyle ilgili bir durumdur. Örneğin atalarımızın dişileri, daha zeki, sosyal becerisi kuvvetli, el-göz koordinasyonu sayesinde avlanma becerileri yüksek olan bireyleri kendilerine eş olarak seçmiş olmalılardır. Bu da, en büyük beyne sahip olanın sürekli olarak seçilmesini beraberinde getirmiştir.

Unutmamak gerekir ki, evrimsel süreçte tüm türlerin verdiği var olma mücadelesinde hayatta kalmak tek başına bir hiçtir. Kitabımızın ilk iki bölümün-

de de gördüğümüz gibi, hayatta kalmak konusunda ne kadar başarılı olursanız olun eğer ki üreyemiyorsanız, evrimsel olarak başarınız pratik olarak sıfırdır! Dolayısıyla var olma mücadelesinde başarılı olabilmek için mutlaka yavrular üretmek zorundasınızdır. Kendinizi diğer bireylere üstün kılan genleri gelecek nesillere aktaramadığınız sürece, evrimsel açıdan sizi hayatta kalmak bakımından üstün kılan bu yönlerinizin hiçbir anlamı yoktur. Üreyemediğiniz için, o genler de sizinle birlikte yok olacaktır.

Ancak üremek kolay bir iş değildir; karşı cinsiyeti etkileyebilmekten geçer. İşte sosyal becerisi en yüksek ve en zeki olan bireylerin cinsel olarak seçilmesi, sürekli olarak beynimizin büyümesine sebep olmuştur. Sadece sosyal yapı içindeki rollerini en üstün şekilde yerine getirebilenler değil, ayrıca daha önce saydığım diğer faktörlerde de en iyi olanlar, karşı cinsiyeti etkilemek konusunda bir adım önde olacaktır.

Tabii ki bu sadece dişi tercihi ile ilgili bir durum değildir; erkek tercihinde de aynen geçerlidir. Erkekler de sosyal yapı içinde kendine en geniş yer bulan, en başarılı, en zeki dişileri tercih etmeye çalışacaklardır. Ebeveynlerin yavrulara katkısı canlılık dahili genelinde asimetrik olduğu için, cinsiyetlerin tercihleri de genellikle asimetriktir. Genellikle yavruya çok fazla katkı sağlayan dişiler, yavrulara çok daha az katkı sağlamaya meyilli olan erkekleri tercih etme "hakkını" evrimsel süreçte kazanmışlardır. Ancak bu demek değildir ki erkekler hiç tercihte bulunmamaktadır. En basitinden, hangi dişilere kur yapmayı tercih edecekleri bile erkeklerin her üreme döneminde vermeleri gereken bir karardır.

Cinsel seçilim ile ilgili olarak *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* başlıklı kitabımda bolca bilgi verdiğim için burada çok fazla tekrar etmeyeceğim. Çünkü cinsel seçilim gerçekten çok geniş bir konu ve detaylarına girmek, buradaki konumuzdan fazlasıyla sapmamıza neden olacaktır. Ancak günümüzde bile "sapyoseksüel" (zeki bireylere cinsel çekim duyan) bireylerin varlığı ve bunların giderek artıyor oluşu, tarihte de bireylerin tercihini etkilemiş olabileceğini doğrulamaktadır.

6) Et Ağırlıklı Hepçil Diyet

Bu noktaya kadar sürekli beynin evriminden, büyümesinden, gelişmesinden bahsettim. Ancak unutmayınız ki beyinle ilgili her şeyden önce söylediğim şey, çok pahalı bir organ olmasıdır. İnsan beyninin çok yüksek bir enerji ihtiyacı vardır. Üstelik sadece enerji açısından değil, yapısal olarak düzgün çalışabilmesi için beynin çeşitli proteinler ve vitaminlere ihtiyacı bulunmaktadır. Ne var ki buraya kadar saydığım hiçbir faktör, beynin evrimini enerji bakımından destekleyecek doğaya sahip değildir. Evet, iki ayaklılıkta enerji verimliliğinden birazcık bahsettik; ancak enerji girdisini arttırmadığınız sürece enerji verimliliğini arttırmanın tek başına pek bir faydası olmayacaktır. Bu, yeterli değildir. Dolayısıyla sadece

beynin büyümesini tetikleyen bir süreç değil; aynı zamanda onun enerji ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir evrimsel değişim de gerekmektedir.

İnsanın ve atalarının beslenme eğilimleri ve besinlere olan yaklaşımı da evrimsel süreçte değişmiştir. 6 milyon yıl kadar önce şempanzelerle ayrı yönlere doğru evrimleşmeye başladığımızdan beri, Thomas Hobbes'un tanımıyla "pis, zalim ve kısa" hayatlar yaşayan canlılar haline gelmişizdir.[9] Bu süreçte değişen diyetlerimizi biraz daha yakından tanıyalım:

İnsana gidecek evrimsel dal, şempanzelere gidecek evrimsel daldan ayrılmaya başladığında (6 milyon yıl kadar önce), şempanzeler ile insanların ortak ataları halen meyveler ve bitkilerle besleniyordu. Pek çok çeşit meyve, ağaç kabukları ve gövdeleri, yapraklar, bitki kökleri ve benzeri bitki parçaları diyetleri içinde yer alıyordu. Her ne kadar günümüzden 15-12 milyon yıl öncesinden itibaren insansı maymunların (gibonlar, goriller, orangutanlar, şempanzeler, bonobolar ve insanlar) evrimleşmesiyle et tüketimi de yavaş yavaş başlamış olsa da, meyve ve yeşillik ağırlıklı beslenme hemen hepsinde ciddi biçimde baskın olarak kaldı. İnsan kolu olan Hominidler de çok uzun bir süre bu özelliği sürdürdü.

Bitkilerden elde edilen enerji, genellikle hayvanlardan elde edilene göre oldukça düşüktür ve kısıtlıdır. Tam olarak bu sebeple otçul veya baskın olarak ot yiyen hepçil türler, bitkilerden yeterli enerjiyi alabilmek için ortalamada çok daha fazla kütlede bitkisel ürün tüketirler. Kimi otçullar, vücut ağırlarının kat kat fazlasını tüketerek gerekli besin ve enerjiyi almak zorundadır. Bize doğru evrimleşecek olan atalarımız, çok uzun yıllar hep ormanlarda yaşadı, çünkü çevre onları hiç dışarıya çıkmaya zorlamadı. Ancak zaman ilerledikçe, besin kaynaklarının azalması ve daha önemlisi, muhtemelen çevresel ve iklimsel değişimlerden ötürü insan türleri (günümüz modern insanının ataları) günümüzde Kongo ve civarında bulunan ormanlardan öncelikle doğuya, sonrasında kuzey ve güneye doğru göç etmeye başladılar. İşte bu da bölüm boyunca sözünü ettiğim "ormandan savanaya geçiş" olayının yaşanmasını sağladı.

Evrimsel olarak beslenme tarihimizi incelediğimizde, günümüzden 2.5 milyon yıl kadar önce, insan türlerinden biri olan *Homo habilis*'in ve yakın atalarının ilk defa et ağırlıklı beslenmeye başlayan bir popülasyona doğru evrimleşmeye başladığını görüyoruz. Besin kıtlığı sırasında ot bulamayan bireylerden, özellikle orman dışında yaşayıp adapte olmaya çalıştıkları savana hayatında, çevrede bolca bulunabilen ete yönelenler açlık savaşını kazanmayı başardı. Bu aslında oldukça beklenen bir sonuçtur; zira ormanların sunduğunu savanadan beklemek hata olacaktır. Hele ki Afrika'nın birkaç yüz kilometre mesafede bile tamamen değişebilen iklim ve bitki örtüsü düşünüldüğünde, canlıların göçlerinin çok daha dramatik evrimsel değişimleri getirmesi kaçınılmazdır. Ormandaki bitki bolluğundan, savananın kıtlığına düşen türümüzün ataları, bu yeni

9 Hobbes, evrimleştiğimiz tarihi bilememiş olsa da, bu değişim tanımını Darwin'den bile 200 sene kadar önce yapabilmiş bir İngiliz filozofudur.

çevrenin sunabildiği besinlere adapte olmaya başlamıştır. Savanalarda, otlara göre çok daha bol miktarda et bulunur. Bitkisel besin olaraksa küçük yemişler, ufak otlar ve kimi zaman kısa ağaçlar ve meyveleri bulunabilir.

Et ağırlıklı beslenmenin evriminde, ilk etaplarda ciddi hastalıkların yaşanmış olması ve dolayısıyla türümüzün atalarının popülasyonlarının kırılmış olması muhtemeldir. Çünkü çiğ ete alışkın olmayan türlerin bedeni, etlerle taşınan mikroplara da adaptif değildir. Ancak aç kalıp ölmek ile et yiyerek sağ kalma arasındaki denge, sonunda etten yana bozulmuştur ve et yemeyi daha fazla başarabilen, bu besinlerden faydalanabilmek konusunda daha uyumlu, daha güçlü savunma sistemlerine ve eti daha kolay kabul edebilen genlere (ve dolayısıyla bünyelere) sahip bireyler hayatta kalarak daha fazla üreyebilmişlerdir. Bunun mümkün olabilmesinin sebebi, bireylerin genetik ve çevresel etkiler altında varyasyonlara sahip olmasıdır: Atalarımızın kimi, alışık olmasa da et yemekten iğrenmezken, kimi bundan tiksinmiş ve uzak durmuş olabilir. Kiminin doğumundan berigelen beslenme tipinden ötürü midesinde yaşayan bakterilerin çeşidi ve sayısı, diğerlerinden farklı olabilir. Kiminin genetik çeşitliliğinden ötürü barındırabileceği bakterilerin veya vücudunun savunma sisteminin yapısı diğerlerinden farklıdır. Aynı tür içinde bile bireyler arasında bu şekilde milyonlarca varyasyon bulunmaktadır. Bu, seçilimin et yemeyi başarabilenlerden yöne bozulmasını sağlamıştır.

Bu konuda giderek artan veriler, aslında primatların zaten son 45 milyon yıla yakın bir süredir hepçil, yani hem et hem de ot yiyebilen bir bünyeye sahip olduklarını, ancak çoğu primat türünün özellikle bol olarak erişebildiği bitkisel ürünleri baskın olarak tüketebilecek bir biçimde adapte olduğunu göstermektedir. Bunun en güzel örnekleri, ciddi bir baskınlıkla ot tüketen yakın kuzenlerimizin (şempanzeler, goriller ve orangutanlar), yeri geldiğinde diğer primatları ve küçük kemirgenleri avlayarak yemeleridir. Bünyeleri bu durumda herhangi bir zarar görmemekte, sindirimde herhangi bir sorun yaşamamaktadır. Ancak bu canlıların yaşam alanlarında her zaman bitki temelli besinlere erişim çok daha kolay ve yaygın olduğundan (en azından şimdilik), bizim atalarımızın savanaya çıktıklarında karşılaştıkları ölümcül seçilim baskısını asla maruz kalmamış, dolayısıyla et temelli bir hepçil diyete asla ihtiyaç duymamışlardır.

Atalarımızın et yemeye başlamayla birlikte, insanın beyin kapasitesi de evrimsel açıdan oldukça hızlı bir şekilde büyümeye başlamıştır. Bunun sebebi, az miktar bir etten bile alınabilecek bol enerji ve proteinin beynin büyümesi için gerekli olan her şeyi sağlıyor olmasıdır. Sadece bu da değil; etlerin vitaminler ve yağ gibi vücudumuzun ihtiyaç duyduğu diğer besin maddelerini de tek başına bir arada bulunduruyor olması, doğanın insana beyninin evrimi için gerekli olan tüm besinleri adeta bir "paket halinde" sunmasını sağlamıştır. Daha önce de sözünü ettiğim gibi beyin vücudumuzdaki en masraflı, en çok enerji harcayan organıdır. Türümüzün evrim sürecinde, beynimizin enerji ihtiyacını karşılamak sadece ot temelli bir beslenmeyle başarılabilecek, en azından evrim-

sel süreçte ve uzun vadede sürdürülebilecek bir durum değildi. Elbette bireysel tüketim söz konusu olduğunda, üzerimizde eskisi gibi seçilim baskısı olmadığı için ot temelli bir beslenme ile hayatta kalınabilir. Ancak vahşi hayatta olduğumuz dönemde evrimsel olarak tek güçlü silahımız olan beynimizin enerjiye ihtiyacı vardı ve bunu edinmenin tek yolu et tüketmekti.

Bu sebeple, diğer hayvanların beyinleri (ve ot temelli beslenen atalarımızın beyinleri) insana göre çok daha küçük kalmış ve büyümesi yönünde belki çeşitli seçilim baskıları oluştuysa da, bu büyüme gerçekleşememiştir. Öte yandan, et tüketimi ile beyin evrimi arasındaki ilişkide son derece yanlış anlaşılan bir diğer konu da, et tüketiminin iri bir beynin evrimleşebilmesi için tek başına yeterli olduğu sanrısıdır. Bu, tamamen hatalıdır. Bölüm içinde saydığım diğer faktörler olmaksızın iri bir beynin evrimleşmesi için gerekli tetikleyicilerden söz edemeyiz. Buna, bölümün son sayfalarında tekrar döneceğim.

Bunun haricinde ot temelli beslenme ne kadar sınırlanırsa (sadece yaprak yemek gibi), canlının enerji üretimi de o kadar kısıtlanır. Otçul diyetin doruk noktası olan tembel hayvanlar, sadece bitki yaprakları ile beslenirler. Ancak bu, onlara o kadar az bir enerji verir ki, diyetlerinin değişmesi yerine, fizyolojik faaliyetleri ve yaşam biçimleri değişmiş ve evrimleşmiştir. Tembel hayvanlar, ortalama olarak en fazla saniyede 6 santimetrelik bir hareket hızına erişebilirler. Bu, 1 metre uzağınızdaki bir masadaki bardağa, normalde 1 saniyeden daha kısa sürede erişebilecekken, 15-16 saniyede ulaşabilmeniz demektir. Dahası tamamen otla beslenen bu hayvanlar günün 15-16 saatini uyuyarak geçirirler ve uyanık oldukları zamanlarda da aşırı yavaş hareket ederek yiyebildikleri kadar yaprak yerler. İşte bu yüzden isimleri "tembel" hayvandır. Ancak hızlanmak yerine, çok yükseklere tırmanabilme yetenekleri sayesinde, hayatta kalmayı başarmış ve hızlanmaya yönelik bir evrim geçirmemişlerdir. Bu, tabii ki apayrı bir konudur.

Burada belirtmem gereken bir diğer önemli nokta, elbette ki otçulların hepsinin çok yavaş olmak zorunda olmadığıdır. Örneğin geyikler ve ceylanlar, çok seri bir şekilde hareket edebilirler, dünyanın en hızlı koşucusu olan çitaları bile kıvraklıkları sayesinde atlatabilirler. Dolayısıyla diyet, evrimsel tarihin tek ölçütü asla olamaz. Bu nedenle, türler veya canlı grupları arasındaki ortalamalar ve bu ortalama değerlerin verdiği bilgiler değer kazanmaktadır. Bu durumda, rahatlıkla şöyle diyebiliriz: Ortalamada otçulların hareket kabiliyetleri ve zekâları, etçillere göre daha düşüktür. Ancak spesifik olarak bazı otçullar, spesifik olarak bazı etçillerden daha hızlı hareket ediyor olabilir veya daha zeki olabilir. Bu tıpkı şuna benzer: Ortalamada siyah insanlar, beyaz insanlara göre atletizmde daha başarılıdırlar. Ancak spesifik bazı beyaz atletler, spesifik bazı siyah atletlerden daha başarılı olabilir. Ortalamalar, belli bir faktörün sürecin geneline etkisini anlamamıza yardımcı olmaktadırlar. Dünyanın en çevik koşucusunun (çitalar) etçil bir hayvan olması, dünyanın en zeki canlısının (insanlar) etçil ağırlıklı bir hepçil olması, dünyanın en zeki ve hızlı dinozorlarının

(*Troodon, Deinonychus, Compsognathus* ve diğerleri) etçil olması tesadüf değildir. Fakat bu demek değil ki otla beslenen canlılar hareket edemez veya zeki değildir. Bu tür tartışmalarda "ortalama" konusunu hatırlayınız.

Ette bol miktarda protein, vitamin, mineral ve yağ asitleri bulunur. Bu sayede insanların sadece zekâ gelişimi tetiklenmemiş, boyları da hızla uzamaya başlamıştır. Günümüzden 5-6 milyon yıl önce yaşayan insan türleri 1 metre civarındayken, *Homo habilis*'ten birkaç yüz bin yıl sonra evrimleşen *Homo ergaster*'in çocuk yaştaki boyu 1.8 metrenin üzerine çıkabilmiştir. Günümüzde ise bilindiği gibi ergenlik sonunda ulaşılan boy 1.8 metre civarındadır. Yani *Homo ergaster* kadar hızlı büyüseydik, 10-12 yaşındaki bir insan çocuğu yaklaşık 1.8 metre boyunda olurdu. Zaten temel olarak bu sebeple büyümekte olan bir çocuğun gelişimi için hayvansal proteinler ve et büyük önem arz etmektedir. Zira gelişim biçimimiz de evrimimiz ile paralel olarak belirlenmiştir; dolayısıyla etin bu evrimde önemi büyüktür.

Et yiyor olmasına rağmen zekâsı evrimleşmeyen diğer hayvanlardan bir diğer farkımız da, zekâmızın evrimleşmesinin tetiklenmesiyle birlikte algısal becerilerimizin gelişmesi, bu sebeple de alet kullanabilmeye başlamamızdır. Yani bu faktör de, saydığım diğer 5 faktör ile sıkı sıkıya ilişkilidir. Diğer hayvanlar, yakalayacakları et için çok uzun çabalar harcayıp, günü kurtarmayı hedeflerken insan türleri güçlü sosyal bağlar kurarak ve alet kullanarak az enerji ile çok et avlayabilmiştir. Bu sayede fazladan enerjiyi başka yönlere harcamayı başarabilmiştir. Bir çita 21 saat uyuyup 3 saat avlanırken, insan türleri 3 saat avlanıp 21 saat diğer işlere odaklanmışlardır. Bu "işler" içinde yer alan sosyal ilişkiler sayesinde sosyal yapıları çok daha gelişmiş ve yerleşik yaşama geçmeye başlamışlar, adım adım daha gelişmiş bir yapıya evrimleşmeye başlamışlardır.

Tabii unutmamak gerekir ki et merkezli yemek biçimine geçişimiz, şekere ve şekerli besinlere olan tutkunluğumuzu da yok etmemiştir. Sonuçta beynin yapısal evrimi için gereken şey proteindir; ama beynimiz günlük yaşamda şeker ile çalışır. Bu sebeple insan, meyve ve sebzeleri tüketmeye devam etmiş; bitkilerin sadece bol yeşil gövdelerini (özellikle yapraklarını ve gövdelerini) yemeyi bırakmıştır. Bu yeşil gövdelerde bol miktarda selüloz bulunur ve apandiks organı, tüm atalarımızda ve kuzenlerimizde selülozu sindirmek üzere özelleşmiş hücreleri barındırıyordu ve onlarda hâlâ da barındırır. Ancak yeşil gövdeleri bırakmamızla birlikte apandiks organı da evrimsel açıdan gereksizleşti ve atalarımızda körelmeye başladı. Türümüzde de bu körelme devam etmektedir. 2,5 milyon yıldır süren bu körelme süreci sonucunda apandiksimiz, neredeyse işlevsiz bir hale gelmiştir; gittikçe de küçülmektedir. Apandiksin evrimsel süreçteki körelimi, atalarımızın meyve ve ot temelli bir diyetten et temelli bir diyete geçtiğinin en net göstergelerinden birisidir.

Et temelli diyetin evrimleşmesinin bir diğer en önemli göstergesi de çenelerimizin küçülmesidir. Bunun tek sebebi et temelli diyete geçmemiz değil, aynı zamanda beyinlerimizin büyümesidir. Fakat beynimizin büyümesi de et temel-

li diyetle doğrudan ilişkili olduğu için, çenelerimizin küçülmesiyle de ilgilidir. Selülozun sindirilebilmesi için tek gereken apandiks değildir. Çünkü apandiks içinde selülozu sindirebilen kimyasalları üreten bakteriler, sadece kimyasal sindirime yarayabilir. Ancak bir besinin sindirilmesinin ilk adımı, mekanik parçalamadır. Bunu da dişlerimiz yapar. Otların parçalanabilmesi ve selülozun kısmen yıkılabilmesi için, çok geniş ve büyük ezici dişlere ihtiyaç duyulur. Bunu yapan, çenemizin arka kısmında bulunan dişlerimizdir. Evrimsel süreçte, ot temelli diyetten uzaklaştıkça, bu dişlerin tamamına ihtiyacımız da kalmamıştır. Ayrıca çene basıncımızın da eskisi kadar yüksek olmasına gerek olmaması, çenemizin küçülmesiyle sonuçlanmıştır. Bunun en belirgin göstergesi de (fosiller haricinde) 20 yaş dişlerimizin bu kadar sorunlu olmasıdır. Aslında 20 yaş dişlerimiz, otların sindirimi için çok önemli parçalardı; ancak son 2.5 milyon yıldır bu dişlere ihtiyacımız nesiller içinde azalmış, çenemizin de küçülmesiyle bu dişlere ağzımız içinde yer bile kalmamıştır. Bu sebeple bu körelmiş diş yapıları, günümüzde bu kadar sıkıntılı bir şekilde çıkmakta, sağlık sorunlarına neden olmaktadır.

Tabii ne olursa olsun, atalarımız bu besinlere ulaşmak için çok ciddi çabalar sarf etmektelerdi. Bir bizonun peşinden mızraklar ve gürzlerle koşmak, onu yere indirip öldürmek, kilometrelerce geri, kampa taşımak kolay bir iş olmasa gerek. Benzer şekilde her gün ağaçlara tırmanıp, binbir kıvraklıkla meyve-sebze toplamak kolay değildir. Bu ikisinin kombinasyonu sebebiyle atalarımızın dayanıklılığı, kardiyovasküler sağlıkları, kas-yağ dengeleri, günümüz maraton koşucuları ile neredeyse aynı düzeydeydi. Günümüzde halen vahşi türler gibi avlanan insan kabilelerinde, "modern" dünyanın yağ kütlesi normalden oldukça yüksek (veya fiziksel aktivitesi yok denecek kadar az) insanlarına göre çok yüksek fiziksel yetiler bulunmaktadır. Günümüz insan kabilelerinden bazıları, tam 8 saat boyunca bir geyiğin peşinden koşup avlanabilirler.

DİĞER BAZI HAYVANLARIN ANALİZİ

Görülebileceği gibi, sözünü ettiğim 6 faktör, birbirinden ayrılamayacak kadar sıkı bir ilişki halindedir. Her biri birbirini tetikler, birbirinden etkilenir ve bir bütün olarak beynin evrimi üzerinde etkiye sahiptir. Ancak bu noktada fark etmiş olabileceğiniz çok önemli bir nokta vardır: Bu faktörler teker teker ya da ikili üçlü gruplar halinde başka canlılarda da bulunabilir! Hatta pek olası olmasa da, yeterince dikkatli bir araştırma belki de altı faktörün de bir arada bulunduğu canlıları tespit etmenizi mümkün kılabilir!

Burada tekrar hatırlatılması gereken nokta şudur: Bu 6 faktörün bir arada bulunması bile beynin *kesinlikle* irileşeceğini ve insan-benzeri bir zekânın *kesinlikle* evrimleşeceğini söylememiz için her zaman yeterli değildir. Çünkü ilk olarak, bu sayılanlardan çok daha fazlası, belki bunlara göre daha ikincil olsalar da insan evrimine etki etmiştir. İkincisi, bunların zamansal sırası

da önem arz eder. Örneğin insan evriminde orman yaşantısından savanalara inmek çok önemli bir basamaktır ve çok ciddi çevresel değişim, dolayısıyla çevresel baskılar getirir. Böylesine bir değişimin saydığım 6 faktörün etkisi altında sağlanması, matematiksel olarak nadir gerçekleşecek bir durumdur. Bu olasılık insanda gerçekleşmiştir. Ancak Arkeoloji bölümünde de anlattığımız gibi, geriye dönük olasılık hesaplarının tehlikelerini lütfen aklınızdan çıkarmayınız. Burada anlamamız gereken, insan evriminin tıpkı diğer her canlının evrimi gibi teknik olarak eşsiz olmasıdır. Her canlı ayrı evrimsel patikalardan geçer ve buna bağlı olarak evrimleşir. Bu nedenle çita aşırı bir hız kavulmuş, insanın da böylesi bir zekâya sahip olabilmiştir. Bazı diğer hayvanlarda başka kombinasyonlar, bizde hiç var olmayan çevresel baskılarla birlikte etki etmiştir ve o hayvanları ayırt edici özellikler evrimleşmiştir. Her tür, kendi evrimsel geçmişi içinde değerlendirilmelidir.

Yine de birkaç tür üzerinden giderek bu faktörlerin gerçekten de beynin evrimine katkı sağladığını görebiliriz. İlk örneğimiz Entomoloji bölümümüzde de ele aldığımız karıncalardan gelsin:

Sözünü ettiğimiz gibi karıncalar, yeryüzünde bildiğimiz en karmaşık sosyal yaşantılardan birisine sahiptirler. Tür içi iletişimleri oldukça gelişmiştir ve çok karmaşık iş bölümlerine sahiptirler. Her bir karınca, sürü içindeki rolünü net bir şekilde algılar ve aksatmaksızın uygular. Hatta karınca ve arı gibi sosyal hayvanlardaki roller zaman ve yaşa bağlı olarak değişmektedir bile! Buna rağmen karıncalar bu değişimleri kolaylıkla algılayıp, buna uygun davranabilmektedirler. Ancak ne yazık ki bu hayvanlar çok nadiren etle beslenirler; dolayısıyla orantısız bir beyin evrimini sağlayacak gerekli enerji altyapısına pek sahip değildirler. Buna rağmen karıncalarda iki ayaklılık bulunmuyor olmasına rağmen, yaşadıkları ağaçlarda ve 3 boyutlu konumsal uzay içinde herhangi bir pozisyonda durabiliyor olmalarından ötürü gelişmiş bir denge algısına sahip olmak zorundadırlar. Ne var ki aşırı küçük bedenleri, bizlere fayda sağlamayacak bazı diğer zayıf kuvvetleri kullanarak dengelerini sağlamalarını mümkün kılmaktadır; bu nedenle beyinlerinin evrimi denge unsuruna bağlı olarak tetiklenememektedir. Dahası, karıncalarda pek fazla el-göz koordinasyonu bulunmamaktadır, dolayısıyla bu açıdan çok fazla bir baskı bulunmaz. Buna rağmen faktörlerimizin etkisi altında, bu canlıların diğer karasal omurgasızlara nazaran sahip oldukları yüksek zekâları kolaylıkla açıklanabilmektedir.

Bir diğer örneği, denizlerden verebiliriz: Hayır, yunuslardan bahsetmeyeceğim. Aslına bakarsanız omurgalı bir hayvandan bile bahsetmeyeceğim! Ahtapotlar ve mürekkepbalıklarından bahsedeceğim! Ahtapotlar (ve bazı mürekkepbalıkları), denizlerde yaşayan en zeki omurgasızlar olarak bilinmektedirler. Yine, bu tesadüf değildir ve bu bölümde ele aldığım 6 faktör çerçevesinde çok net bir şekilde anlaşılabilmektedir: Bu canlılar oldukça gelişmiş bir el-göz koordinasyonuna sahiptirler. Öyle ki, hapsedildikleri ağzı kapalı kaplardan kolay-

lıkla uzuvlarını kullanarak kaçabilmektedirler veya bu tür zorlu el hareketlerini becererek avlanabilmektedirler. Ancak ahtapotlarda sosyal yaşantı son derece sınırlıdır, çoğu zaman tek başlarına yaşayan hayvanlardır ve neredeyse hiçbir zaman tür içi iletişime ihtiyaç duymazlar. Buna karşılık, ağırlıklı olarak etle beslenirler, dolayısıyla büyük bir beynin evrimi için gerekli olan besin kaynaklarına sahiptirler. Ne var ki ahtapotlar su içinde yaşadıkları için bipedalizmin getirdiğine benzer bir denge baskısına asla maruz kalmamışlardır ve muhtemelen asla olmayacaklardır da... Bu faktörlerin ışığı altında, denizel omurgasızlar arasındaki en zeki türler olmaları anlaşılırdır; ancak bundan daha öteye gidebilmeleri için daha fazla faktörün devreye girmesi gerekir.

Son olaraksa, yakın kuzenlerimize bir bakış atalım: Şempanzelerde saydığım 6 faktör çeşitli seviyelerde bulunur. Örneğin el-göz koordinasyonları oldukça gelişmiştir; ancak iki ayak üzerinde yürümezler (geçici olarak iki ayak üzerine kalkabilirler) ve halen ormanlarda yaşamaktadırlar, dolayısıyla savana hayatına geçiş gibi "sıfırıncı faktör" olarak gördüğüm devasa bir değişimi yaşamamışlardır. Sosyal yapıları oldukça güçlüdür; ancak iletişim yetenekleri halen oldukça kısıtlıdır ve şu anda üzerlerinde iletişimi bizim evrimsel tarihimizdeki kadar önemli kılacak çok fazla baskı bulunmamaktadır. Ayrıca şempanzeler arada sırada et yeseler de, ot baskın bir hepçil diyete sahiptirler. Buna rağmen, saydığım 6 faktörden 4-5 tanesinin bir arada bulunuyor olması, onların da bizler kadar gelişmiş bir zekâya sahip olabilmesini mümkün kılmıştır. Tabii ki bu, ortak atalarımıza ve daha eskisine kadar da takip edilebilir, bu asla unutulmamalıdır. Genellikle hiçbir tür, atalarına kadar takip edilemeyecek özelliklere sahip değildir. Primatlar, yapıları gereği bizim 6 faktörümüzü çeşitli seviyelerde barındırmaktadırlar; bu sebeple de diğer hayvan gruplarına göre fazlasıyla zekidirler. Bu faktörlerin (ve diğer ikincil faktörlerin) primatların hayatlarına farklı şekillerde etki ediyor oluşu, onların da kendilerine has özellikler kazanmalarını sağlamaktadır. Hangi özellikten söz ediyor olursak olalım, primatlardan bahsederken zekânın bu özelliğin bir parçası olması tesadüf değildir.

Bu noktada uzatmamak adına örnekleri sonlandıracağım. Ancak pratik olarak siz de yunuslar, balinalar, kuşlar gibi örneklerden yola çıkarak kendi analizlerinizi yapabilirsiniz. Hatta bu 6 faktörün açıklamakta güçlük çektiği tür örnekleri bulmayı deneyebilirsiniz. Ancak bu denemeyi yaptığınızda göreceksinizdir ki, şu anda insana benzer bir zekâya sahip olmaya en iyi adaylar, şempanzeler, bonobolar, goriller ve orangutanlar gibi en yakın kuzenlerimizdir ve bunun tek sebebi evrimsel tarihimizin ortaklığı değildir. Elbette ki bunun çok büyük bir payı vardır; ancak bu kuzenlerimizin yaşam biçimlerinin ve saydığım 6 faktörden etkileniş biçimlerinin bize çok benzer olması, onların beyinlerini de irileşme yönünde itmektedir. Belki de bu kuzenlerimizi bizler kadar zeki kılacak bir evrimin önündeki tek engel, ana tetikleyici unsurlardan (savanaya adapte olmak gibi) olmalarıdır. Bir diğer engel de, evrimlerine etki eden faktörlerin insanların evrimindeki kadar kritik ve şiddetli bir etkiye sahip

olmayışıdır (et tüketimi gibi). Yani, yine görebileceğimiz gibi sadece faktörlerin varlığı yeterli değildir; bunların etki ediş süresi ve sırası da evrimsel süreci etkilemektedir. Ancak belki de bu faktörler onlara yapay yollarla (veya uzun vadede doğal yollarla) sağlanacak olursa, bizler gibi gelişmiş beyinler evrimleşmesi kaçınılmaz olacaktır! Sonuçta insan zekâsının evriminin özel veya doğaüstü olmadığını artık net bir şekilde bilmekteyiz.

SONUÇ

İnsan beyni, gerçekten de muhteşem şeylerin yaratıcısıdır. Bir Dali tablosuna bakıp da içinizin ürpermemesi mümkün değildir. New York'taki One World Dünya Ticaret Merkezi'nin tepesinde durup da kendinizi ufacık hissetmemeniz imkânsızdır. Bir jet uçağının kıvrak hareketlerine, bir denizaltının gidebildiği derinliklere, kendi kendine giden bir arabanın sürüş biçimine bakıp da hayran kalmamak mümkün değildir.

Ancak insan beyni, gerçekten iğrenç şeylerin de yaratıcısıdır. Ufak toprak parçaları için birbirlerinin bağırsaklarını deşen, kafalarını kesen, birbiri üzerine ölüm yağdıran tür bizden başkası değildir. Düşene bir tekme daha vuran, kendinden olmayanı sırf deri, dil, din, "ırk" gibi unsurlara bakarak ötekileştiren, katleden, yok eden tür de biziz. Sonuçta Stephen Jay Gould şu sözleri sarf ederken hiç de haksız değildi:

"Ben; Einstein'ın beyninin kıvrımları veya kütlesiyle, onunla neredeyse eşit yeteneğe sahip kişilerin pamuk tarlalarında ve terhanelerde yaşayıp öldüğü gerçeğinden daha fazla ilgilenmiyorum."

Sonuçta türümüzün olduğu konumu belirleyen sadece zekâsı değildir. Einstein, eğer ki doğru fırsatlara sahip olmasaydı ve bu fırsatları doğru değerlendirmeseydi, belki de hiçbir zaman "Einstein" olamayacaktı. Bu, Einstein'ın zekâsını küçümsemek için kullandığım bir ifade değildir. Yalın bir gerçektir. Her an, dünyanın her köşesinde Einstein kadar, hatta ondan daha zeki insanlar olduğu bir gerçektir. Fakat bu potansiyellerin neden birer Einstein'a dönüşmediği sorusu, toplumun dikkatli analizi ve yönlendirilmesini gerektiren, hassas ve önemli bir sorudur.

Dolayısıyla insanın sadece hoşumuza giden özelliklerine odaklanmak türümüzle ilgili yanıltıcı bir tablo çizecektir. Bize sadece *ne* olduğumuzu değil, *neden* ve *nasıl* olduğumuzu da izah etmeyi başarabilecek tek bilim dalı evrimsel biyoloji ve ondan gücünü alan diğer bilim dallarının işbirliğidir. Elbette ki bu bilim dalları sadece evrimsel biyolojiyi kullanmazlar, ona bolca veri katarlar da...

Geçmişimize baktığımızda beynimiz, en ayırt edici özelliğimiz olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu beynimizin evrimini anlayabilmemizin tek yolu onu sayısız bilim dalının perspektifinden incelemek ve bu sayede elde ettiğimiz bilgileri bir araya getirip bir bütün olarak analiz etmektir. Bu bölümde yap-

tığım da, elimden geldiğince bunu sizlere göstermek olmuştur. Dikkat etmiş olabileceğiniz gibi sayfalar boyu anlattığım birçok konuda sık sık önceki bölümlere referanslarda bulunamam gerekti. Bu son derece anlaşılırdır; zira insan beyninin (veya insanın kendisinin) evrimi tek bir bakış açısından anlaşılamayacak kadar karmaşıktır.

Umuyorum ki bundan önceki tüm bölümleri toparlamak amacıyla verdiğim bu örnek, kendinizi tanımak açısından bir nebze olsun faydalı olabilmiştir. Daha da önemlisi, evrimin bilim dallarının bütünlüğü bakımından önemini sizlere bir kez daha gösterebilmiştir. Bu bölümü, Pulitzer Ödüllü Amerikalı antropolog, ekolog, coğrafyacı ve evrimsel biyolog Jared Diamond'ın şu yalın ve net sözüyle kapatalım:

"Biyoloji bir bilimdir. Evrim ise, onu eşsiz kılan gerçektir."

Belki evrimin eşsiz kılma özelliği, biyolojinin sınırlarının çok ama çok daha ötesindedir, ne dersiniz?

Kaynaklar ve İleri Okuma:

- Binns, C. (2006). Monkey's Voice Good as Human's for Newborn Babies. Alındığı site: http://www.livescience.com/7041-monkey-voice-good-human-newborn-babies.html
- Canny, G. O., & Mccormick, B. A. (2008). Bacteria in the Intestine, Helpful Residents or Enemies from Within? *Infection and Immunity*, 76(8), 3360-3373. doi:10.1128/iai.00187-08
- Coghlan, A. (2008). Did 'burrowing' placenta give us big brains?. Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/mg19926634.200-did-burrowing-placenta-give-us-big-brains/
- Domínguez-Rodrigo, M., *et al.* (2012). Earliest Porotic Hyperostosis on a 1.5-Million-Year-Old Hominin, Olduvai Gorge, Tanzania. *PLoS ONE*, 7(10). doi:10.1371/journal.pone.0046414
- *Evolution of the Human Brain.* (2016) Alındığı site: http://www.allaboutscience.org/evolution-of-the-human-brain-faq.htm
- Henneberg, M., Sarafis, V., & Mathers, K. (1998). Human adaptations to meat eating. *Human Evolution*, 13(3-4), 229-234. doi:10.1007/bf02436507
- Holloway, R. (2002). Evolution of the Human Brain. Alındığı site: http://www.massey.ac.nz/~alock/hbook/brain.htm
- Ireland, C. (2008). Eating meat led to smaller stomachs, bigger brains. Alındığı site:http://news.harvard.edu/gazette/story/2008/04/eating-meat-led-to-smaller-stomachs-bigger-brains/
- Jha, A. (2004). Human brain result of 'extraordinarily fast' evolution. Alındığı site: https://www.theguardian.com/science/2004/dec/29/evolution.science
- Joyce, C. (2010). Food For Thought: Meat-Based Diet Made Us Smarter. Alındığı site: http://www.npr.org/2010/08/02/128849908/food-for-thought-meat-based-diet-made-us-smarter

- Khamsi, R. (2006). DNA trail points to human brain evolution. Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/dn10274-dna-trail-points-to-human-brain-evolution/#.U3Z9s_ldWSo
- Lund University. (2012). Meat eating behind evolutionary success of humankind, global population spread, study suggests. *ScienceDaily*. Alındığı site: www.sciencedaily.com/releases/2012/04/120420105539.htm
- Mann, N. (2000). Dietary lean red meat and human evolution. *European Journal of Nutrition*, 39(2), 71-79. doi:10.1007/s003940050005
- Melville, K. (2004). Evolution Of Human Brain Unique. Alındığı site: http://www.scienceagogo.com/news/20041129182724data_trunc_sys.shtml
- Milton, K. (1999). Nutritional characteristics of wild primate foods: Do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition*, 15(6), 488-498. doi:10.1016/s0899-9007(99)00078-7
- Milton, K. (2003). The Critical Role Played by Animal Source Foods in Human (Homo) Evolution. *The Journal of Nutrition*, 133, 3886S-3892S.
- Psouni, E., Janke, A., & Garwicz, M. (2012). Impact of Carnivory on Human Development and Evolution Revealed by a New Unifying Model of Weaning in Mammals. *PLoS ONE*, 7(4). doi:10.1371/journal.pone.0032452
- Richards, M. P. (2002). A brief review of the archaeological evidence for Palaeolithic and Neolithic subsistence. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(12), 1270-1278. doi:10.1038/sj.ejcn.1601646
- Schultz, N. (2008). Monkeys know one monkey voice from another. Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/dn13294-monkeys-know-one-monkey-voice-from-another/
- University of Chicago Medical Center. (2006). Complexity Constrains Evolution Of Human Brain Genes. *ScienceDaily*. Alındığı site: www.sciencedaily.com/releases/2006/12/061226095421.htm
- Wanjek, C. (2012). Meat, Cooked Foods Needed for Early Human Brain. Alındığı site: http://www.livescience.com/24875-meat-human-brain.html
- Ward, M. (1997). Science: End of the road for brain evolution. Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/mg15320662.100-science--end-of-the-road-for-brain-evolution/
- Wong, J. M., Souza, R. D., Kendall, C. W., Emam, A., & Jenkins, D. J. (2006). Colonic Health: Fermentation and Short Chain Fatty Acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40(3), 235-243. doi:10.1097/00004836-200603000-00015
- Wilson, C. (2012). Lucky accidents of human evolution: Brain gain. Alındığı site: https://www.newscientist.com/article/mg21428680.500-lucky-accidents-of-human-evolution-brain-gain/

SONSÖZ

İşte böyle... Bu bölümleri birkaç bu kadar daha sürdürmemiz mümkündür. Ancak ne yazık ki bir yerlerde durmayı bilmek gerekiyor.

Bölümler içinde de ara sıra sözünü ettiğimiz gibi, bu kitap boyunca ele aldığımız bölümlerin her biri ayrı birer kitap olabilecek kadar kapsamlı konulardır. Yine de burada her birinin önemli birçok detayına girerek sizlere bu sahaların her birinin evrimle ilişkisini göstermeye çalıştık. Bu bilimlerin evrimle işbirliği içinde nasıl çalıştığına dair sayısız örnek verdik. Umuyoruz ki bu sayede sizlere evrimin modern bilimlerin neden birleştirici ve bütünleştirici harcı olarak görüldüğünü aktarabilmişizdir.

Hepsinden önemlisiyse, bu kitap boyunca *"Evrimi öğrenmek bizim ne işimize yarayacak?"* sorusuna çok farklı bakış açıları dahilinde cevaplar verdik. Kitabımızı bu noktaya kadar okuyan birinin görebileceği gibi, bu sorunun o kadar fazla sayıda cevabı vardır ki, soruya verilebilecek en kolay cevap, evrimi öğrenmeksizin modern bilimi yorumlayabileceğimizi iddia etmenin günümüzde imkânsız olduğunu söylemektir.

Gerçekten de, kitap boyunca da gördüğümüz gibi, evrimi bilmeksizin canlılar dünyasının özelliklerinin çalışma mekanizmalarını belki açıklayabilirsiniz; ancak var oluş mekanizmalarını açıklamanız imkânsız olacaktır. İşte evrim, doğadaki *biyolojik varoluş mekanizması* olarak karşımıza çıkmaktadır. Evrim, okyanuslar dibinde doğan ufacık canlılardan, uzaya roketler göndermeyi başaran insanlara kadar her canlıyı yaratmayı başarmış doğal bir güçtür. Bir doğa yasasıdır. Doğal bir algoritmadır.

Onu araştırmak sadece hastalıkları çözmek, tarımı iyileştirmek veya günümüzdeki canlı çeşitliliğinin temel sebeplerini anlamak gibi faydalara sahip değildir. Aynı zamanda kendimizi tanımanın tek yolu, evrimi anlamaktan geçmektedir. Bir düşünün: Biz, evrimle var olmuş canlılarız! Dolayısıyla nasıl olur da evrimin çok yoğun ve detaylı bir şekilde öğretilmediği bir sistem içinde büyümeyi kabul edebiliriz? Hem de bunu yaparken, eğitim sistemimizin bize insanlar olarak *kim* olduğumuzu öğretebilecek düzeyde olduğunu nasıl iddia ederiz? Bizler, bu kitabın yazarları olarak bu tip bir eğitim anlayışını kesinlikle reddetmekteyiz. Evrimin temel alınmadığı bir eğitim sistemi eksiktir, yarımdır, olmamıştır.

Kitabımızın çeşitli bölümlerinde de gördüğünüz üzere, evrime dair çalışmalarımızdan öğrendiğimiz en önemli şey insanın doğadaki yeridir. Bizler, bugüne kadar kulağına "üstünlük iddiası" fısıldanmış olan türleriz. Cehaletimizden kaynaklı olan bu böbürlenme merakı, türümüzün diğer her varlıktan üstün olduğu, diğer bütün varlıkların insanın emrine sunulmuş araçlar olduğu gibi akıl almaz yalanlara kanmamıza yol açmıştır. Ancak önsözde de değindiğimiz gibi, gerçeklerin er ya da geç ortaya çıkmak gibi bir huyu vardır. İnsan merakına yenik düşüp de evreni sorguladıkça, kulağına fısıldanan safsataların hiçbirinin gerçek olmadığını anlamaya başlamıştır. Önce bilim sayesinde teleskoptan göklere bakıp ne kadar küçük olduğunu fark ederek egosunu söndürmüş, sonrasında mikroskoptan bakarak kendi bünyesinde bile ne kadar sınırsız evrenlerin var olduğunu fark etmiştir. Bu noktadan sonra doğayı daha dikkatli inceleyen insanlık, nihayetinde en temel gerçeklerden biriyle yüzleşmek zorunda kalmıştır: İnsan, Evrim Ağacı üzerindeki sıradan dallardan biridir. Herhangi bir mutlak üstünlüğü bulunmadığı gibi, bu nefes kesici evrimsel tarih içindeki hiçbir daldan ayrı ve bağımsız olarak da düşünülemez! Yani modern bilim sayesinde "eko", "ego"nun yerini almaya başlamıştır.

Ne yazık ki bu farkındalık her zihnin kaldırabileceği bir farkındalık değildir. Bu durum, bilim karşıtlığının da öfke ve nefretten temel alarak güç kazanmasına neden olmuş, gerçekle yüzleşmek konusunda problemleri olan insanlar, evrimi düşman olarak görmüşler ve halka da bu şekilde lanse etmeye çalışmışlardır. Halbuki gerçek çok başkadır. Doğa yasaları, bizlerin düşmanı olamaz. Doğa yasaları, doğanın işleyişinin temelinde yatan basit ilkelerdir. Bunlar bizim istek, duygu ve arzularımızdan bağımsızdır. Biz beğenmiyoruz gibi yok olmayacakları gibi, biz beğeniyoruz diye bizleri kayırmayacaklardır.

Asıl düşman, evrim ve bilim ile ilgili konularda halka yalan söyleyen, felsefenin kimi zaman oldukça öznel olabilen maskesi arkasına saklanarak bilimsel gerçekleri çarpıtan; sahip oldukları şan, şöhret ve paraları halkın ve gençlerin beyinlerini bilim-dışı safsatalarla zehirleyen, modern bilimi yenilmesi gereken bir düşman olarak gören kimselerdir.

Ne var ki bu gibi şahıs ve kurumlar için öfke duymak anlamsızdır. Unutmayınız ki bu gibi kitlelerin güç kazanmasının tek nedeni, evrim gibi basit bilimsel gerçeklere tahammül edemeyenlerin öfkelerini grup psikolojisine kanalize etmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu kişiler için yapabileceğimiz en iyi şey, onları görmezden gelmektir. İnanın ki ülkemizde modern bilime aç, ancak ona ulaşmayı bilmeyen ya da ona ulaşabileceği kaynakları olmayan milyonlarca insan bulunmaktadır. Bizler, kurulmuş bir tuzak olan "bilim düşmanlarına laf yetiştirmek" ile zaman kaybederken, bu kişiler organize birlikleri sayesinde hem bizleri oyalayıp, hem de halka kendi yalanlarını pazarlamayı sürdürmekte, evrimi ve modern bilimi alttan alta "şeytan işi"ymiş gibi satmakta, kendi inançlarını onlara "gerçek" olarak lanse etmektedir. Ne yazık ki sayısız aydın, bunların oyununa gelerek zamanını tüketmekte, çok kıymetli bilgilerini laf dalaşını önde götürme çabasıyla çarçur etmektedir.

Elbette ki birilerinin cehalet saçıcılarla mücadele etmesi gerekmektedir. Ancak evrimsel biyoloji gibi her gün evrimleşen bir sahada, eğer ki her anımızı 150 yıl öncesinden kalma argümanları çürütmekle harcıyorsak, hata ediyoruz demektir. Çünkü Türkiye, bilim arenasında öylesine geridir, öylesine yavaş ilerleme kaydetmektedir ki, bu gibi zaman kayıplarına tahammül etmemiz olanaksızdır. Dolayısıyla belki bir kısım aydın evrim karşıtlığı, GDO araştırmaları karşıtlığı, aşı karşıtlığı, iklim değişikliği inkârı gibi gerici düşüncelerle mücadele etmesi gerekirken, geri kalan önemli bir kısım aydın, Türkiye'yi ileriye taşıyacak yol haritasını çizmelidirler. Bu yol haritası da, bilimin her kademeden, her arka plandan, her ilden, her bölgeden halka ulaştırılmasından geçmektedir.

İşte bu kitapla aslen yapmak istediğimiz de tam olarak budur. Halihazırda piyasada bulunan, aralarında benim bir önceki ve ilk kitabım olan *Evrim Kuramı ve Mekanizmaları* da bulunan sayısız kitap, zaten evrim karşıtlığı gibi antik düşünceleri ortadan kaldırmaya fazlasıyla yetecek kadar argümana ve çürütmeye sahiptir. Bunları tekrar tekrar yazmak anlamsızdır. Artık ihtiyacımız olan, evrimin pratik kullanım sahalarını gösteren, modern literatürden örnekleri vererek bunları her kesimin anlayabileceği bir dille anlatan; ancak çok düşük seviyede bir dil kullanıp da herkesin yerinde saymasına neden olmayan kitaplar, ürünler, eserlerdir. Bu kitap, bu tip bir denemenin ürünü olarak çıkmıştır.

Ne kadar başarılı olduk bilinmez, takdir okurundur. Ne var ki bilinmesini isterim ki, bu kitabın her satırı özenle yazılmış, her cümlesi üzerinde fazlasıyla mesai harcanmış, her kelimesi dikkatle seçilmiş ve tekrar tekrar okunmuştur. Eğer ki sürç-ü lisan ettiysek affola; bizim gözümüzden kaçan herhangi bir yanlışı ilk fırsatta düzelteceğimizden emin olabilirsiniz. Fakat bunun ötesinde, bu kitap içinde bulacağınız herhangi bir hatanın tamamen samimi bir hata olacağından emin olabilirsiniz. Çünkü her bir yazarımız adına kefilim ki, tüm arkadaşlarımız bu çalışmada içtenlikle ve özenle emek harcamıştır.

Evrim eğitimi, ülkemizde süregelen "eğitim problemi"nin sadece bir ayağıdır. Bu problem, çok ayaklı, çok kollu, çok başlı bir problemdir. Yalnızca aydın, ilerici, modern kitlenin bir bütün olması sayesinde yenilebilecek bir problemdir. Ne yazık ki, ülkemizdeki bu kitlenin bölük pörçüklüğü, birbiriyle olan kavgaları, on yıllar öncesinden kalma davalar nedeniyle eskiden olduğu gibi tek yumruk halinde olamaması, gericiliğin, bilim düşmanlığının, ilerleme korkusunun Türkiye halkı içinde kök salmasına neden olmaktadır.

Evrim, bizlerin farklılıklarımız sayesinde güçlü olduğumuzu anlatmaktadır. Çeşitliliğin her zaman ve koşulsuz bir şekilde faydalı olduğunu göstermektedir. Bireysel farklılıklarımıza dayalı kategorizasyonların, ayrımcılıkların, ötekileştirmenin her zaman felaketler ve başarısızlıklarla sonuçlanacağına sayısız örnekle işaret etmektedir. Evrim, dayanışma ve çeşitliliğin, ben-merkezcilik ve tekilliğe karşı daima üstün geleceğini bin bir farklı örnekle bizlere göstermektedir. Sadece üstünlük de değil; yeterince zaman tanındığında her basit yapılı ve bencil mekanizmanın nihayetinde sosyal, uzlaşımcı, çok fazla sayıda ve çeşitte

bileşenin bir araya gelmesiyle oluşan nefes kesici varlıklara evrimleşeceğini ve hatta verimlilik ve enerji ekonomisi gibi sebepler dolayısıyla bu tip varlıklara evrimleşmek *zorunda olduğunu* bizlere net bir şekilde sunmaktadır. Dolayısıyla tüm bu kavgalar, tüm bu ayrışmalar, tüm bu ötekileştirmeler nedendir?

Umuyorum ki bu kitabın satırlarını okurken, sadece temel bilimlerin motomot bir şekilde aktarılmış basit bir özeti olarak değerlendirmemişsinizdir. Umuyorum ki bu kitabı okurken tüm satır aralarını görmeyi başarabilmiş, kitabın mesajının evrimsel biyolojinin tüm bilimlerin adeta *içine işlemiş* olduğu gerçeğinden çok daha fazlası olduğunu fark edebilmişsinizdir. Evrim fikri ve evrimden doğan birliktelik ve bütünlük fikri sadece doğanın ve canlılığın içine işlememiştir; biz insanlar olarak düşünme konusunda en ileri gitmiş türün de adeta beyinlerine ve genlerine işlemiştir.

Bu noktadan sonra tek yapmamız gereken, bir adım geriye atıp derin bir nefes almak ve büyük resmi görebilmektir. Bunu yaptığımızda karşımıza çıkan tablo, hangi konuda olursa olsun, bütünleşmedikçe bölündüğümüzdür. Evrimi ve modern bilimi anlamadıkça kendimizi anlayamayacağımızdır.

Bu kitap, bundan sonra gelecek devam niteliğindeki, muhtemelen biraz daha gelişmiş seviyedeki kitaplarım için harika bir "ara geçiş türü" oluşturacaktır, bunu söyleyebilirim. Ancak bu kitabın benim ve yazar arkadaşlarım için ne ifade ettiğinden çok, sizler için ne ifade ettiği önemlidir. Bunu da keşfedebilecek olan tek kişi, sizsiniz.

Umuyorum ki hepinizi heyecan verici bir yolculuğa çıkarmayı başarmışızdır.

Bir sonraki kitapta buluşmak üzere...

Dayanışmayla kalın.

Bilimle kalın.

Çağrı Mert Bakırcı

Lubbock, Texas, ABD
18 Temmuz 2016 - Güncelleme: 2 Nisan 2017

Günümüzde evrimin halk arasındaki kabulü giderek artmaktadır. Öyle ki, Türkiye'de bilim karşıtı görüşlerin destekçileri her geçen gün azalmakta, evrime yönelik algı düzeyi ve kabul oranları hızlanarak artmaktadır. Evrimin çok önemli bir modern bilim dalı olduğunu ve evrim sayesinde öğrendiğimiz doğal gerçeklerin modern bilim için vazgeçilmez olduğunu bizlere anlatmayı başaran bilim organizasyonları, akademisyenler ve bilimseverlerin sayesindedir.

Evrimin ne olduğunu ve detaylarını anladıktan sonra, yine de akılda bazı sorular kalmakta veyahut evrimin modern bilim içerisindeki rolünü küçümsemek için bilim karşıtları tarafından da sorulabilmekte: "Evrimi bilsek ne olur, bilmesek ne olur?", "Evrimin bilime ne faydası var ki?" gibi birçok soru... İşte bu kitap, aklımıza takılı kalan birkaç temel ve önemli soruya cevap vermek amacıyla kaleme alındı. Çünkü bu soruların yanıtları, aynı zamanda evrimin bilim için neden vazgeçilmez olduğunu, hatta evrimin neden modern bilimin bütünleştirici harcı olduğunu anlamanızı sağlayacak. Dahası bu kitap, evrimin "Ne yani, insan maymundan mı geldi?" ya da "İnsan maymundan geldiyse, şimdiki maymunlar neden insan olmuyor?" gibi sorular ve bu sorulara dair tartışmalardan çok daha detaylı, çok daha geniş bir bilim sahası olduğunu okurlara göstermeyi amaçlamakta. Ancak kitap, bunun da ötesine geçmeyi başararak, evrimin diğer birçok bilim dalıyla yakından ilişkisini ve insanlığın bilgi birikimine katkılarını çok yönlü olarak anlatan bir kitaba evrimleşti. Okurlarının her bölümde farklı bir bilim dalını, bu dalın günümüzde yaptığı çalışmaları ve bunlardan elde edilen bulguların evrimle ilişkisini bizzat görebilecekleri bir esere dönüştü. Ülkemizden bu tip çalışmaların çıkıyor olması, evrimsel biyolojinin ve genel olarak modern bilimin Türkiye'de köklerinin sağlamlaştığının en net göstergelerinden birisidir.

Evrime disiplinler arası bir bakış sunmayı amaçlayan Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı, alanında uzman, güncel tartışmaları yakından takip eden genç bilim insanlarımızın kaleminden çıktı. Bir yandan, popüler bilimin sınırlarında kalan haberlere ve bilimde son gelişmeleri içeren araştırma sonuçlarına yer veriliyor; diğer yandan, okurları teknik verilere boğmamaya özen göstererek evrimsel biyolojinin matematiğine, teorisine, pratiğine ve daha nicesine, olabildiğince detaylı bir şekilde değiniliyor.

Evrenin Karanlığında Evrimin Işığı; evrimi giriş düzeyinde, güvenilir bir kaynaktan okumak ve kendisini evrimsel biyoloji konusunda geliştirmek isteyen, evrimin ışığında aydınlanan, modern bilime ilgi duyan herkese yazılmıştır. İyi okumalar.



GİNKO

ISBN-978-605-81111-1-0

60₺