KÖR SAATÇİ

RICHARD DAWKINS

KÖR SAATÇİ

RICHARD DAWKINS

TÜBİTAK

POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

6. Basım

"Doğal seçilim
doğanın kör saatçisidir;
kördür, çünkü ileriyi görmez,
sonuçları hesaplamaz,
görünen bir amacı yoktur.
Yine de doğal seçilimin
yaşayan sonuçları,
usta bir saatçinin tasarımlarını
akla getiriyor..."

Richard Dawkins

Kör Saatçi

Richard Dawkins

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Kör Saatçi - The Blind Watchmaker
Richard Dawkins
Resimler: Liz Pyle

Çeviri: Feryal Halatçı
Türkçe metnin bilimsel danışmanı: Doç. Dr. Ayhan Ersoy - Yrd. Doç. Dr. Erhan Ersoy
Redaksiyon: Mehmet Küçük

© Richard Dawkins, 1986
© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1998

Bu yapıtın bütün hakları saklıdır. Yazılar ve görsel malzemeler,
izin alınmadan tümüyle veya kısmen yayımlanamaz.
Türkçe yayın hakları Akçalı Ajans aracılığı ile alınmıştır.

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'nın seçimi ve değerlendirilmesi
TÜBİTAK Yayın Komisyonu tarafından yapılmaktadır.

ISBN 975 - 403 - 311 - 0

İlk basımı Temmuz 2002'de yapılan
Kör Saatçi
bugüne kadar 12.500 adet basılmıştır.

6. Basım Ocak 2004 (2500 adet)

Yayınlar ve Tanıtım Daire Başkanı
Şefik Kahramankaptan

İşletme Müdürü
M. Kemal Bostancıoğlu

Yayıma Hazırlayan: Barış Bıçakçı
Grafik Tasarım: Cemal Töngür
Uygulama: İnci Yaldız

TÜBİTAK
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 427 33 21 Faks: (312) 427 13 36
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
İnternet: kitap.tubitak.gov.tr

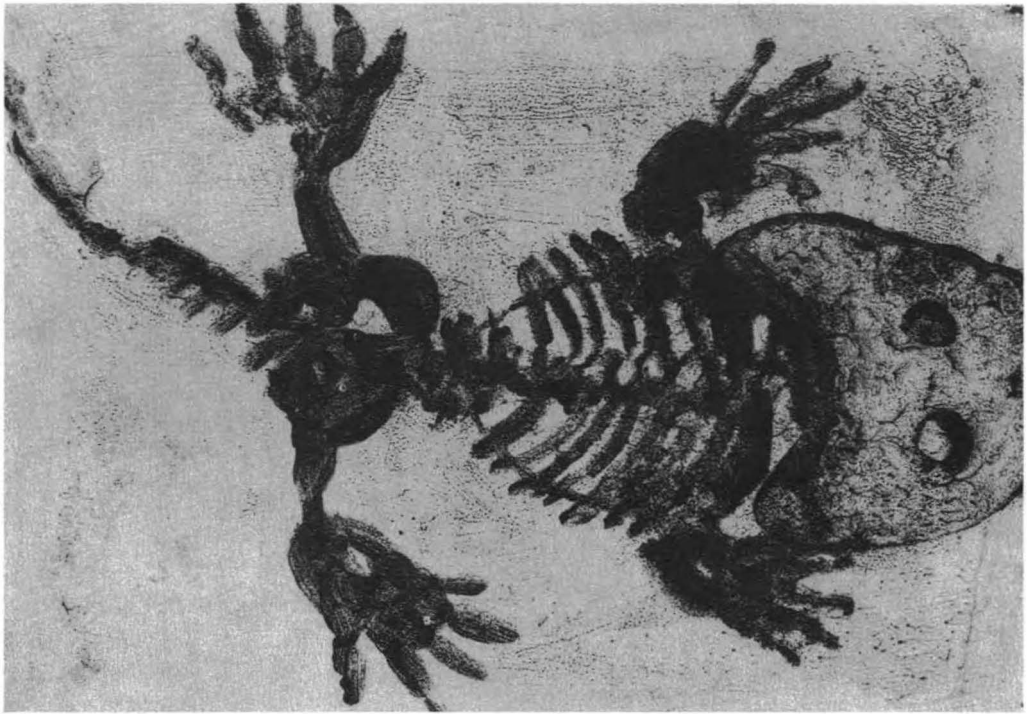
Semih Ofset - Ankara

Kör Saatçi

Richard Dawkins

Çeviri
Feryal Halatçı

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI



Anneme ve babama

İçindekiler

Önsöz I

I. Bölüm 1
Olasılık Dışı Olanı Açıklamak

II. Bölüm 25
İyi Tasarım

III. Bölüm 55
Küçük Değişimlerin Birikmesi

IV. Bölüm 95
Hayvanlar Uzamında Patikalar

V. Bölüm 141
Güç ve Arşivler

VI. Bölüm 177
Kökenler ve Mucizeler

VII. Bölüm 215
Yapıcı Evrim

VIII. Bölüm 249
Patlamalar ve Sarmallar

IX. Bölüm 285
Noktacılığı Noktalamak

X. Bölüm 325
Yaşamın Tek Gerçek Ağacı

XI. Bölüm 365
Lanetli Rakipler

Kaynakça 405

Dizin 409

Önsöz

Bu kitap, varlığımızın bir zamanlar gizemlerin en büyüğü olduğu fakat artık çözümlendiği kanısıyla yazıldı. Gizemi Darwin ve Wallace çözdüler; biz onların çözümüne dipnotlar eklemeyi sürdürüyoruz. Pek çok insanın bu derin soruya getirilen zarif ve güzel çözümden haberinin olmaması, hatta inanılmaz bir şekilde böyle bir soru olduğunun farkında bile olmaması beni şaşırttığı için bu kitabı yazdım.

Sorunumuz, karmaşık tasarım sorunu. Bu sözcükleri yazmakta olduğum bilgisayarın bilgi depolama kapasitesi 64 kilobayt (metindeki her karakter için bir bayt gerekiyor). Bu bilgisayar bilinçli tasarlandı ve bilerek imal edildi. Yazdığım sözcükleri anlamanızı sağlayan beyniniz, yaklaşık on milyar kilonöron içeriyor. Bu milyarlarca sinir hücresinin çoğunda, her hücreyi başka hücrelere bağlayan "elektrik telleri" var. Bunun da ötesinde, moleküler genetik düzeyinde, vücuttaki bir trilyondan fazla hücrenin her biri benim bilgisayarımın bin katı, kesin bir doğrulukla şifrelenmiş dijital bilgi içeriyor. Canlıların karmaşıklığı, tasarımlarındaki zarif verimle uyum içinde. Bu boyutlardaki karmaşık tasarımın açıklanması gerektiğini kabul etmeyen varsa, ben vazgeçiyorum. Hayır, hayır, ikinci bir kez düşündüğümde vazgeçmiyorum çünkü bu kitaptaki amaçlarımdan biri de, biyolojik karmaşıklığın muhteşemliğine kapalı gözlere bir şeyler gösterebilmek. Önce gizemi göstereceğim; sonra da nasıl çözüleceğini açıklayıp gizemi ortadan kaldıracağım.

Açıklamak zor bir sanattır. Bir şeyi açıklarsınız, okuyucunuz da anlar; ama bir şeyi öyle bir açıklarsınız ki, okuyucunuz onu ta iliklerinde hisseder. Bu ikincisini yapabilmek için, kanıtları okuyucunun önüne duygusuzca sıralamak yeterli değildir. Bir avukat olmak ve hukuk mesleğinin tüm inceliklerini kullanmak zorundasınızdır. Bu kitap duygusuz bir bilimsel deneme değil, ama Darwincilik konusunda yazılmış başka kitaplar öyle, yine de çoğu kusursuz bilgilerle dolu. Bu kitapla birlikte onları da okumalısınız. Duygusal olmanın da ötesinde, bu kitabın bazı bölümlerinin uzman bilimsel dergilerde eleştirilebilecek bir tutkuyla yazıldığını itiraf etmeliyim. Tabii ki bilgi vermeyi amaçlıyorum ama ikna etmek ve esin vermek de istiyorum -*hedeflerimizi* varsayımlar yapmadan da belirleyebiliriz. Okuyucuya kendi varoluşumuza ilişkin esin vermeyi istiyorum; doğrusunu söylemek gerekirse, tüyleri diken diken edecek bir gizem bu. Aynı zamanda, bu gizemin, beynimizin algılayabileceği zarif bir çözümü olduğu gerçeğinin tüm heyecanını duyurmak istiyorum. Bunun da ötesinde, okuyucuyu Darwinci dünya görüşünün yalnızca *doğru olduğuna* değil, varoluşumuzun gizemini *çözebilecek*, bilinen tek kuram olduğuna inandırmak istiyorum. Tek oluşu, kuramı iki misli daha tatmin edici hale getiriyor. Darwinciliğin yalnızca bu gezegende değil, evrenin yaşam barındırabilecek her yerinde doğru olduğunu savunacağım.

Bir bakıma, profesyonel avukatlardan uzak durmak istiyorum. Bir hukukçu ya da bir politikacı, kişisel olarak inanmayabileceği bir müşteriyi ya da bir davayı savunabilir. Ben bunu asla yapmadım, yapmam da. Her zaman haklı olmayabilirim, ama doğruya tutkuyla bağlıyım ve doğru, haklı olduğuna inanmadığım bir şeyi asla söylemem. Bir üniversitenin tartışma topluluğuna, yaratılışçılarla tartışmaya gidişimi hatırlıyorum. Tartışma sonrasında yemek yerken, yaratılışçılık lehine görece güçlü bir konuşma yapmış genç bir bayanın yanına oturmuştum. Bu hanımın yaratılışçı *olamayacağı* çok açıktı, onun için de niçin böyle bir konuşma yaptığını dürüstçe söylemesini istedim. Yalnızca

tartışma becerisini denediğini ve inanmadığı bir şeyi savunmanın çok daha çekici geldiğini itiraf etti. Öyle görünüyor ki, üniversitelerin tartışma topluluklarında, konuşmacılara hangi tarafı savunacaklarının önceden *bildirilmesi* alelade bir uygulama. Kendi inançlarının bir önemi yok. Halk önünde konuşmak gibi pek sevmediğim bir işi yapmak için uzun bir yoldan gelmiştim, çünkü yapmamı istedikleri şeyin doğru olduğuna inanmıştım. Topluluk üyelerinin bunu tartışma oyunları oynamak için bir araç olarak kullandıklarını anlayınca, bundan sonra, bilimsel gerçeklerin masaya konduğu konularda samimiyetsiz bir taraftarlık yapmayı özendiren tartışma topluluklarından gelecek önerileri reddetmeye karar verdim.

Tam olarak anlayamadığım sebeplerle, Darwinciliğin savunulmaya, başka bilim dallarındaki yerleşik bazı gerçeklerden daha fazla gereksinimi var. Çoğumuz kuantum kuramını ya da Einstein'ın özel ve genel görelilik kuramlarını anlamayız, ama anlamamamız bu kuramlara *karşı çıkmamızı* gerektirmez! "Einsteincılığın" tersine, Darwincilik konusunda bilgisi olan olmayan ahkam kesiyor. Sanırım Darwinciliğin bir sorunu da, Jacques Monod'nun dediği gibi, herkesin bu kuramı anladığını *zannetmesi*. Aslında Darwincilik şaşırtıcı derecede yalın bir kuram; hatta fizik ve matematikle kıyaslandığında çocuksu bir yalınlığı var. Özünde, kalıtsal çeşitliliğin olduğu yerde, gelişigüzel olmayan üreme biçiminin uzun erimli sonuçları olacağını söylüyor -tabii bu sonuçların birikmesi için yeterli süre varsa. Fakat bu yalınlığın aldatıcı olduğuna inanmak için iyi sebepler var. Unutmayalım ki, ne denli yalın görünse de, on dokuzuncu yüzyılın ortalarında Darwin ve Wallace akıl edene dek, yani Newton'un *Principia*'sından 300 sene sonrasına ve Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini ölçmesinden 2000 sene sonrasına dek, bu kuram hiç kimsenin aklına gelmedi. Nasıl oldu da böylesine yalın bir fikir Newton, Galileo, Descartes, Leibnitz, Hume ve Aristoteles düzeyindeki düşünürler tarafından keşfedilemeden kaldı? Neden Viktoria döneminin iki doğa bilgisi uzmanını bek-

lemek zorunda kaldı? Düşünürler ve matematikçiler ne *yanlış* yaptılar ki, bu gerçeği gözden kaçırdılar? Ve böylesine güçlü bir fikir nasıl oluyor da hâlâ yaygın bilinç tarafından benimsenmeden kalabiliyor?

Sanki insan beyni özel olarak Darwinciliği yanlış anlamak ve inanılması güç bulmak için tasarlanmış. Örneğin, sık sık *tümüyle* rastlantı olarak dramatikleştirilen "rastlantı" konusunu ele alalım. Darwinciliğe saldıranların büyük çoğunluğu bu kuramda gelişigüzel rastlantıdan başka bir şey olmadığı yolundaki yanlış fikre sarılıyorlar -hem de müthiş bir hevesle. Canlıların karmaşıklığı rastlantının anti-tezini içerdiğinden, Darwinciliğin rastlantıyla eşdeğer olduğunu düşünürseniz, karşı çıkıp çürütmeniz elbette kolay görünecektir! Üstlendiğim görevlerden biri de Darwinciliğin bir "rastlantı" kuramı olduğu yolundaki miti yıkmak olacak. Darwinciliğe inanmamaya yargılı olmamızın nedenlerinden biri de, beyinlerimizin evrimsel değişime özgü zaman ölçeğinden tümüyle farklı *zaman ölçeklerinde* geçen olaylarla uğraşmak üzere yapılanmış olmasıdır. Saniyeler, dakikalar, yıllar ya da en fazlası birkaç on yıl alan süreçleri anlamak üzere donanmışız. Oysa Darwincilik, tamamlanması yüzbinlerce, milyarlarca yıl sürecek kadar yavaş gerçekleşen birikim süreçlerine ilişkin bir kuramdır. Neyin olası olduğuna ilişkin tüm sezgisel yargılarımız bu ölçekte müthiş yanlış çıkıveriyor. Kuşkuculuğumuz ve öznel olasılık kuramımız inanılmaz yanılgılara uğruyor, çünkü evrim -bu müthiş bir ironi taşıyor- bizi birkaç on seneden oluşan bir ömürlük bir süre içerisinde düşünmeye ayarlamış. Hayal gücümüzün o aşina olduğumuz zaman ölçeklerinin diktiği demir parmaklıkları aşıp kaçması gerek. Tüm gücümle buna yardımcı olmaya çalışacağım.

Beyinlerimizin Darwinciliğe karşı önyargılı olmasının bir nedeni de, yaratıcı tasarımcılar olarak kazandığımız büyük başarıdan kaynaklanıyor. Dünyamız mühendislik ve sanat ürünleriyle dolu. Karmaşık zarafetin önceden planlanmış, sanatsal bir tasarımın göstergesi olmasına alışmışız. Bu, büyük olasılıkla, bir

tür doğaüstü Tanrı'ya inanmamızın en güçlü sebebi. Darwin ve Wallace'ın, tüm sezgilere karşın, ilksel yalınlıktan karmaşık "tasarımın" ortaya çıkışını açıklayacak bir başka yol daha olduğunu görebilmeleri için -ki, bir kez anladıktan sonra çok daha mantıklı bir yol bu- kocaman tahayyül dünyasında büyük bir adım atmaları gerekti. Öylesine büyük bir sıçrama ki bu, günümüzde birçok insan bu adımı atmaya cesaret edemiyor. Bu kitabın temel amacı okuyucunun bu sıçramayı yapmasına yardım etmek.

Yazarlar genelde kitaplarının uzun süreli etki uyandırmasını ister. Ama her savunucu, savunduğu olayın zamanla değişmeyen tarafını ortaya koymanın dışında kendisine karşı çıkan çağdaşlarının ya da karşı çıktığı görüntüsünü veren çağdaşlarının görüşlerine de yanıt vermek zorundadır. Bu savların bazıları gelecek yıllarda eskime tehlikesi taşıyor. Zamanında *Türlerin Kökeni*'nin birinci basımının altıncı basımından daha iyi olduğu paradoksuna sık sık dikkat çekilmişti. Bunun sebebi Darwin'in kendini, ilk basıma gelen eleştirileri sonraki basımlarda dikkate almak zorunda hissetmesiydi. Ama bu eleştiriler artık o kadar eskidi ki, bunlara verilecek yanıtlar zaman kaybına neden oluyor ve hatta bizi yanlış yönlere sürükleyebiliyor. Yine de, üç günlük ömrü olduğunu düşündüğümüz, moda halini almış bu çağdaş eleştirilere yanıt vermeme isteğine kapılmamalıyız; yalnızca nezaketten değil, kafası karışmış okuyucuya duyduğumuz saygıdan ötürü. Kitabımın hangi bölümlerinin kısa ömürlü olacağına ilişkin bir fikrim var, ama bunun yargıçları okuyucu ve zamandır.

Bazı kadın arkadaşlarım (neyse ki, sayıları çok değil) yazımda kullandığım eril zamiri (he) kendilerinin dışlandığı biçiminde yorumluyorlar; bu beni son derece üzüyor. Eğer bir dışlanma söz konusu olsaydı (şükür ki yok), erkekleri dışlamayı yeğlerdim. Bir kez soyut okuyucuma dişil zamirle (she) seslenmeyi denedim ve bir feminist beni tevazu görüntüsü altında üstten almakla suçladı: "he-or-she" ya da "his-or-her" demeliymişim; ya-

ni iki zamiri de birlikte kullanmalıymışım. Dili önemsemiyorsanız bu kolayca yapılabilir, ama eğer dili önemsemiyorsanız her iki cinsten okuyuculara da layık olmuyorsunuz demektir. Bu kitapta, İngilizce zamirlerin alışılmış kullanımlarını benimsedim. Okuyucularım için eril zamir kullanabilirim ama onları erkek olarak düşünme eğilimim bir Fransızın masanın dişil olduğunu düşünme eğiliminden öte değil. Aslına bakarsanız, okuyucularımı daha çok dişi olarak düşünüyorum ama bu benim kişisel sorunum; ve ana dilimi nasıl kullanacağım konusunda üzerimde baskı olması hiç hoşuma gitmiyor.

Kişisel olan bir başka konu da bazı insanlara duyduğum minnettarlığın sebepleridir. Adil davranamadıklarım beni hoş göreceklerdir. Yayımcılarım danışmanlarının ("eleştirmen" değil -40 yaşın altındaki birçok Amerikalı *kusura bakmasın ama*, gerçek eleştirmenler kitapları ancak yayımlandıktan *sonra*, yani yazarın elinden hiçbir şey gelmeyeceği bir anda eleştirir) kimliklerini benden saklamaya gerek görmediler ve John Krebs (yine), John Durant, Graham Cairns-Smith, Jeffrey Levinton, Michael Ruse, Anthony Hallam ve David Pye'ın önerilerinden son derece yararlandım. Richard Gregory, 12. Bölüm'ü eleştirirken çok nazikti, sonunda bu bölümü kitaptan çıkardım. Artık resmi olarak öğrencim olmamalarına karşın Mark Ridley ve Alan Grafen, ayrıca Bill Hamilton, evrimi tartıştığım ve fikirlerinden yararlandığım dostlar grubunun başını çekti. Pamela Wells, Peter Atkins ve John Dawkins çeşitli bölümleri benim için eleştirdi. Sarah Bunney sayısız düzeltme yaptı ve John Gribbin büyük bir hatayı düzeltti. Alan Grafen ve Will Atkinson hesaplamalarda yardımcı oldu ve Hayvanbilim Bölümü'nün Apple Macintosh Yayın Ajansı biyomorfları basabilmem için lazer yazıcılarını ödünç verdi.

Michael Rodgers'ın taşıdığı sarsılmaz dinamizmden bir kez daha yararlandım (şimdi Longman için çalışıyor). Rodgers ve Norton'dan Mary Cunnane gereken yerlerde hızlandırıcıyı (moralimin hızlandırıcısı) ve freni (alaycılığımın freni) büyük

bir beceriyle kullandılar. Kitabın bir kısmı Hayvanbilim Bölümü ve New College tarafından verilen izin sırasında yazıldı. Son olarak (aslında bu teşekküre öbür iki kitabımda da yer vermeliydim), Oxford'daki öğretim sistemi ve yıllar boyunca zooloji öğrencisi olanlar, açıklama sanatında göstermiş olduğum birkaç beceriyi öğrenmemde bana yardımcı oldu.

Richard Dawkins
Oxford, 1986



Olasılık Dışı Olanı Açıklamak

Biz hayvanlar, bilebildiğimiz evren içerisindeki en karmaşık şeyleriz. Kuşkusuz, bilebildiğimiz evren asıl evrenin ufacık bir parçasıdır. Başka gezegenlerde bizden daha karmaşık nesneler yaşıyor olabilir ve bunların bazıları belki de bizi çoktan fark etmişlerdir. Ancak bu, vurgulamak istediğim noktayı değiştirmiyor. Nerede olurlarsa olsunlar, karmaşık şeyleri açıklamak için çok özel bir yaklaşım gerekir; nasıl var olduklarını ve neden bu denli karmaşık olduklarını bilmek isteriz. Benim öne süreceğim açıklama evrenin her köşesindeki karmaşık şeyler için aynı genel çizgide olacak; bizim için, şempanzeler, solucanlar, meşe ağaçları ve uzaylı canavarlar için hep aynı... Öte yandan, kayaçlar, bulutlar, nehirler, gökadalar ve kuarklar gibi benim "yalın" diye adlandırdığım şey-

ler için aynı açıklama geçerli değildir. Bunlar fiziğin konusudur. Şempanzeler, köpekler, yarasalar, hamamböcekleri, insanlar, solucanlar, hindibalar, bakteriler ve uzaylı yaratıklarsa, biyolojiyi ilgilendirir.

Buradaki fark, tasarımların karmaşıklık düzeyindedir. Biyoloji bir amaç için tasarlanmış görüntüsü veren karmaşık şeylerle uğraşan bir bilimdir. Fiziğin konusuysa, akla tasarım getirmeyen yalın şeylerdir. İlk bakışta, bilgisayarlar ve otomobiller gibi insan elinden çıkma nesneler istisna gibi görünecektir. Bu nesneler et ve kan yerine plastik ve metalden yapılmışlardır; canlı olmamalarına karşın, karmaşıktırlar ve belirli bir amaç için tasarlandıkları açıktır. Bu kitapta böyle nesneleri biyolojik nesneler olarak ele alacağım.

Okuyucu buna tepki duyabilir: "Peki, otomobiller ve bilgisayarlar *gerçekten* biyolojik nesneler mi?" Sözcükler bizim hizmetkârlarımızdır, efendilerimiz değil. Sözcükleri farklı amaçlar doğrultusunda, farklı anlamlarda kullanmak işimizi kolaylaştırır. Birçok yemek kitabında, ıstakozlar, balık başlığı altında sınıflandırılır. Bunu gören bir zoologa da inme iner! Zoologlara göre, ıstakozlar insanları balık olarak sınıflandırsalar daha haklı olurlar, çünkü balıklarla insanlar daha yakın akrabadır. Hazır ıstakozlardan ve hak-hukuktan bahsederken, şunu da ekleyeyim: Kısa bir süre önce, bir mahkemede ıstakozların böcek mi yoksa "hayvan" mı olduğuna karar verilmesi gerekmiş; insanların ıstakozları canlı canlı kaynatıp kaynatamayacakları konusunu aydınlığa kavuşturmak için... Zooloji açısından baktığımızda, ıstakozlar kesinlikle böcek değildir. Istakozlar hayvandır, ama böcekler ve biz de hayvanız. Sözcüklerin farklı insanlarca nasıl kullanıldığıyla uğraşıp durmanın bir anlamı yok (fakat meslek dışı yaşamımda ıstakozları canlı canlı haşlayan insanlarla uğraşmaya hazırım). Aşçılar ve hukukçular sözcükleri kendilerine özgü biçimde kullanmaya gerek duyar ve ben de bu kitapta aynı şeyi yapacağım. Otomobillerin ve bilgisayarların "gerçekten" biyolojik nesneler olup olmadığına aldırmıyorum. Önemli olan şu: Bir geze-

gende bu karmaşıklık düzeyine sahip bir şeyler bulunduğunda, bu gezegende yaşam bulunduğu ya da bir zamanlar var olduğu yargısına varmakta duraksamamalıyız. Makineler, canlı nesnelerin doğrudan ürünleridir; karmaşıklık düzeyleri ve tasarımları canlı nesnelerce oluşturulmuştur; ve bir gezegende yaşamın var olduğuna işaret ederler. Aynı şey fosiller, iskeletler ve cansız gövdeler için de geçerlidir.

Fiziğin yalın şeyleri incelediğini söyledim. Bu da ilk bakışta tuhaf görünebilir. Fizik girift bir konu gibi görünür, çünkü bizim için fizikteki düşüncelerin anlaşılması zordur. Bizim beyinlerimiz avcılığı ve toplayıcılığı, çiftleşmeyi ve çocuk büyütmeyi anlamak üzere tasarlanmıştır: Ortalama hızlarla üç boyutta hareket eden orta boy nesnelerle dolu bir dünya. Çok büyüğü ve çok küçüğü; varoluş süreleri pikosaniyelerle veya gigayıllarla ölçülen şeyleri; konumu olmayan parçacıkları; göremediğimiz ve dokunamadığımız halde, görebildiğimiz ve dokunabildiğimiz şeyleri etkiledikleri için haklarında bilgi sahibi olduğumuz kuvvetleri ve alanları anlayabilecek donanımımız zayıf. Fiziğin girift olduğunu düşünüyoruz, çünkü fiziği zorlukla anlıyoruz ve de fizik kitapları zor matematik işlemleriyle dolu. Ama fizikçilerin incelediği nesneler yine de temelde yalın nesnelerdir: Gazlardan ya da ufak parçacıklardan oluşan bulutlar ve kristaller gibi, atomik desenleri hemen hemen sonsuz denebilecek bir biçimde tekrarlanan birörnek madde kümeleri. Bunların hassas çalışan parçaları yok -en azından biyolojik standartlara göre. Büyük fiziksel nesneler, örneğin yıldızlar bile, az çok gelişigüzel düzenlenmiş, sınırlı sayıda parçadan oluşur. Biyolojik olmayan, fiziksel nesnelerin davranışı öylesine basittir ki, böyle davranışları tanımlamak için matematik dilini kullanmak kolaylık sağlar. Fizik kitapları bu yüzden matematikle doludur.

Fizik *kitapları* girift olabilir, fakat tıpkı otomobiller ve bilgisayarlar gibi, fizik kitapları da biyolojik nesneler olan insan beyinlerinin ürünleridir. Bir fizik kitabında tanımlanan nesneler ve olgular, kitabın yazarının bedenindeki tek bir hücreden da-

ha yalındır. Ve bu yazar her biri birbirinden farklı, hassas bir mimari ve mühendislikle, kitap yazabilme yeteneğine sahip bir makine biçiminde örgütlenmiş böyle trilyonlarca hücreden oluşur. Beyinlerimizin, uç noktalardaki boyutların ve fizikteki diğer aşırılıkların ötesindeki karmaşıklıklarla uğraşacak donanımı olduğu söylenemez. Bir fizikçinin -hatta bir fizikçinin tek bir hücresinin- yapısını ve davranışını topyekûn tanımlayabilecek matematiği henüz hiç kimse icat etmedi. Tek yapabildiğimiz, canlıların niçin var oldukları ve nasıl işledikleri konusundaki genel ilkelerin bazılarını anlayabilmek.

İşe bu noktadan başlamıştık. İnsanların ve diğer karmaşık şeylerin niçin var olduklarını bilmek istiyorduk. Şimdi, karmaşıklığın ayrıntılarını kavrayamasak bile, bu soruya genel bir yanıt verebiliriz. Bir benzetme yapalım: Çoğumuz bir uçağın işleyişinin ayrıntılarını anlamaz. Büyük olasılıkla, uçağın yapımcıları da bunu tümüyle bilmez: Motor uzmanları kanatları ayrıntılarıyla bilmez ve kanat uzmanları da motor hakkında ancak belirsiz bir bilgiye sahiptir. Kanat uzmanları, kanatları bile tam bir matematiksel kesinlikle anlamaz; yalnızca, rüzgâr tünelinde bir modeli ya da bir bilgisayar simülasyonunu inceleyerek, bir kanadın düzensiz hava akışı koşullarında nasıl davranacağını kestirebilirler. Bir biyolog da, bir hayvanı anlayabilmek için bu tür bir şey yapabilir. Fakat hakkındaki bilgimiz ne denli eksik olursa olsun, uçağın nasıl bir genel süreç sonucu var olduğunu hepimiz biliriz. Bir uçak, çizim masalarında, insanlar tarafından tasarlanır. Daha sonra da, başka insanlar çizimlere bakarak parçaları yapar; daha başka bir sürü insan (insanlar tarafından tasarlanmış başka makinelerin yardımıyla) bu parçaları bir araya getirerek, her birini yerli yerine perçinler, vidalar, yapıştırır ya da kaynak yapar. Bir uçağın yapılma süreci bizim için temel bir gizem taşımaz, çünkü insanlarca yapılmıştır. Parçaların amaçlı bir tasarım doğrultusunda, sistemli bir biçimde birleştirilmesi, bildiğimiz ve anladığımız bir şeydir, çünkü bu süreci biz de yaşamışızdır -en azından çocukluğumuzda, modeller ya da legolar yaparak.

Peki, ya vücutlarımız? Her birimiz aynen uçak gibi bir makineyiz; yalnızca çok daha karmaşığız. Yoksa biz de mi bir çizim masasında tasarlandık? Bizim parçalarımız da becerikli bir mühendis tarafından mı birleştirildi? Şaşırtıcı ama yanıt, hayırdır. Bu, yalnızca bir yüzyıldır bildiğimiz ve anladığımız bir yanıt. Charles Darwin konuyu ilk açıkladığında, birçok insan ya anlamadı ya da anlamak istemedi. Çocukken, Darwin'in kuramını ilk duyduğumda ben de inanmayı kararlı bir şekilde reddetmiştim. On dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısına dek, hemen hemen herkes, Bilinçli Tasarımcı'ya inanmaktaydı. Birçok insan hâlâ aynı inancı sürdürüyor. Belki de, varoluşumuzun gerçek, Darwinci açıklaması -tuhaftır- henüz genel eğitim müfredatının alışılmış bir parçası olamadığı için... Gerçek şu ki, bu konu yaygın olarak yanlış anlaşılıyor.

Kitabımın ismindeki saatçi, on sekizinci yüzyıl Tanrıbilimcisi William Paley'in iyi bilinen bir savından ödünç alındı. Paley'in 1802'de yayımlanan *Natural Theology -or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Collected from the Appearances of Nature* (Doğal Tanrıbilim -ya da Doğanın Görünümlerinden Toplanan, Yaradan'ın Sıfatlarına ve Varlığına ilişkin Kanıtlar) adlı yapıtı, "Tasarım Savı"nın en iyi bilinen açıklaması, Tanrı'nın varlığına ilişkin savların en etkilisi olmuştur. Bu, müthiş saygı duyduğum bir kitaptır, çünkü yazarı benim şu anda yapmaya çalıştığımı zamanında büyük bir başarıyla yapmıştır. Paley'in bir iletisi vardı, buna tüm kalbiyle inanıyordu ve iletisini ortaya koymak için hiçbir çabayı esirgemedi. Canlılar dünyasının karmaşıklığına saygıyla yaklaşıyordu ve bu karmaşıklığın çok özel bir açıklama gerektirdiğini gördü. Tek hatası -itiraf etmeliyim ki, bu oldukça büyük bir hataydı!- açıklamanın kendisiydi. Paley bulmacaya geleneksel dinci yanıtı verdi, fakat bu yanıtı kendinden önce hiç kimsede görülmemiş bir berraklıkla ve inandırıcılıkla ortaya koydu. Gerçek açıklamaysa son derece farklıydı ve tüm zamanların en devrimci düşünürünü, Charles Darwin'i beklemek zorunda kaldı.

Paley, *Natural Theology*'ye çok iyi bilinen bir parça ile başlar:

> Diyelim ki, bir çalılıktan geçerken ayağım bir *taşa* takıldı ve taşın oraya nasıl geldiği sorusuyla karşı karşıya kaldım. Aksini gösterecek bir şeyler bilmediğim için vereceğim olası yanıtlardan biri, taşın ezelden beri orada olduğudur; ya da, tam tersine, bu yanıtın saçmalığını göstermek çok kolay olacaktır. Fakat, diyelim ki, yerde bir *saat* buldum ve saatin nasıl olup da orada olduğunu sorguluyorum; biraz önceki yanıt, yani saatin ezelden beri orada durmakta olduğu, aklımın köşesinden geçmeyecektir.

Paley burada taş benzeri doğal fiziksel nesneler ile, saat benzeri tasarlanmış ve imal edilmiş nesneler arasındaki farkın hakkını veriyor. Bundan sonra da, bir saatin yayları ile dişlilerinin tasarımlarındaki doğruluğu ve bu parçaların bir araya getirilişindeki giriftliği yorumlayarak devam ediyor. Paley'e göre, bir çalılıkta saat benzeri bir nesne bulduğumuzda, nasıl varlık kazandığını bilmesek bile, bu nesnenin doğruluğu ve tasarımındaki giriftlik bizi şu yorumu yapmaya zorlar:

> ...saatin bir yapımcısı olmalıdır: Bir yerlerde, bir zamanda, belirli bir amaçla saati oluşturmuş olan bir insan eli var olmalıdır; saatin yapımını anlamış ve kullanımını tasarlamış olan bir insanın eli...

Paley, hiç kimsenin bu sonuca itiraz edemeyeceğini savunuyor, fakat ona göre Tanrıtanımaz, doğanın işleyişini incelerken bu sonuca karşı gelmektedir, çünkü:

> ...bir saatte var olan her düzen işareti, her tasarım belirtisi doğanın işleyişinde de vardır ve hatta doğanın işleyişinde tüm öngörüleri aşan daha da yüce bir görünüm almaktadır.

Paley, Darwin'in de sonradan kullanacağı, çok iyi bilinen ve bu kitap boyunca tekrar tekrar ortaya çıkacak olan insan gözü örneğiyle başlayarak yaşamın makinelerinin mükemmel ve saygı dolu tanımlarını yapıyor ve son noktayı koyuyor. Paley, gözü teleskop benzeri, tasarlanmış bir aletle kıyaslıyor ve "teleskopun görmeye yardımcı olmak üzere yapılmış olduğuna ilişkin kanıtımız, aynı zamanda gözün görmek için yapılmış olduğunun da kanıtıdır" sonucuna varıyor. Tıpkı teleskopun bir tasarımcısı olduğu gibi, gözün de bir tasarımcısı olmalıdır.

Paley savını içtenlikle inanarak ortaya koymuş; gereken bilgiyi ise gününün en iyi biyologlarından almış. Fakat bu bilgi yanlış; baştan aşağı yanlış. Müthiş bir yanlışlık bu. Teleskop ve göz arasındaki, saat ve canlı organizma arasındaki benzetme de yanlış. Görünenin tersine, doğadaki tek saatçi fiziğin amaçsız kuvvetleridir, yine de bu kuvvetler çok özel bir biçimde düzenlenmiştir. Gerçek bir saatçi öngörü sahibidir: Geleceği hayal eder; zembereklerini ve dişlilerini, aralarındaki bağlantıları planlar. Oysa, Darwin'in keşfettiği ve tüm yaşam biçimlerinin varoluşunu ve bir amacı varmış gibi görünmesini açıkladığını artık bildiğimiz, kendiliğinden, bilinçsiz, kör sürecin, yani doğal seçilimin hiçbir amacı yoktur. Doğal seçilimin aklı ve düş gücü yoktur. Doğal seçilim geleceği planlamaz; geleceği görme yetisi yoktur; öngörüsü yoktur. Doğal seçilim hiçbir şey göremez. Doğal seçilimin doğanın saatçi olduğu söylenecekse, bu saatçinin *kör* olduğu da eklenmelidir.

Bunu açıklayacağım; yanı sıra birçok başka şeyi de açıklayacağım. Fakat bir hataya düşmeyeceğim: Paley'i böylesine coşturan canlı "saatleri" küçümsemeyeceğim. Tam tersine, Paley daha da ileri gidebilirdi, diye düşünüyorum. Canlı "saatler" söz konusu olduğunda, şaşkınlık duymada kimseden aşağı kalmam. Bunu Tanrıtanımaz olduğu iyi bilinen, tanınmış bir çağdaş düşünürle bir akşam yemeğinde tartışmıştım. Bu düşünürle kıyasladığımda, Paley'le aramızdaki ortak noktaların daha fazla olduğunu görüyorum. Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nin yayımlandığı 1859 yılın-

dan önce herhangi bir tarihte bir Tanrıtanımazın var olabileceğini hayal bile edemiyorum, dedim. "Peki, ya Hume?" diye yanıtladı düşünür. "Hume canlılar dünyasındaki örgütlü karmaşıklığı nasıl yorumlamıştır?" diye sordum. Düşünür, "Açıklamadı," dedi. "Bu konu neden özel bir açıklama gerektiriyor ki?"

Paley özel bir açıklamanın gerekli olduğunu biliyordu; Darwin de biliyordu; hatta düşünür dostumun da yüreğinin ta derinliklerinde bunun gerekli olduğunu bildiğini sanıyorum. Her neyse, ben bu kitapta canlılar dünyasının örgütlü karmaşasına bir açıklama getirmeye uğraşacağım. David Hume'a dönelim; zaman zaman bu büyük İskoç düşünürün, Tasarım Savı'nı Darwin'den bir yüzyıl önce rafa kaldırdığı söylenir. Ama Hume'ın yaptığı, doğada görünüşte var olan tasarımın, bir Tanrı'nın varlığını gösteren *kesin* bir kanıt olarak kullanılmasındaki mantığı eleştirmek olmuştur. Ancak, görünüşteki bu tasarım için *başka* bir açıklama getirmemiş, soruyu açık bırakmıştır. Darwin öncesinde, Hume taraftarı bir Tanrıtanımaz şöyle derdi: "Karmaşık biyolojik tasarım için bir açıklamam yok. Tek bildiğim, Tanrı'nın iyi bir açıklama olmadığıdır. Bekleyelim ve birilerinin daha iyi bir açıklama getirmesini umut edelim." Böylesi bir konumun, mantıksal açıdan sağlam olmasına karşın, hiç de doyurucu olmadığını düşünmekten kendimi alamıyorum. Darwin öncesinde Tanrıtanımazlık mantıksal olarak savunulabilirdi belki; fakat ancak Darwin sayesindedir ki, entelektüel açıdan tatmin olmuş bir Tanrıtanımaz olabiliyoruz. Hume'un da benimle aynı fikri paylaşacağını düşünmek hoşuma gidiyor, ancak bazı yazılarına baktığımda da biyolojik tasarımın karmaşıklığının hakkını veremediğini anlıyorum. Genç doğabilimci Charles Darwin, ona bu konuda bir iki şey öğretebilirdi; ne yazık ki, Darwin, Hume'un zamanında çalıştığı Edinburgh Üniversitesi'ne girdiğinde, Hume öleli kırk sene olmuştu.

Karmaşıklık ve görünüşte var olan tasarımdan söz etmekte sanırım acele davrandım; bu sözcüklerin anlamları çok açıkmış gibi... Aslında, bir anlamda açık; çoğu kişi karmaşıklığın ne ol-

duğu konusunda sezgisel bir fikre sahiptir. Ama karmaşıklık ve tasarım kavramları bu kitapta öylesine önemli ki, karmaşık ve görünüşte tasarlanmış nesnelerde özel bir şeyler olduğu konusundaki sezgilerimizi biraz daha kesinleştirerek, sözcüklere dökebilmek istiyorum.

Peki, karmaşık bir nesne nasıl bir şeydir, nasıl tanınabilir? Bir kol saatinin, bir uçağın, bir kulağakaçan böceğinin ya da bir insanın karmaşık, öte yandan, Ay'ın yalın olduğunu söylemek ne anlamda doğrudur? Karmaşık bir nesneye ilişkin olarak aklımıza ilk gelen şey, bu nesnenin ayrışık bir yapısı olduğudur. Muhallebi ya da pelte şu anlamda yalındır: İkiye bölündüklerinde, iki parçanın da içsel bileşimi aynı olacaktır; pelte benzeşiktir. Bir otomobil ise ayrışıktır. Peltenin tersine, bir otomobilin hemen hemen her parçası, diğer parçalardan farklıdır. İki tane otomobil yarısını yan yana getirdiğimizde otomobili elde edemeyiz. Başka bir deyişle, yalın bir nesnenin tersine, karmaşık bir nesne birçok kısımdan oluşur; bu kısımlar, çeşitli türdendir.

Ayrışıklık ya da "çok kısımlı olma", zorunlu koşul olabilir fakat yeterli değildir. Çok kısımlı ve içsel yapısı ayrışık olan fakat benim kastettiğim anlamda karmaşık olmayan birçok nesne var. Örneğin, Mont Blanc birçok değişik cins kayaçtan oluşur ve bu dağı herhangi bir yerinden kestiğimizde elde edeceğimiz iki parçanın içsel yapısı birbirlerinden farklı olacaktır. Peltede olmayan yapısal ayrışıklık Mont Blanc'da var, fakat Mont Blanc yine de biyologların kastettiği anlamda karmaşık değil.

Karmaşıklığın tanımını başka bir yoldan aramayı deneyelim ve matematiksel olasılık düşüncesini kullanalım. Şu tanımı ele alalım: Karmaşık bir nesnenin parçaları öyle bir biçimde düzenlenmiştir ki, nesnenin yalnızca rastlantıya bağlı olarak oluşması olasılığı çok düşüktür. Seçkin bir gökbilimcimizin bir benzetmesini ödünç almak istiyorum: Bir uçağın parçalarını alıp gelişigüzel bir araya getirirseniz, çalışır durumda bir Boeing elde etme olasılığınız müthiş düşüktür. Bir uçağın parçalarını bir araya getirmenin milyarlarca olası yolu vardır ve bu yollardan yalnızca

biri ya da birkaçı gerçek bir uçak oluşturabilir. Bir insanın parçalarını bir araya getirmek içinse, çok daha fazla yol vardır.

Bu karmaşıklık tanımı daha umut verici, ancak hâlâ bir şeylere gereksinim var. Mont Blanc'ı toparlamanın milyarlarca yolu olduğu ve bunlardan yalnızca birinin Mont Blanc'ı oluşturacağı söylenebilir. Öyleyse, Mont Blanc yalınken, uçağı ve insanı karmaşık yapan nedir? Her hurda yığını benzersizdir ve bir yığın oluştuktan sonra *süreç* düşünüldüğünde, her hurda yığını tüm diğer hurda yığınları kadar olasılık dışılık barındırır. Uçak hurdacısının mezarlığındaki bir hurda yığınının bir eşi daha yoktur. Birbirinin tıpkısı iki hurda yığını bulamazsınız. Uçak parçalarını gelişigüzel atarak tepeler yaptığınızı düşünün; iki kez aynı tepeyi elde etme olasılığı çalışan bir uçak yapma olasılığı kadar düşüktür. Peki öyleyse, hepsinde atomların düzenlenişi "benzersiz" olmasına karşın, neden bir çöp yığınının ya da Mont Blanc'ın ya da Ay'ın, bir uçak ya da bir köpek kadar karmaşık olduğunu söyleyemiyoruz?

Bisikletimin şifreli kilidinde 4096 farklı konum var. Bunların her biri aynı derecede "olasılık dışıdır", yani çarkları gelişigüzel çevirdiğinizde 4096 konumun her birinin gelme olasılığı aynıdır. Çarkları gelişigüzel çevirip, ortaya çıkan sayıya bakar ve olup biten konusunda şöyle bağırabilirim: "Ne müthiş! Bu sayıyı tutturma olasılığı 4096'da 1'dir. Küçük bir mucize bu!" Bu, bir dağın kayaçlarını ya da bir hurda yığınındaki metal parçalarını "karmaşık" olarak nitelemekle eşdeğerdir. Fakat çarkın bu 4096 konumundan birinin gerçekten de ilginç bir benzersizliği var: 1207 kilidi açabilecek tek konumdur. 1207'nin benzersiz olmasının sürece ilişkin edinilen bilgiyle hiçbir ilgisi yok: İmalatçı tarafından önceden belirlenmiştir. Çarkları döndürüp 1207'yi ilk seferde bulursanız, bisikleti çalabilirsiniz ve bu ufak çapta bir mucize gibi görünebilir. Banka kasalarındaki çok haneli kasa kilitlerinde şansınız yaver giderse, bu, büyük çapta bir mucize gibi görünecektir; çünkü öbür milyarlarca olasılıktan sıyrılıp büyük bir vurgun yapmış olursunuz.

İşte benzetmemizde, banka kasasını açan şanslı sayıyı bulu-vermek, hurda metal parçalarını gelişigüzel savurarak bir Boeing *747*'yi bir araya getirivermekle eşdeğerdir. Kasa kilidinin milyonlarca benzersiz ve, geriye dönüp bakıldığında, eşit derecede olasılık dışı konumu içinden yalnızca biri kilidi açacaktır. Tıpkı bunun gibi, bir hurda yığınının milyonlarca benzersiz ve eşit derecede olasılık dışı derlemesi içinden yalnızca biri (ya da birkaçı) uçabilecektir. Uçabilen derlemenin ya da kasayı açan konumun benzersizliğinin sürecin işleyişine ilişkin edinilen bilgiyle hiçbir ilgisi yoktur; ikisi de önceden belirlenmiştir. Kasa yapımcısı kasayı açacak bileşimi belirlemiş ve banka yöneticisine söylemiştir. Uçma yeteneği de uçağın önceden belirlenmiş bir özelliğidir. Havada bir uçak gördüğümüzde, parçaların gelişigüzel atılmasıyla üretilmediğinden emin olabiliriz, çünkü gelişigüzel bir parça yığınının uçmama olasılığının çok büyük olduğunu biliriz.

Şimdi Mont Blanc kayaçlarından gelişigüzel bir yığıntı oluşturmanın olası tüm yollarını düşünelim; biliyoruz ki, bunlardan yalnızca biri Mont Blanc olacaktır. Fakat bizim bildiğimiz Mont Blanc, oluşma sürecine ilişkin edinilen bilgiyle tanımlanmıştır. Kayaçları yığmanın birçok yolundan herhangi biri bir dağ olabilirdi ve bu dağa Mont Blanc adı verilebilirdi. Bizim bildiğimiz Mont Blanc'da özel bir şeyler, önceden belirlenmiş bir şeyler, uçağın kalkışına ya da kasanın açılarak paraların önümüze saçılmasına benzer bir şeyler yoktur.

Bir canlıda, kasanın açılmasına ya da uçağın uçmasına eşdeğer olan nedir? Aslında, bu bazen sözcüğü sözcüğüne aynı şey: Kırlangıçlar uçar. Gördüğümüz gibi, uçabilen bir makineyi yapmak kolay değil. Bir kırlangıcın tüm hücrelerini gelişigüzel bir araya getirirseniz, elde edeceğiniz nesnenin uçma olasılığı, sıfırdan pek de farklı olmayacaktır. Tüm canlılar uçmaz, ancak tıpkı uçmak gibi olasılık dışı görünen ve önceden belirlenmiş başka şeyler yaparlar. Balinalar uçmaz, fakat tıpkı kırlangıçların uçuşu gibi, etkin bir biçimde yüzebilir. Balina hücrelerinden

oluşturulmuş gelişigüzel bir yığının, bırakın bir balina kadar hızlı ve etkin bir biçimde yüzebilmeyi, yalnızca yüzebilme olasılığı bile ihmal edilebilecek denli küçüktür.

Tam bu noktada, atmaca gözlü bir düşünür (atmacaların çok keskin gözleri vardır ve ışığa duyarlı hücrelerle mercekleri gelişigüzel yığarak bir atmacanın gözünü oluşturamazsınız), kısır bir sav ortaya attığını ileri sürerek söylenmeye başlayacaktır. Kırlangıçlar uçar ama yüzemez ve balinalar yüzer ama uçamaz. Gelişigüzel yığıntımızın yüzücü mü, yoksa uçucu mu olduğuna sürecin işleyişine bakarak karar veriyoruz. Diyelim ki, yığıntının bir şeyci olarak başarılı olacağına karar verdik, ancak "bir şeyin"ne olduğu konusunu hücreleri bir araya getirinceye kadar açık bıraktık. Bu gelişigüzel hücreler kümesi köstebek benzeri etkin bir tünelci ya da maymun benzeri etkin bir tırmanıcı çıkabilir; çok iyi sörf yapıyor ya da güreşiyor ya da gittikçe küçülen halkalar boyunca kaybolana dek yürüyor olabilir; bu listeyi uzatabiliriz... Yoksa uzatamaz mıyız?

Eğer liste gerçekten de *uzatılabilseydi,* benim varsayımsal düşünür haklı olabilirdi. Elinizdeki maddeyi ne kadar gelişigüzel savurursanız savurun, çoğu kez sonuçtaki yığının *bir şey* yapmada iyi olduğu, sürecin işleyişine ilişkin sonradan edinilen bilgiyle söylenebiliyorsa, kırlangıç ve balina örneğinde hile yaptığını söylemek doğru olurdu. Fakat biyologlar "bir şeyler yapmada iyi olmanın" ne anlama geldiği konusunda çok daha açık seçiktirler. Bir nesneyi hayvan ya da bitki olarak tanımlamanın asgari koşulu, bu nesnenin *herhangi bir yaşam biçimini* sürdürmede başarılı olmasıdır (daha kesin bir dille, bu nesnenin türünün en azından bazı üyelerinin üreyebilecek kadar uzun yaşayabilmesidir). Yaşamı sürdürmenin birçok yolu olduğu doğru: uçmak, yüzmek, ağaçtan ağaca salınmak... Fakat *canlı olmanın ne kadar çok yolu olursa olsun, ölü olmanın* (daha doğrusu canlı olmamanın) *çok daha fazla yolu olduğu kesin.* Bir milyar yıl boyunca, tekrar tekrar hücreleri gelişigüzel istifleyebilir ve bir kez bile, bırakınız kötü de olsa uçabilmeyi ya da yüzebilmeyi ya

da toprağı delebilmeyi ya da koşabilmeyi ya da *herhangi bir şey* yapabilmeyi, uzaktan da olsa kendini canlı tutmaya çalıştığı söylenebilecek bir yığın elde edemeyebilirsiniz.

Bu tartışmayı oldukça uzattık; artık nasıl başladığımızı anımsamamızın zamanı geldi. Bir nesneye karmaşık sözcüğünü yakıştırmakla ne anlatmak istediğimizi ifade edebilecek kesin bir yol arıyorduk. İnsanlarda ve köstebeklerde ve solucanlarda ve uçaklarda ve saatlerde ortak olan, fakat pelte ya da Mont Blanc ya da Ay'la ortak olmayan noktayı belirlemeye çalışıyorduk. Ulaştığımız yanıt şu: Karmaşık şeylerde önceden belirlenebilen ve tek başına gelişigüzel rastlantıyla edinilme olasılığı çok düşük olan bir nitelik vardır. Canlılar söz konusu olduğunda, önceden belirlenebilen bu nitelik, bir tür "yeterlilik" olmaktadır; ya uçmak gibi belirli bir yetenek (bir uçak mühendisi bu yeteneğe hayranlık duyacaktır) konusundaki yeterlilik, ya da ölümü bir süre engelleme veya üreme sürecinde genleri çoğaltma yeteneği gibi daha genel bir konuda yeterlilik.

Ölümden kaçınmak için çaba harcamak gerekir. Vücut kendi haline bırakıldığında -ki, canlı öldüğünde olan budur- çevresiyle bir denge hali oluşturmaya eğilimlidir. Canlı bir vücuttaki sıcaklık, asitlilik, su içeriği ya da elektriksel gerilim benzeri bir niceliği ölçerseniz, bekleneceği biçimde, bu niceliğin çevrede kendisine karşılık gelen ölçümden çok farklı olduğunu bulursunuz. Örneğin, bizim vücutlarımız genellikle çevreden daha sıcaktır ve soğuk iklimlerde bu sıcaklık farkını korumak oldukça zordur. Öldüğümüzde bu çaba durur, sıcaklık farkı azalmaya başlar ve sonunda çevreyle aynı sıcaklığa geliriz. Hayvanların hepsi çevre sıcaklığıyla denge kurmak için bu denli çaba harcamaz, fakat tüm hayvanlar bununla kıyaslanabilecek *bazı* işler yapar. Örneğin, kurak bir ülkede, hayvanlar ve bitkiler hücrelerindeki sıvı içeriğini belirli bir düzeyde tutmak amacıyla, suyun dışarıdaki kuru dünyaya akma yolundaki doğal eğilimini engellemek için çaba gösterirler. Bunu yapamazlarsa ölürler. Daha genel bir biçimde söylersek, canlılar, etkin biçimde iş ya-

parak engellemedikleri sürece, eninde sonunda kendilerini çevreleyen dünya ile kaynaşır ve özerk varlıklar olma durumundan çıkarlar. İşte, öldüklerinde olan budur.

Fahri canlılar olarak saymaya karar verdiğimiz yapay makineler dışında, cansız nesneler bu anlamda iş yapmazlar ve kendilerini çevreleriyle dengeye götüren kuvvetleri benimserler. Biliyoruz ki, Mont Blanc uzun süredir var ve uzun bir süre daha var olacak; ancak Mont Blanc var olmak için çaba sarf etmiyor, iş yapmıyor. Bir kaya yerçekimi etkisiyle durduğunda öylece kalır. Kayayı orada tutmak için iş yapmak gerekmez. Mont Blanc var, aşınıp ufalanana ya da bir deprem onu devirene dek var olmaya devam edecek. Bir canlının tersine, bir dağ aşındığında ya da yıprandığında önlem almaz; devrildiğinde düzelmeye çalışmaz. Yalnızca fizik yasalarına boyun eğer.

Bu, canlıların fizik yasalarına boyun eğmediğini söylemek midir? Kesinlikle hayır. Canlı maddenin fizik yasalarına uymadığını düşünmemiz için bir sebep yok. Temel fizik kuvvetlerine rakip olabilecek doğaüstü hiçbir şey, hiçbir "yaşam gücü" yok. Bu, yalnızca, fizik yasalarını *tüm* bir canlı vücudun davranışını anlayabilmek amacıyla naif bir biçimde uygulamaya çalıştığınızda çok fazla ilerleyemeyeceğiniz anlamına geliyor. Vücut, birçok bileşeni olan karmaşık bir şeydir ve davranışını anlayabilmek için, fizik yasalarını tüm vücuda değil, parçalarına uygulamanız gerekir. Tüm vücudun davranışı ise, parçaların arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkacaktır.

Bir örnek olarak, devinim yasalarını ele alalım. Ölü bir kuşu havaya attığınızda tıpkı fizik kitaplarındakine benzeyen, zarif bir parabol çizer, yere düşer ve orada kalır. Belirli bir kütlesi ve hava direnci olan bir nesne nasıl bir davranış gerektiriyorsa, öyle davranır ölü kuş. Fakat canlı bir kuş, havaya attığınızda bir parabol çizmez ve yere düşmez; uçar gider ve hatta siz bir yerlere konduğunu göremeden kaybolur. Bunun sebebi, canlı kuşun yerçekimine ve tüm vücudunu etkileyebilecek diğer fiziksel kuvvetlere karşı koyabilecek kasları olmasıdır. Bu kasların her

bir hücresinde, fizik yasaları geçerlidir. Sonuç olarak da, kaslar kanatları kuş havada kalacak biçimde hareket ettirir. Kuş yerçekimi yasasını bozmaz; yerçekimi tarafından sürekli aşağı çekilir, ama yerçekimine rağmen kendini havada tutmak üzere iş yapar. Bu iş yapılırken de kasları için fizik yasaları geçerlidir. Eğer canlı kuşumuzu belirli bir kütleye ve hava direncine sahip, yapısı olmayan bir madde yığını olarak ele alacak denli safsak, fizik yasalarının bozulduğunu düşünürüz elbette. Ne zaman ki, vücudun birçok parçası olduğunu, bu parçaların her birinin kendi düzeylerinde fizik yasalarına uymakta olduğunu hatırlarız, işte ancak o zaman tüm vücudun davranışını anlayabiliriz. Kuşkusuz bu söylediklerim yalnızca canlılara ilişkin bir tuhaflık değil; insan yapımı tüm makinelere ve karmaşık, çok parçalı nesnelere de uygulanabilir.

Bu epey felsefi bölümde tartışmak istediğim son konuya, yani açıklamadan neyi anladığımız sorununa geldik. Artık karmaşık bir şey demekle neyi kastettiğimizi biliyoruz. Ama girift bir makinenin ya da canlı bir vücudun nasıl çalıştığını merak ettiğimizde, bize doyurucu yanıtı verecek olan ne tür bir açıklamadır? Bir önceki paragrafta ulaştığımız türden bir açıklama elbet. Bir makinenin veya bir canlının nasıl çalıştığını anlamak istediğimizde, bileşenlerine bakar ve bu bileşenlerin birbirleriyle nasıl bir etkileşim içerisinde olduklarını sorarız. Henüz anlayamadığımız karmaşık bir şey varsa, bu şeyi anlayabildiğimiz daha yalın parçalarından yola çıkarak anlamayı başarabiliriz.

Bir mühendise buhar makinesinin nasıl çalıştığını sorduğumda, beni tatmin edecek yanıtın genelde ne tür bir yanıt olacağı hakkında az çok fikrim vardır. Mühendis buhar makinesinin "*hareket ettirici kuvvet*" ile itildiğini söylediğinde, Julian Huxley gibi ben de kesinlikle etkilenmem. Ve bu mühendis bütünün, parçalarının toplamından daha büyük olduğu konusunu açıp can sıkmaya başlarsa, sözünü keserim: "Bunu bir kenara bırak ve bana makinenin nasıl *çalıştığını* anlat." Duymak istediğim, motor parçalarının aralarında nasıl bir etkileşim kurdukla-

rı ve bu etkileşimin motorun davranışını nasıl oluşturduğu hakkında bir şeyler olacaktır. Başlangıçta, büyük alt-bileşenler düzeyinde bir açıklamaya hazırımdır; bu alt-bileşenlerin kendi içsel yapıları ve davranışları oldukça karmaşık ve henüz açıklanmamış olsa bile... Doyurucu bir ilk açıklamanın birimlerinin kazan, ocak, silindir, piston, buhar düzenleyicisi benzeri isimleri olabilir. Mühendis, başlangıçta hiçbir açıklama yapmaksızın, bu birimlerin ne yaptığını söyleyebilir. Bir an için, her birimin kendi özel görevini nasıl yaptığını sormadan söylenenleri kabul ederim. Her birimin hangi özel işi yaptığını *öğrendikten sonra* da, kendi aralarında nasıl etkileşerek motoru hareket ettirdiklerini anlayabilirim.

Kuşkusuz, bu noktadan sonra, her parçanın nasıl çalıştığını sormakta özgür olurum. Buhar düzenleyicisinin buhar akışını ayarladığı *gerçeğini* önceden kabul ettikten ve bu gerçeği tüm motorun davranışını anlamak üzere kullandıktan sonra, artık merakımı düzenleyicinin kendisine yöneltebilirim. Artık, buhar düzenleyicisinin kendi davranışını nasıl oluşturduğunu, bu parçanın kendi içsel kısımları düzeyinde bilmek isterim. Bileşenler arasında bir alt-bileşenler hiyerarşisi vardır. Herhangi bir düzeydeki bir bileşenin davranışını açıklamak için alt-bileşenler arasındaki etkileşime bakar ve alt-bileşenlerin içsel düzenini bir an için sorgulamaksızın kabulleniriz. Böylece, hiyerarşide aşağı doğru ineriz; ta ki, gündelik amaçlar için soru sormayı gerektirmeyecek denli yalın birimlere erişene dek... Örneğin, ister doğru ister yanlış, çoğumuz demir çubukların özelliklerinden memnundur ve bu özellikleri, çubukları içeren daha karmaşık makinelerin açıklanmasında kullanıveririz.

Fizikçiler demir çubukların özelliklerini sorgulamasız kabullenmezler elbette. Çubukların neden bükülmez olduğunu sorarlar ve hiyerarşik sorgulama işlemine, temel parçacıklara ve kuarklara dek, birkaç katman daha devam ederler. Fakat birçoğumuz için yaşam fizikçilerin yaptığını yapamayacak kadar kısa. Belirli bir karmaşıklık düzeyinde, normalde, başlangıç kat-

manımızdan bir iki katman aşağı indiğimizde doyurucu açıklamalar elde edebiliriz. Bir otomobilin davranışı silindirlerle, karbüratörlerle, bujilerle açıklanabilir. Doğru; bu bileşenlerin her biri, daha alt düzeylerdeki açıklamalardan oluşan bir piramidin tepesinde durmaktadır; ancak bana bir otomobilin nasıl çalıştığını sorduğunuzda, size Newton yasaları ve termodinamik yasalarıyla yanıt verirsem, bir parça ukala olduğumu düşünürsünüz. Eğer yanıtıma temel parçacıklarla başlarsam, düpedüz gerçeği gizlediğime karar verirsiniz. Otomobilin işleyişinin, en alt düzeyde, temel parçacıklar arasındaki etkileşimlerle açıklanacağı kuşkusuz doğrudur. Fakat bunu pistonlar, silindirler ve bujiler arasındaki etkileşimlerle açıklamak işimize daha çok yarayacaktır.

Bir bilgisayarın çalışması, yarıiletken elektronik geçitler arasındaki ilişkilerle açıklanabilir; fizikçilerse, bu ilişkileri daha da alt düzeyde inceliyorlar. Fakat çoğu kez, uygulamada bilgisayarın bütününün işleyişini bu düzeylerde anlamaya çalışmak, zaman kaybından başka bir şey olmaz; çok sayıda elektronik geçit ve aralarında çok sayıda ilişki vardır. Doyurucu bir açıklamanın algılanabilir bir sayı çerçevesinde tutulması gerekir. İşte bilgisayarların nasıl çalıştığını öğrenmek istiyorsak, birkaç alt-bileşen hakkında bir ön açıklamayı yeğlememizin nedeni budur: bellek, işlemci, art bellek, denetim birimi, girdi-çıktı işlemcisi, vs... Ana bileşenler arasındaki etkileşimleri anladıktan sonra, bu bileşenlerin iç yapısı hakkında sorular sormak isteyebiliriz. VE ve VEYA geçitleri düzeyine inmek isteyenler yalnızca uzman mühendisler olacaktır; ve yalnızca fizikçiler daha da aşağı düzeylere, yarıiletken ortamda elektronların davranışı düzeyine inmek isteyeceklerdir.

Felsefi isimlerden hoşlananlar için, nesnelerin nasıl çalıştığını anlamada kullandığım yaklaşıma verilebilecek en uygun isim "hiyerarşik indirgemecilik" olacaktır. Eğer günümüzde moda olan entelektüel dergileri okuyorsanız, "indirgemeciliğin", tıpkı günah gibi yalnızca ona karşı olanlar tarafından ağza alınan

şeylerden biri olduğunu fark etmişsinizdir. Bazı çevrelerde insanın kendini indirgemeci olarak adlandırması, bebekleri yediğini itiraf etmek gibi bir şey. Ama insanlar aslında bebek yemez; kimse de, karşı çıkmaya değecek anlamda, indirgemeci değildir. Var olmayan indirgemeci -herkesin karşı olduğu ama yalnızca hayallerde var olan cinsten- karmaşık nesneleri bunların *en küçük* parçalarını temel alarak, *doğrudan doğruya*; hatta bu söylencenin bazı aşırı uyarlamalarında, parçaların *toplamı* olarak açıklamaya çalışır. Öte yandan, hiyerarşik indirgemeci, karmaşık bir varlığı, örgütlülük hiyerarşisini herhangi bir düzeyde ele alarak, hiyerarşinin bir alt düzeyindeki varlıkları kullanarak açıklamaya çalışır. Olasıdır ki, alt düzeydeki varlıklar da kendi bileşenlerine indirgenecek kadar karmaşıktır ve bu böylece sürer. Söylemeye gerek yok; söylencesel bebek-yiyicisi indirgemeci bunu inkâr edecektir ama hiyerarşinin üst düzeylerinde uygun olan açıklamalar, alt düzeylerde uygun olanlardan epey farklıdır. Otomobilleri kuarklar yerine karbüratör kullanarak açıklamanın anlamı buydu. Fakat hiyerarşik indirgemeci, karbüratörlerin daha küçük birimler temelinde, daha küçük birimlerin daha daha küçük birimler temelinde, ..., nihayetinde en küçük temel parçacıklarla açıklandığına inanır. Bu anlamda indirgemeci, şeylerin nasıl çalıştığını anlamaya yönelik dürüst bir istek duyanlar için kullanılan bir isim sadece.

Bu bölüme, karmaşık şeyler için ne tür bir açıklamanın bizi tatmin edeceğini sorarak başladık. Bu soruyu mekanizma açısından ele aldık: Nasıl çalışıyor? Karmaşık bir şeyin davranışının, örgütlü bir hiyerarşinin birbirini izleyen katmanları olarak düşündüğümüz, bileşen kısımları arasındaki etkileşimler temelinde açıklanması gerektiği sonucuna vardık. Başka bir soruysa her şeyden önce, karmaşık nesnenin nasıl varlık bulduğunu sorar. Bu kitabın özellikle ilgilendiği soru da bu, onun için şimdilik fazla söz etmeyeceğim.. Yalnızca mekanizmanın anlaşılmasındaki ilkenin aynen geçerli olduğunu söylemekle yetineceğim. Karmaşık bir şey, varlığını sorgulamaksızın, peşinen kabul et-

me eğiliminde olmadığımız bir şeydir, çünkü fazlasıyla "olasılık dışıdır". Tek bir rastlantıyla varlık bulmuş olamaz. Açıklamamız, karmaşık bir şeyin daha yalın şeylerden, rastlantı sonucu varlık bulmuş olabilecek kadar yalın ilksel nesnelerden adım adım, kerte kerte gelişen birikimli dönüşümlerin bir sonucu olarak varlık bulduklarını ortaya koyacaktır. Nasıl ki "büyük adımlı indirgemecilik" bir mekanizma açıklaması olarak işe yaramıyor ve yerine hiyerarşik düzende küçük adımlarla, katman katman aşağı inilen bir dizi benimsemek gerekiyorsa, karmaşık bir şeyin *ortaya çıkışını* da tek bir adımla açıklayamıyoruz. Yine küçük adımlardan oluşan bir diziye, bu kez zaman açısından da sıralanmış bir diziye başvurmak zorunda kalıyoruz.

Oxford Üniversitesi'nden fizikokimyacı Peter Atkins son derece güzel yazılmış kitabı *The Creation*'a (Yaratılış) şöyle başlamış:

> Sizi zihinsel bir geziye çıkaracağım. Bu bizi uzamın, zamanın ve anlamanın kıyısına götürecek bir idrak gezisi. Bu yolculukta, anlaşılamayacak hiçbir şey olmadığını, açıklanamayacak hiçbir şey olmadığını ve her şeyin olağanüstü yalın olduğunu savunacağım... Evrenin büyük bir bölümünün açıklanmaya ihtiyacı yoktur. Örneğin, fiiler. Moleküller bir kez rekabeti ve kendi görüntülerine sahip başka moleküller yaratmayı öğrendiler miydi, zamanı geldiğinde fiiler ve fiillere benzeyen şeyler etrafta koşuşturmaya başlayacaktır.

Atkins, uygun fiziksel koşullar oluştuktan sonra karmaşık şeylerin evriminin -kitabımızın ana konusu bu- kaçınılmaz olduğunu varsayıyor. Evrenin ve sonra da fiillerin ve karmaşık şeylerin bir gün varlık bulabilmeleri için, çok tembel bir Yaratıcı'nın yapması gereken en az tasarım miktarını ve gerek koşulların ne olduğunu soruyor. Bir fizik bilimcisi olarak, Atkins, Yaratıcı'nın son derece tembel olabileceğini düşünüyor. Her şeyin nasıl varlık bulacağını anlayabilmek için varsaymamız gereken temel

kaynak birimler ya tam anlamıyla bir hiçtir (bazı fizikçilere göre) ya da son derece yalındır, bilinçli Yaratılış gibi ulu bir şey gerektirmeyecek kadar yalındır (başka fizikçilere göre).

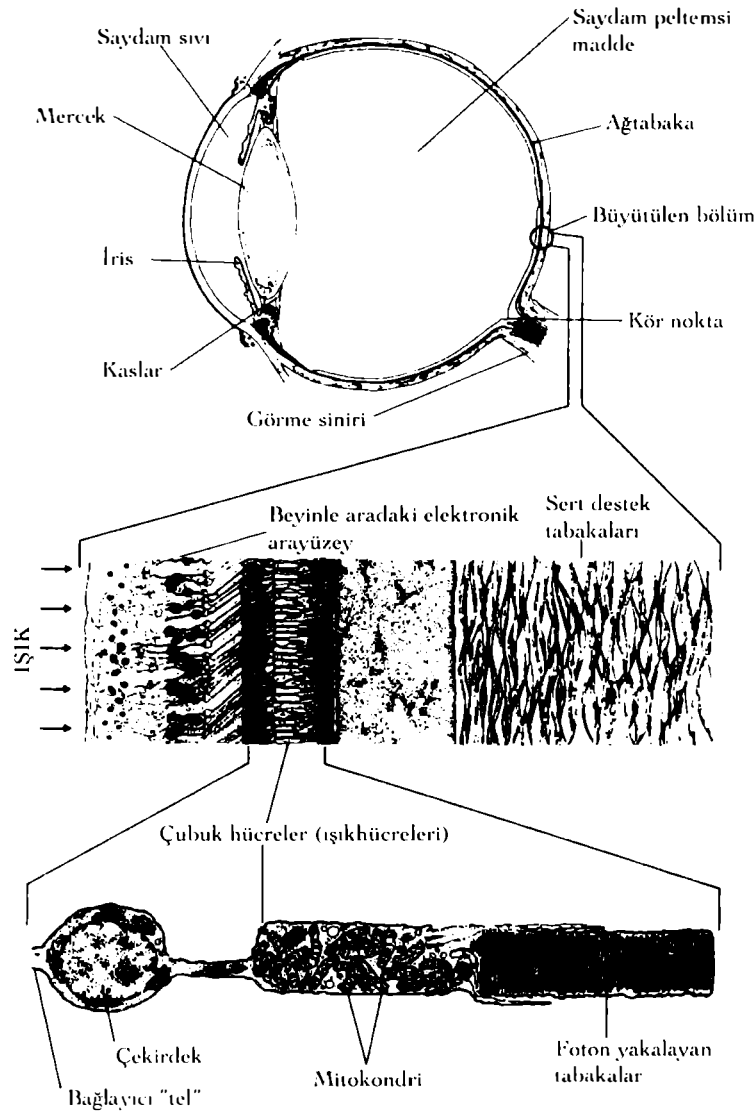
Atkins, fillerin ve karmaşık şeylerin açıklanmasına gerek olmadığını söylüyor ama bunu söylemesinin nedeni bir fizikçi olması ve biyologların evrim kuramını sorgulamaksızın doğru kabul etmesi. Aslında fillerin açıklanmasına gerek olmadığını düşünmüyor; fiziğin bazı gerçeklerini kabullenen biyologların filleri açıklaması onu tatmin ediyor. Dolayısıyla da, bir fizikçi olarak görevi, bizim o bazı gerçekleri kabullenmemizi doğrulamaktır. Bu görevi başarıyor. Benimkisiyse, tamamlayıcı bir konum; ben bir biyoloğum. Ben fiziğin gerçeklerini, yalınlıklar dünyasının gerçeklerini olduğu gibi kabul ederim. Eğer fizikçiler bu yalın gerçeklerin anlaşılıp anlaşılmadığı konusunda henüz fikir birliğine varamamışlarsa, bu benim sorunum değil. Benim görevim, filleri ve karmaşık şeyler dünyasını fizikçilerin anladıkları ya da üzerinde çalıştıkları yalın şeyleri temel alarak açıklamaktır. Fizikçinin sorunu nihai kökenler ve nihai doğal yasalardır. Biyoloğun sorunu karmaşıklıktır. Biyolog, karmaşık şeylerin nasıl çalıştığını ve nasıl varlık bulduğunu daha yalın şeyleri temel alarak açıklamaya çalışır. Güven içinde fizikçilere devredebileceği kadar yalın varlıklara ulaştığında da bu görevini tamamlanmış sayabilir.

Karmaşık bir nesneyi tanımlama biçimimin -sürece ilişkin bir bilgiye sahip olmadan belirlenmiş bir yönde istatistiksel açıdan olasılık dışı- çok özel bir durum gibi görülebileceğinin farkındayım. Fiziği yalınlıkları araştıran bir bilim olarak tanımlamam da böyle görülebilir. Eğer siz karmaşıklığı başka bir biçimde tanımlamayı yeğliyorsanız, benim için hava hoş; tartışmayı sürdürebilmek için sizin tanımınızla devam etmeye hazırım. Fakat aldırdığım bir şey var: sürece ilişkin bir bilgiye sahip olmadan-belirlenmiş-bir-yönde-istatistiksel-açıdan-olasılık dışı olma niteliğine ne ad verirsek verelim, bu, özel bir açıklama çabası gerektiren, önemli bir niteliktir; biyolojik nesnelerin fizik nesnelerin-

den farkını belirleyen niteliktir. Bulduğumuz açıklamanın fizik yasalarıyla çelişmemesi gerekir. Bu açıklama fiziğin yasalarını kullanmalı ve hatta fizik yasalarından başka bir şey kullanmamalıdır. Benim açıklamam fizik yasalarını genelde fizik kitaplarında tartışılan biçiminden farklı, özel bir yoldan kullanıyor. Bu özel yol, Darwin'in yolu. Darwin'in açıklamasının özünü III. Bölüm'de, *birikimli seçilim* başlığı altında sunacağım.

Bu arada, açıklamamızın karşı karşıya olduğu sorunun, biyolojik karmaşıklığın devasalığı ve biyolojik tasarımın güzelliği ve zarafeti sorununun önemini vurdulamak için Paley'in yolunu izleyeceğim. II. Bölüm, Paley'in zamanından çok sonraları keşfedilmiş özel bir örneğin, yarasaların "radarlarının" uzun bir tartışması olacak. Ve bu bölümde, gözün ve iki ayrı bölümünün büyütülmüş, ayrıntılı şekillerini (1. Şekil) çizeceğim -Paley olsaydı, elektron mikroskopundan nasıl hoşlanırdı kimbilir! Şeklin üst kısmında gözün bir kesiti var. Bu büyütme düzeyinde, göz, optik bir alet gibi görünüyor; bir kameraya benzediği çok açık. İris -diyafram-, açıklığın sürekli değiştirilmesinden sorumludur. Aslında birleşik bir mercekler sisteminin bir parçası olan mercek, odaklama işleminden sorumludur. Odak, merceğin kaslarla bastırılmasıyla değiştirilir (ya da, insan yapısı bir kamerada, merceği ileri geri oynatarak). Görüntü arka bölümdeki ağtabaka üzerine düşer ve buradaki ışıkhücrelerini (fotoseller) uyarır.

1. Şekil'in ortasında ağtabakanın büyütülmüş bir bölümü görülüyor. Işık soldan geliyor. Işığın ilk vurduğu şey ışığa duyarlı hücreler (ışıkhücreleri) değildir; bu hücreler derinlerde gömülü ve ışıktan uzaktadır. Bu tuhaf özellikten daha sonra yine söz edeceğiz. Işığın vurduğu ilk şey, ışıkhücreleriyle beyin arasındaki "elektronik arayüzeyi" oluşturan gangliyon hücreleri tabakasıdır. Aslında gangliyon hücreleri bilgiyi beyne iletmezden önce bilgiyi bazı ön-işlemlerden geçirir ve bu nedenle "arayüzey" sözcüğü yerine tam oturmuyor. "Uydu bilgisayar" daha hakça bir terim olurdu. Gangliyon hücrelerinden çıkan teller ağtabakanın yüzeyi boyunca uzanır ve "kör noktaya", beyne gi-

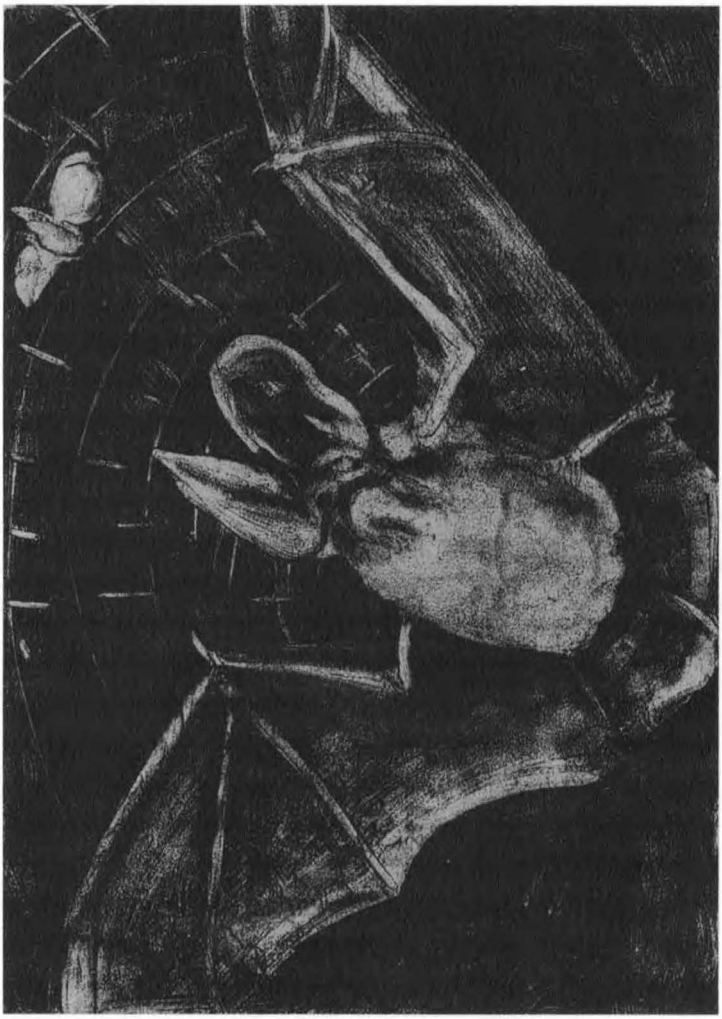


1. Şekil

den ana kabloyu -görme sinirini- oluşturmak üzere ağtabaka içine daldıkları noktaya gelirler. "Elektronik arayüzeyde" 125 milyon kadar ışıkhücresinden veri toplayan üç milyon kadar gangliyon hücresi vardır.

1. Şekil'in alt tarafında büyütülmüş bir ışıkhücresi, bir çubuk var. Bu hücrenin incelikli mimarisine bakarken bu karmaşıklığın her ağtabakasında 125 milyon kere yinelendiğini hatırınızdan çıkarmayın. Ayrıca, buna denk bir karmaşıklık da vücudun başka yerlerinde trilyonlarca kere yinelenmektedir. 125 milyon sayısı, kaliteli bir güncel haber dergisinin resimlerinde ayrı ayrı çözümlenebilen nokta sayısının yaklaşık 5000 katıdır. Şekildeki çubuk hücrenin sağındaki katlanmış zarlar ışığı toplayan asıl yapılardır. Bu zarların katmanlı yapısı, ışıkhücresinin foton -ışığın yapısındaki temel parçacık- yakalama verimliliğini artırır. Foton ilk zar tarafından yakalanamazsa, ikincisi, ikincisi tarafından yakalanamazsa, üçüncü tarafından... yakalanacaktır. Bunun bir sonucu olarak, bazı gözler tek bir fotonu bile saptayacak yeteneğe sahiptir. Fotoğrafçıların kullandığı en hızlı ve en duyarlı film emülsiyonlarının bir ışık noktası saptayabilmesi için bunun 25 katı kadar foton gereklidir. Hücrenin orta bölümündeki kurtçuk biçimindeki nesnelerin çoğu mitokondridir. Mitokondriler yalnızca ışıkhücrelerinde değil, diğer hücrelerde de vardır. Her hücre, ana ürünü kullanılabilir enerji olan bir kimya fabrikası gibi düşünülebilir. Bu fabrikada, incelikle katlanmış iç zarların yüzeyi boyunca uzanan, uzun, birbirine dolaşık üretim hattında ana ürün taşınırken 700'den fazla farklı kimyasal madde işlenir. Şeklin solundaki küre çekirdektir. Bu yapı da tüm hayvan ve bitki hücrelerinde vardır. V. Bölüm'de göreceğimiz gibi, her çekirdekte sayısal olarak şifrelenmiş, bilgi içeriği açısından *Encyclopaedia Britannica*'nın 30 cildinin toplam bilgi içeriğinden daha fazlasını kapsayan bir veritabanı vardır. Ve dikkatinizi çekerim, bu sayı vücudun hücrelerinin toplamı için değil, *her bir* hücre için verilmiştir.

Şeklimizdeki bu çubuk, tek bir hücredir. Bir insanın vücudundaki hücrelerin toplam sayısı 10 trilyon kadardır. Bir biftek yediğinizdeyse, *Encyclopaedia Britannica*'nın 100 milyar kopyasına, hatta daha fazlasına eşdeğer bilgi tıkınmış oluyorsunuz.



İyi Tasarım

Doğal seçilim doğanın kör saatçisidir; kördür, çünkü ileriyi görmez, sonuçları hesaplamaz, görünen bir amacı yoktur. Yine de, doğal seçilimin yaşayan sonuçları, usta bir saatçinin tasarımlarını akla getiriyor; bizi etkileyen bir tasarım ve planlama yanılsaması bu... Elinizdeki kitabın amacı, bu paradoksu okuyucuyu tatmin edecek bir biçimde çözmektir; bu bölümün amacıysa okuyucuyu tasarım yanılsamasının gücüyle daha fazla etkilemektir. Özel bir örneğe bakacağız; ve tasarımın güzelliği ve karmaşıklık söz konusu olduğunda, Paley'in işin henüz başında olduğu sonucuna varacağız.

Eğer canlı bir vücut veya organ uçma, yüzme, yemek yeme, görme, ya da daha genelde, organizmanın genlerinin yaşamayı

sürdürmesini ve kopyalanmasını destekleme gibi mantıklı bir amaca ulaşmak üzere zeki ve bilgili bir mühendis tarafından yapılmış olabileceği izlenimini veriyorsa, iyi tasarlanmış olduğunu söyleyebiliriz. Bir vücudun veya organın bir mühendisin yapabileceğinin en iyisi olduğunu varsaymamız gerekmiyor. Çoğu kez, bir mühendisin yapabileceğinin en iyisi, bir başka mühendis tarafından aşılır; özellikle de, teknoloji tarihinin daha ileri bir evresinde yaşayan bir başka mühendis tarafından... Fakat herhangi bir mühendis, kötü tasarlanmış da olsa, bir amaca yönelik tasarlanmış bir nesneyi tanıyabilir; ve, genellikle, nesnenin yapısına bakmakla bile bu amacın ne olduğunu kestirebilir. I. Bölüm'de çoğunlukla felsefi yönlerle uğraştık. Bu bölümde, her mühendisi etkileyeceğine inandığım özel bir gerçek örnekten söz edeceğim: yarasalardaki sonar ("radar"). Ayrıntılı açıklamama, bu canlı makinenin karşı karşıya olduğu bir sorunu ortaya koyarak başlayacağım. Sonra da, mantıklı bir mühendisin düşünebileceği çözümleri ele alacağım; sonunda da doğanın benimsediği çözüme ulaşacağım. Kuşkusuz bu yalnızca tek bir örnek. Yarasalardan etkilenen bir mühendisi hayrete düşürecek sayısız canlı tasarım örneği vardır.

Yarasaların bir sorunu var: Karanlıkta yol bulmak. Yarasalar geceleri avlanır, avlarını bulmada ve engellerden kaçınmada kendilerine yardımcı olmak üzere ışığı kullanamazlar. Bu sorunu yarasaların kendi kendilerine yarattıklarını ve alışkanlıklarını değiştirip gündüz avlanmakla sorunun ortadan kaldırılabileceğini söyleyebilirsiniz. Fakat gündüz işleyen ekonomi başka yaratıklar, örneğin kuşlar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Geceleyin çalışarak yaşamı sürdürmek mümkün olduğundan ve gündüz işleri tümüyle dolu olduğundan doğal seçilim, geceleri avlanma işine çıkan yarasaların lehine işlemiştir. Yeri gelmişken şunu da belirteyim: Yaşamını geceleri kazanma alışkanlığının, biz de dahil, tüm memelilerin geçmişinde var olma olasılığı yüksek. Gündüz işleyen ekonomide dinozorların egemen olduğu o eski zamanlarda, memeli atalarımız büyük olası-

lıkla maişet motorunu geceleri çalıştırmanın bir yolunu bulduk-ları için hayatta kalabildiler. Ancak dinozorların 65 milyon yıl önce gizemli bir biçimde kitle halinde yok olmasından sonradır ki, atalarımızın büyük kısmı gün ışığına çıkabilmeye başlamıştır.

Yarasalara geri dönersek, bu hayvanların bir mühendislik sorunları var: Işık olmayan bir ortamda yollarını ve avlarını bulabilmek... Günümüzde bu güçlükle karşı karşıya olan yalnızca yarasalar değil. Geceleri uçan avcı böceklerin de bir biçimde yollarını bulabilmeleri gerektiği çok açık. Derin denizlerdeki balıklar ve balinalar gündüz de gece de ışığı çok az görebilir ya da hiç göremez, çünkü güneşin ışınları derinlere sızamaz. Çok çamurlu sularda yaşayan balıklar ve yunuslar, ışık olmasına karşın, bu ışık sudaki pislikler tarafından engellendiği ve saçıldığı için göremez. Günümüz hayvanlarının birçoğu, görmenin zor ya da olanaksız olduğu koşullarda yaşar.

Karanlıkta nasıl hareket edilebileceği sorusuna bir mühendisin önerebileceği çözümler nelerdir? Akla gelebilecek ilk çözüm, ışık üretmek olabilir; tıpkı fener kullanmak gibi... Ateşböcekleri ve bazı balıklar (genellikle bakterilerin yardımıyla) kendi ışıklarını üretebilir, fakat bu işlem büyük miktarlarda enerji harcanmasını gerektirir. Ateşböcekleri eşlerini kendilerine çekebilmek için ürettikleri bu ışığı kullanırlar. Aslında hayvanı kısıtlayan enerji gereksinimi bu değil; bir erkek ateşböceğinin topluiğne başı kadar olan ışığı, karanlık bir gecede dişi tarafından oldukça uzaktan görülebilir, çünkü dişinin gözleri, ışık kaynağını doğrudan saptayabilecek biçimde yapılanmıştır. Asıl enerji gerektirense, hayvanın yolunu bulması için ışığın kullanılmasıdır, çünkü gözler bu ışığın ortamın her yerinden yansıyan çok küçücük parçalarını saptayabilmek zorundadır. Bu yüzden, ışık kaynağı başkalarına işaret vermek için değil de, yolu aydınlatacak bir fener olarak kullanılacaksa, müthiş parlak olmalıdır. Her neyse, nedeni enerji masrafı olsun ya da olmasın, bazı tuhaf derin deniz balıkları dışında, insandan başka hiçbir hayvan yolunu bulmak için ışık üretmez.

Mühendis başka neler düşünebilir? Körler bazen yollarının üstündeki engelleri esrarengiz bir biçimde sezer. Bu sezgiye "yüzsel görme" adı verilmiş, çünkü körler, bunun yüze dokunulmasına benzer bir duygu olduğunu söylüyor. Bu konudaki raporlardan biri, evinin bulunduğu sokakta "yüzsel görme" yoluyla bisiklet süren, hem de oldukça hızlı süren bir çocuktan söz eder. Aslında, bu duyudan "yüzsel görme" olarak *söz edilmesine* karşın, deneyler bu sezginin yüzle ya da dokunmayla bir ilgisi olmadığını göstermektedir; tıpkı kolsuz bir adamın kolunda ağrı hissetmesi gibi... "Yüzsel görme" sezgisi aslında kulaklarla ilgilidir. Körler, bilinçsizce de olsa, engelleri duyumsamak için kendi ayak seslerinin ve başka seslerin *yankılarını* kullanır. Mühendisler bu ilkeyi kullanmaya başladıklarında -örneğin, denizin derinliğini ölçmek için- körlere ilişkin gerçek henüz keşfedilmemişti. Keşfedildikten sonra da, silah tasarımcılarının bu yöntemi denizaltıların saptanmasına uyarlamaları yalnızca zaman meselesi olmuştu. İkinci Dünya Savaşı'nda her iki taraf da, Asdic (İngiliz) ya da Sonar (Amerikan) adı verilen bu cihazların yanı sıra, ses yankıları yerine telsiz dalgalarının yankılarıyla çalışan, benzer Radar (American) ya da RDF (İngiliz) teknolojisi kullanan cihazları yoğun biçimde kullandılar.

Sonar ve Radar teknolojisinin öncüleri o zamanlar farkında değillerdi; fakat bugün bütün dünya, yarasaların, daha doğrusu yarasalar üzerinde çalışan doğal seçilimin, bu sistemi milyonlarca yıl önce mükemmel hale getirdiğini ve yarasa "radarının" bir mühendisi hayranlıktan serseme döndürecek bir başarıya eriştiğini biliyor. Teknik açıdan, yarasa "radarından" söz etmek pek de doğru değil, çünkü yarasalar telsiz dalgaları kullanmıyor; kullanılan sonar. Fakat bu iki teknolojinin dayandığı matematiksel kuramlar birbirine çok benziyor ve yarasalar hakkındaki bilimsel ayrıntıların çoğu, radar kuramının bu hayvanlara uygulanmasıyla bulunmuş. Yarasaların sonar sisteminin keşfinde büyük emeği geçen Amerikalı zoolog Donald Griffin, hayvanlarda ve insan yapımı aletlerde kullanılan, hem radar hem de so-

nar sistemlerini kapsamak üzere "yankıyla yer saptama" terimini ortaya atmıştır. Ancak uygulamada, bu terim daha çok hayvan sonarına ilişkin olarak kullanılıyor.

Yarasalardan hepsi birbirine benzermişcesine söz etmek bizi yanlışlığa sürükleyebilir. Bu, hepsinin etobur olduğunu düşünerek köpekleri, aslanları, gelincikleri, ayıları, sırtlanları, pandaları ve köstebekleri aynı kefeye koymaya benziyor. Farklı yarasa grupları, sonarı epey farklı biçimlerde kullanıyor. Öyle görünüyor ki, her grup bu yöntemi birbirinden ayrı ve bağımsız olarak "keşfetmiş"; tıpkı İngiliz, Alman ve Amerikan mühendislerinin radarı birbirlerinden bağımsız olarak geliştirmeleri gibi. Yarasaların hepsi yankıyla yer saptama yöntemini kullanmaz. Eski Dünya meyve yarasalarının görme duyuları iyidir ve çoğu yollarını bulmak için yalnızca gözlerini kullanır. Bununla birlikte, birkaç meyve yarasası türü (örneğin, *Rousettus*), gözlerin ne denli iyi olursa olsun işe yaramayacağı, tümüyle karanlık bir ortamda yollarını bulabilir. Bu hayvanlar sonar kullanır, ancak bu sonar ılıman iklimlerde görmeye alışkın olduğumuz daha küçük yarasaların kullandığına kıyasla kaba bir çeşit sonardır. *Rousettus*, uçarken dilini şaklatarak yüksek ve ritmik bir ses çıkartır ve her şaklama sesi ile yankısı arasındaki süreyi ölçerek rotasını çizer. *Rousettus*'un çıkardığı bu seslerin büyük bir bölümünü biz de duyabiliriz (dolayısıyla bunları sesüstü yerine, ses olarak tanımlamalıyız; sesüstü de, insanların duyamayacağı kadar yüksek frekanslı olmanın dışında, tıpkı ses gibidir).

Kuramsal olarak, ses ne kadar yüksek frekanslı olursa, o kadar doğru sonar alınabilir. Bunun nedeni, pes (düşük frekanslı) seslerin uzun dalgaboyuna sahip olması ve uzun dalgaboylarının birbirine yakın cisimler arasındaki farkı çözümleyememesidir. Dolayısıyla, yankı kullanan bir kılavuz sistemiyle yönetilen bir güdümlü mermi, ideal durumda, çok tiz ses üretmelidir. Gerçekten de, yarasaların çoğu son derece tiz, insanların duyabileceğinin çok ötesinde sesler üretirler; buna sesüstü deniyor. Çok iyi görebilen ve bu duyusunu desteklemek üzere değişim

geçirmemiş, görece pes sesler kullanarak yer saptayan *Rousettus*'un tersine, daha küçük yarasalar çok gelişmiş yankı-makineleri olarak karşımıza çıkar. Çoğu kez, bu küçük yarasaların, büyük olasılıkla pek iyi göremeyen, ufak gözleri vardır; bir yankılar dünyasında yaşarlar ve bizim "gözümüzde" canlandırabilmemiz olanaksız olsa da, beyinleri yankıları kullanarak imgeleri "görür" ya da ona yakın bir şeyler yapar. Ürettikleri ses de, köpek düdüklerinin sesi gibi bizim duyabileceğimizin biraz üstünde bir ses değildir; çoğu kez duyduğunuz ya da düşünebileceğiniz en tiz notadan çok daha tizdir. Bu sesleri duymadığımız için şanslıyız çünkü müthiş güçlüdürler; eğer duysaydık, yarasalar bizi sağır edebilecek bir gürültü çıkarıyor olurlardı ve geceleri uyumak mümkün olmazdı.

Bu yarasalar minyatür casus uçakları gibi karmaşık aletlerle dolu. Beyinleri bir yankılar dünyasının şifresini anında çözebilecek yazılımla programlanmış, hassas ayarlı, minyatür, büyücü işi elektronik alet paketleridir. Suratları, çoğu kez, gerçekte ne olduklarını görene dek bizi korkutacak çirkin şekiller almıştır; aslında yüzleri, yalnızca, istenilen yönlerde sesüstü dalgalar yaymak için düzenlenmiş aletlerdir.

Yarasaların sesüstü atımlarını doğrudan duyamasak da, bir çeviri makinesi, bir "yarasa-saptayıcı" yardımıyla neler olup bittiği konusunda bir fikir edinebiliriz. "Yarasa-saptayıcı" özel bir sesüstü mikrofonla atımları alır ve her atımı duyulabilir bir sese çevirir. Böylesi bir aleti alıp, yarasanın karnını doyurduğu bir açıklığa gittiğimizde, atımların gerçekte nasıl bir ses olduğunu bilemesek de, her atımın ne zaman oluştuğunu duyabiliriz. Eğer yarasamız *Myotis* (sıkça görülen, ufak, kahverengi yarasa) ise, hayvan alışılagelmiş gezisini yaparken, atım belirleyen sesi saniyede yaklaşık on kez duyarız. Bu, standart bir tele-yazıcının ya da bir Bren marka makineli tüfeğin hızı kadardır.

Büyük olasılıkla, yarasanın içinde gezindiği dünyanın imgesi saniyede on kez güncelleştirilmektedir. Bizim görsel imgelerimizse, gözlerimizi açık tuttuğumuz sürece, sürekli güncelleştiri-

lir. Aralıklarla güncelleştirilen bir dünya imgesinin nasıl bir şey olabileceğini geceleyin bir stroboskop kullanarak görebiliriz. Bu bazen diskoteklerde yapılıyor ve çarpıcı bir etki yaratıyor. Dans eden bir insan, birbirini izleyen, donmuş, heykelsi pozlar veriyormuş gibi görünüyor. Stroboskobun ışığının yanıp sönme hızı ne kadar yüksek olursa, imge, normal, "sürekli" görüntüye o kadar yakın olacaktır. Bu tür görüntü, bir topu ya da bir böceği yakalama konusunda mükemmel olmasa da, ışık saniyede yaklaşık on atım olan yarasa atım hızına ayarlandığında, imge hemen hemen normal, "sürekli" görüntü kadar iyi olacaktır.

İşte, bir yarasanın alışılagelmiş bir araştırma gezisinde ürettiği sesüstü atım hızı budur. Ufak bir kahverengi yarasa bir böcek saptayıp, böceğin yoluyla kesişecek bir yönde hareket etmeye başladığında, şaklama hızı artar; makineli tüfek hızını da aşarak, yarasa avının üzerine kapanırken saniyede 200 atımlık doruk hızlara ulaşır. Bunu taklit edebilmek için stroboskopumuzun ışığını şehir elektriğinin çevrimlerinin (ki, bu hızı bir floresan lambada fark edemiyoruz) iki katı bir hıza çıkarmamız gerekir. Böylesine yüksek frekanslı atımlarla görülen bir dünyada tüm normal görsel işlevlerimizi yerine getirmede, hatta duvar tenisi ya da pingpong oynamada bile hiçbir sorunumuz olmayacağı çok açık. Yarasa beyinlerinde bizim görsel imgelerimize benzer bir dünya imgesi oluştuğunu düşünürsek, tek başına atım hızı bile, yarasanın yankı imgesinin en azından bizim görsel imgelerimiz kadar ayrıntılı ve "sürekli" olabileceğine işaret ediyor. Yankı imgelerinin bizim görsel imgelerimiz kadar ayrıntılı olmamasının başka nedenleri elbette var.

Yarasalar, saniyede 200 atımlık hızlara ulaşabiliyorlarsa, neden bu hızı her zaman korumuyorlar? "Stroboskopları" üstünde bir hız denetim "düğmesi" taşıdıkları çok açık. Neden bu "düğmeyi" sürekli en yükseğe getirip, herhangi bir acil durumu karşılayabilmek üzere dünyayı algılamalarını hep en keskin düzeyde tutmuyorlar? Bir neden, bu yüksek hızların yalnızca yakın hedefler için uygun olması. Eğer bir atım kendin-

den bir önceki atımı çok yakından izlerse, onun uzak bir hedeften dönen yankısıyla karışabilir. Bu böyle olmasaydı bile, büyük olasılıkla, en yüksek atım hızını sürekli korumamak için geçerli ekonomik nedenler olurdu. Şiddetli sesüstü atımlar üretmek masraflı olsa gerek: enerji masrafı, aşınma masrafı, ses ve kulaklarda yıpranma, belki de bilgisayar zamanı masrafı... Saniyede 200 ayrı yankıyı işleyen bir beyin, başka şeyler düşünmek için zaman bulamayabilir. Büyük olasılıkla, saniyede on atımlık hız bile masraflı olmaktadır, fakat bu masraf saniyede 200 atımın masrafından daha azdır. Atım hızını artıran bir yarasa, ek bir enerji, vs. bedeli ödemek zorunda kalacak ve sonarının duyarlılığının artması bu bedeli karşılayamayacaktır. Yakın çevrede hareket eden tek nesne yarasanın kendisiyse, bu çevre saniyenin onda biri içerisinde değişmeyecektir ve bundan daha sık görüntülenmesi gerekmez. Öte yandan, göze çarpan bölgede başka bir hareketli nesne, özellikle izleyicisinden kurtulabilmek için umutsuzca çırpınan, zigzaglar çizen, bir aşağı bir yukarı uçan bir böcek varsa, görüntüleme hızını artırmanın yarasaya getireceği ek yarar artan bedeli karşılamaya yetip artacaktır bile. Elbette ki, bu paragraftaki masraf ve yarar hesapları hep tahmin, fakat buna benzer bir şeyler yapılıyor olsa gerek.

Verimli bir sonar veya radar tasarlamaya kalkışan mühendis, kısa bir süre sonra, atımları çok şiddetli yapma gereksiniminin getirdiği bir sorunla karşı karşıya kalacaktır: Atımlar şiddetli olmalıdır, çünkü yayınlanan ses dalgasının cephesi sürekli genişleyen bir küre şeklinde ilerler. Sesin yeğinliği kürenin tüm yüzeyine dağılır ve bir anlamda "seyrelir". Bir kürenin yüzey alanı, yarıçapının karesi ile orantılıdır. Bu yüzden de, dalga cephesi ilerledikçe, küre üzerindeki herhangi bir noktada ses yeğinliği, ses kaynağına olan uzaklığın (yarıçapın) karesiyle orantılı olacaktır; uzaklığın (yarıçapın) kendisiyle değil. Bu, ses kaynağından, yani yarasadan uzaklaştıkça ses şiddetinin hızla azalacağı anlamına geliyor.

Bu seyrelmiş ses bir nesneye -diyelim ki bir sineğe çarptığında- yansır. Yansıyan ses, genişleyen küresel bir dalga cephesi olarak sinekten uzaklaşır ve sineğe olan uzaklığın karesiyle orantılı olarak azalır. Yankı yarasaya geri döndüğünde, yankının yeğinliğindeki azalma, sineğin yarasaya olan uzaklığına değil; bu uzaklığın karesine de değil; fakat bu uzaklığın karesinin karesine (dördüncü kuvveti) bağlı olacaktır. Bu, sesin gerçekten de çok alçak olduğu anlamına geliyor. Yarasa sesi megafon benzeri bir aletle gönderseydi, bu sorun kısmen çözülmüş olurdu; fakat o zaman da hedefin yönünü önceden bilmesi gerekirdi. Her neyse; yarasanın uzak bir hedeften yankı alabilmesi için, yarasadan çıkan çığlığın gerçekten de çok şiddetli olması ve yankıyı saptayan aletin, yani kulağın, alçak seslere karşı çok duyarlı olması gerekir. Önceden de söz ettiğimiz gibi, yarasa çığlıkları çok şiddetlidir ve yarasaların kulakları da çok duyarlıdır.

İşte burada, yarasa benzeri bir makine tasarlamaya çalışan mühendisi uğraştıracak bir sorun var. Eğer mikrofon, yani kulak, bu denli duyarlıysa, kendi çıkardığı sesten zarar görmesi tehlikesi vardır. Bu sorunla başa çıkabilmek için sesin şiddetini azaltmak bir işe yaramaz; çünkü bu sefer de yankı, duyulamayacak kadar alçak olacaktır. Bu alçak sesi duyabilmek için, mikrofonun (kulağın) duyarlığını artırmak yine işe yaramayacaktır, çünkü kulağın -artık alçak da olsa- seslerden zedelenme olasılığını artıracaktır! Çıkarılan sesin yeğinliğiyle geri dönen yankının yeğinliği arasındaki çarpıcı fark, bir ikilem oluşturuyor; ancak yapacak bir şey yok. Fiziğin amansız yasalarının getirdiği bir ikilem bu...

Mühendisin aklına başka nasıl bir çözüm gelebilir? Radar tasarımcıları İkinci Dünya Savaşı'nda benzeri bir sorunla karşılaştıklarında, "alıcı/verici" radar adını verdikleri bir çözüm buldular. Radar sinyalleri, zorunlu olarak, geri dönen zayıf yankıları bekleyen yüksek duyarlıklı antenlere zarar verebilecek, çok güçlü atımlar halinde gönderiliyordu. Çıkış atımı yayınlanma-

dan hemen önce, "alıcı/verici" devresi alıcı antenin bağlantısını kesiyordu; sonra da yankıyı alabilmek için tam zamanında alıcı anteni tekrar bağlıyordu.

Yarasalar "alıcı/verici" açma-kapama teknolojisini çok çok uzun zaman önce geliştirdiler; büyük olasılıkla, atalarımız ağaçlardan aşağı inmeden milyonlarca yıl önce... Bu teknoloji şöyle çalışıyor: Yarasaların kulaklarında, tıpkı bizimkilerde olduğu gibi, şekillerinden dolayı örs, çekiç, üzengi diye adlandırılan üç ufak kemik, sesi kulak zarından mikrofonik, sese duyarlı hücrelere taşır. Bir elektronik mühendisi de, zorunlu bir "empedans uyumu" işlevini görmesi için bu üç kemiği ancak böyle yerleştirebilirdi; fakat bu başka bir öykü. Burada önemli olan, bazı yarasalarda üzengiye ve çekiçe bağlı gelişkin kaslar bulunmasıdır. Bu kaslar büzüldüğünde, kemikler sesi iyi iletemez; bu tıpkı titreşmekte olan diyaframa parmağınızı dayayıp mikrofonun sesini kısmaya benziyor. İşte yarasa da kulaklarını geçici olarak devreden çıkarmak için bu kasları kullanır. Yarasa her çıkış atımından hemen önce bu kasları kasarak kulaklarını kapatır ve böylece yüksek atımın vereceği zararı önler. Bundan sonra kaslar gevşer ve kulak geri dönen yankıyı yakalamak üzere yüksek duyarlığını tekrar kazanır. Bu alıcı/verici açma-kapama sisteminin çalışması, zamanlamanın saniyenin kesirlerinde bile kesin bir doğrulukla ayarlanabilmesine bağlıdır. *Tadarida* adı verilen yarasa, açma-kapama kaslarını saniyede elli kere, makineli tüfek benzeri sesüstü atımlarıyla mükemmel bir uyum içerisinde, sırayla büzüp gevşetebilir. Bu müthiş zamanlama başarısı, Birinci Dünya Savaşı'nda bazı savaş uçaklarında kullanılan zekice bir hileye benziyor. Uçakların makineli tüfekleri pervanenin arkasındaydı ve zamanlama pervanenin dönüşüne göre ayarlanıyor, mermiler pervane kanatlarının arasından geçiyor, hiçbir zaman onlara değmiyordu.

Mühendisin aklına gelebilecek bir başka sorun da şu olacaktır: Eğer sonar cihazı, bir sesin çıkartılmasıyla yankının geri dönmesi arasındaki sessizlik süresini ölçerek (ki görünürde *Ro-*

usettus da aynı yöntemi kullanıyor) hedeflerin uzaklığını saptıyorsa, seslerin kısa ve kesik kesik olması gerekir. Çıkarılan ses uzun olsaydı ve yankı geri geldiğinde devam etseydi, alıcı/verici kaslar tarafından kısmen boğuklaştırılsa bile, yankının saptanmasını engellerdi. Öyle görünüyor ki, ideal durumda, yarasa atımlarının gerçekten de çok kısa olması gerekiyor. Fakat bir ses ne kadar kısaysa, sese saptanabilir bir yankı üretmeye yetecek enerjiyi yüklemek o kadar zor olur: Karşı çıkamayacağımız bir başka fizik yasası daha... Dahi mühendislerin aklına iki çözüm gelebilirdi; gerçekten de radarla uğraşan mühendisler aynı sorunla karşılaştıklarında bu çözümleri akıl ettiler. Bu iki çözümden hangisinin yeğleneceği, uzaklığın mı (nesnenin cihazdan ne kadar uzakta olduğu), yoksa hızın mı (nesnenin cihaza göre hangi hızla hareket ettiği) önemli olduğuna bağlıdır. Birinci çözüm, radar mühendislerince "hızlı frekans süpürmeli (çirp) radar" olarak biliniyor.

Radar sinyallerini bir dizi atım olarak düşünebiliriz, fakat her atımın bir taşıyıcı frekansı vardır. Taşıyıcı frekans, bir ses veya sesüstü atımın "perdesine" benzer. Daha önceden de gördüğümüz gibi, yarasa çığlıklarının atım tekrar hızı saniyenin onda biri ya da yüzde biri dolaylarındadır. Bu atımların her birinin taşıyıcı frekansı ise, saniyede on binleri, hatta yüz binleri bulan bir çevrim sayısına sahiptir. Başka bir deyişle, her atım tiz bir çığlıktır. Tıpkı bunun gibi, her radar atımı da yüksek taşıyıcı frekanslı bir telsiz dalgası çığlığıdır. Çirp radarın özelliğiyse, her çığlık sırasında taşıyıcı frekansın değişmesi, bir oktav inmesi ya da çıkmasıdır. Bunun sese ilişkin eşdeğerini düşünürsek, her radar yayınını bir çapkın ıslığına benzetebiliriz. Sabit perdeli bir atımla karşılaştırıldığında, çirp radarın şöyle bir üstünlüğü vardır: Yankı geri geldiğinde, başlangıçtaki atımın sürüp sürmediği önemli değildir, çünkü birbirlerine karışmazlar. Bunun nedeni, herhangi bir anda saptanan yankının, çığlığın daha önceki bir bölümünün yankısı olması ve bu yüzden de farklı bir perdeden olmasıdır.

Radar tasarımcıları (insanlar) bu dahice yöntemi çok iyi kullanmışlardır. Yarasaların da, tıpkı verici/alıcı sisteminde olduğu gibi, bunu da "keşfetmiş" olduklarına ilişkin bir kanıtımız var mı? Aslını ararsanız, birçok yarasa türü gerçekten de atım sırasında genellikle bir oktav kadar aşağı inen çığlıklar üretiyor. Çapkın ıslığına benzeyen bu çığlıklara, ayarlanmış frekanslı (FM) çığlık deniyor ve "çirp radar" yöntemini kullanabilmek için gereken şeyin ta kendisi gibi görünüyor. Ancak şu ana kadar elde edilen kanıtlar, yarasaların bu yöntemi asıl sesle ürettiği yankıyı ayırt etmek için değil, yankıyı başka yankılardan ayırt etmek gibi daha incelikli bir iş için kullandığını düşündürmektedir. Bir yarasa, yakın nesnelerden, uzak nesnelerden ve bunların arasındaki tüm diğer nesnelerden gelen bir yankılar dünyasında yaşar. Bütün bu yankıların bir düzene sokulması gerekmektedir. Gittikçe pesleşen çapkın ıslığı benzeri çığlıklar çıkaran bir yarasa bu işi kolaylıkla yapabilecektir. Uzak bir nesneden gelen yankı yarasaya eriştiğinde, yakın bir nesneden aynı anda gelen başka bir yankıya kıyasla daha "eski" ve dolayısıyla, daha tiz olacaktır. Çevresindeki nesnelerden gelen bir sürü yankının içinde kalan yarasanın uygulayacağı pratik kural budur: Tiz olan, uzakta demektir.

Mühendisin, özellikle de hareketli bir hedefin hızını ölçmeyi isteyen bir mühendisin aklına gelebilecek ikinci dahice fikir, fizikçilerin Doppler Etkisi olarak adlandırdıkları olguyu kullanmaktır. Buna "ambulans etkisi" de diyebiliriz, çünkü en iyi örneği, dinleyenin yanından hızla geçen bir ambulans sireninin perdesindeki ani düşüşle verilebilir. Bir ses kaynağı (bir ışık ya da başka bir tür dalga kaynağı da olabilir bu) ve bu sesin alıcısı göreli bir hareket içinde olduklarında, Doppler Etkisi görülür. Ses kaynağının hareketsiz, dinleyicinin de hareketli olduğunu düşünmek daha kolay olacak. Diyelim ki, bir fabrikanın damındaki siren tek bir notayı sürekli çalıyor. Ses, dışarıya bir dalgalar dizisi biçiminde yayınlanır. Bu dalgalar görülmez, çünkü hava basıncı dalgalarıdır. Görülebilselerdi, durgun bir göl-

cüğe atılan çakılların oluşturduğu, dışa doğru yayılan, eşmerkezli çemberlere benzeyeceklerdi. Gölcüğün ortasına hızla, birbiri peşi sıra bir dizi çakıl attığımızı düşünelim; öyle ki, merkezden dışa doğru sürekli dalgalar yayılsın. Gölcüğün içinde sabit bir noktaya ufak bir oyuncak kayık demirlersek, kayık dalgalar altından geçtikçe bir aşağı, bir yukarı inip çıkacaktır. Kayığın iniş çıkış sıklığı, bir sesin frekansına benzer. Şimdi, kayığın belirli bir yere demirli olmak yerine, dalga çemberlerinin başladığı gölcük merkezine doğru gittiğini düşünelim. Birbirini izleyen dalga cephelerine çarpan kayık, yine inip çıkacaktır. Fakat bu durumda dalga kaynağına doğru yol aldığı için, dalgalara vurma sıklığı artacak ve daha sık inip çıkacaktır. Diğer taraftan, dalga kaynağını aştıktan ve gölcüğün öte yakasına doğru hareket etmeye başladıktan sonra, inip çıkma sıklığının azalacağı açıktır.

Aynı nedenlerle, bir motosikletle (sessiz olması yeğlenir), çalmakta olan bir fabrika sireninin yanından hızla geçtiğimizi düşünelim. Fabrikaya yaklaşırken siren sesi tizleşecektir: Kulağımız dalgaları, hareketsiz durumumuza kıyasla, daha sık alacaktır. Aynı mantıkla, motosikletimiz fabrikayı geçip uzaklaşmaya başladığında, ses pesleşecektir. Durduğumuzdaysa, siren sesinin perdesini olduğu gibi, yani iki Doppler Etkili perde arasında bir yerde algılarız. Bundan şu çıkıyor: Siren sesinin perdesini tam olarak bilirsek, kuramsal olarak, kulağımıza gelen perdeyi dinleyerek ve bilinen "gerçek" perdeyle kıyaslayarak, sirene doğru hangi hızla hareket ettiğimizi veya sirenden hangi hızla uzaklaştığımızı hesaplayabiliriz.

Aynı ilke, dinleyenin hareketsiz ve ses kaynağının hareketli olduğu durumlarda da geçerlidir; bu nedenle ambulanslara uygulanabilir. Pek inandırıcı değil, ama Christian Doppler'in bir bando kiralayıp, üstü açık bir tren vagonunda şaşkın dinleyicilerin önünden hızla geçerken çalmalarını sağlayarak bu etkiyi sergilediği söylenir. Önemli olan, göreli harekettir ve Doppler Etkisi söz konusu olduğunda, ses kaynağının mı kulağın yanın-

dan geçtiği, yoksa kulağın mı ses kaynağının yanından geçtiği önemli değildir. Her biri saatte 125 kilometre hızla giden iki tren zıt yönlerde hareket ederek birbirlerinin yanından geçiyorlarsa, trenlerden birindeki bir yolcu, diğer trenin düdüğünün belirgin bir Doppler Etkisi ile birden tizleşip birden pesleştiğini duyacaktır; çünkü göreli hız saatte 250 kilometredir.

Doppler Etkisi motorlu araçların hızını saptayan polis radarlarında kullanılır. Hareketsiz bir alet yol boyunca radar dalgaları gönderir. Bu dalgalar yaklaşmakta olan otomobillerden geri yansır ve alıcı tarafından kaydedilir. Otomobil ne kadar hızlıysa, frekanstaki Doppler kayması o kadar fazla olacaktır. Aletin gönderdiği dalganın frekansıyla geri dönen yankının frekansını karşılaştıran polis -daha doğrusu polisin kullandığı otomatik alet-, geçen araçların hızını hesaplayabilir. Polisler bu yöntemi trafik canavarlarının hızını ölçmek için kullanabiliyorlarsa, yarasaların da avladıkları böceklerin hızını ölçmede kullandıklarını düşünemez miyiz?

Sorunun yanıtı, evet. Nalburunlu yarasalar olarak bilinen küçük yarasaların kesik kesik dil şaklamaları ya da pesleşen çapkın ıslıkları yerine uzun, sabit perdeli sesler çıkardıkları epeydir biliniyor. Uzun diyorsam, yarasa standartlarına göre uzun... Bu sesler yine de saniyenin onda birinden kısa sürüyor ve, birazdan göreceğimiz gibi, çoğu kez her sesin sonuna bir "çapkın ıslığı" ekleniyor. Önce, nalburunlu yarasanın hareketsiz bir nesneye, örneğin bir ağaca doğru hızla uçarken, sürekli bir sesüstü vızıltı çıkardığını düşünelim. Yarasa ağaca doğru gittiği için, dalga cepheleri ağaca gittikçe daha sık çarpacaktır. Ağaçta bir mikrofon saklı olsaydı, bu sesin yarasanın hareketinin doğurduğu Doppler kayması nedeniyle tizleştiğini "duyabilirdi". Ağaçta mikrofon yok, fakat ağaçtan geri gelen yankı aynen bu biçimde tizleşecektir. Yankının dalga cepheleri yaklaşan yarasaya doğru yol alırken, yarasa hâlâ yankıya doğru, hızla hareket ediyor olacaktır. Dolayısıyla, yarasa yankıyı daha da fazla bir Doppler kaymasıyla algılayacaktır. Yarasanın bu ha-

reketi bir çeşit çifte Doppler kaymasına neden olacak ve kaymanın büyüklüğü yarasanın ağaca göre olan hızını kesin bir biçimde verecektir. Böylece, kuramsal olarak, yarasa (daha doğrusu yarasanın beynindeki bilgisayar), çığlığının perdesiyle geri gelen yankının perdesini kıyaslayarak, ağaca doğru hangi hızla gittiğini hesaplayabilir. Bu, yarasaya, ağacın ne kadar uzakta olduğuna ilişkin bir bilgi vermeyecektir, ancak yine de yararlı olabilir.

Yankıları geri yansıtan sabit bir ağaç değil de, hareketli bir böcek olsaydı, Doppler sonuçları daha da karmaşık olurdu, ancak yarasa yine de kendisiyle hedefi arasındaki göreli hareketin hızını hesaplayabilirdi. Bunun tıpkı avlanmakta olan bir yarasa gibi, karmaşık bir güdümlü merminin tam gereksindiği türden bir bilgi olduğu çok açık. Aslında, bazı yarasalar sabit perdeden çığlıklar atıp, yansıyan sesin perdesini ölçmekten çok daha ilginç bir hileye başvuruyorlar. Çıkardıkları sesin perdesini öylesine incelikle ayarlıyorlar ki, Doppler kaymasına uğradıktan sonra yankının perdesi değişmiyor. Yarasa, hareketli bir böceğe doğru hızla uçarken çığlığının perdesini sürekli değiştiriyor ve geri gelen yankının perdesini sabit tutacak perdeyi bulmaya çalışıyor. Bu dahice hile, yankıyı yarasanın kulağının en duyarlı olduğu perdede tutuyor; yankılar çok zayıf olduğu için bunu başarmak çok önemli. Böylece, sabit-perdeli yankıyı oluşturabilmek için atmaları gereken çığlığın perdesini dikkatle dinleyerek yapacakları Doppler hesaplamalarında kullanacakları bilgiyi elde ediyorlar. İnsan yapımı aletler, radar ya da sonar, bu incelikli hileyi kullanıyor mu, bilmiyorum. Fakat, bu alandaki en akıllıca fikirlerin önce yarasalar tarafından geliştirilmiş olduğuna bakarak, yanıtın evet olacağına rahatlıkla bahse girerim.

Birbirlerinden farklı bu iki yöntemin, Doppler kayması yöntemi ve "çirp radar" yönteminin farklı özel amaçlar için kullanılması beklenebilecek bir şey. Bazı yarasa grupları bir yöntemde uzmanlaşmış, bazılarıysa diğerinde. Bazı gruplarsa, uzun ve sa-

bit frekanslı bir çığlığın sonuna (bazen de başına) bir FM "çapkın ıslığı" ekleyerek, her iki yöntemi de kullanmayı deniyorlar. Nalburunlu yarasaların bir başka şaşırtıcı hilesi de kulakkepçeleriyle ilgili. Diğer yarasaların tersine, nalburunlu yarasalar kulakkepçelerini hızla, bir öne bir arkaya hareket ettirirler. Dinleme yüzeyinin bu hızlı hareketi -ki, hedef açısından göreli bir harekettir- Doppler kaymasında işe yarayacak, ek bilgi sağlayacak bazı ayarlamalar getiriyor. Kulakkepçesi hedefe doğru hareket ettirildiğinde, hedefe doğru olan hareketin görünür hızı artıyor; geriye oynatıldığındaysa tersi oluyor. Yarasanın beyni her kulağın hareket yönünü biliyor ve ilke olarak, bu bilgiyi kullanmak üzere gerekli hesaplamaları yapabiliyor.

Tüm yarasaların karşı karşıya olduğu en zorlu sorun, herhalde, diğer yarasaların çığlıklarının istemeden de olsa yarattığı "parazittir". Yapılan deneyler, şiddetli yapay sesüstü gürültüler çıkararak yarasaları yollarından çıkarmanın son derece zor olduğunu gösterdi; bu şaşırtıcı bir sonuçtu. Aslında, geriye bakıp değerlendirildiğinde böyle olacağı kestirilebilmeliydi. Yarasalar "parazit engelleme" sorununun üstesinden çok uzun zaman önce gelmiş olmalılar. Birçok yarasa türü koca yığınlar halinde, sağır edici bir sesüstü ve yankılar keşmekeşinin hüküm sürdüğü mağaralarda yaşar; ama yine de bu kapkaranlık mağarada birbirlerine ve duvarlara çarpmadan hızla uçabilirler. Nasıl oluyor da, bir yarasa kendi yankılarını kaybetmiyor ve başka yarasaların yankılarının şaşırtmacasını engelleyebiliyor? Bir mühendisin aklına gelebilecek ilk çözüm, bir tür frekans şifresi kullanmak olacaktır: Tıpkı her radyo istasyonunda olduğu gibi, her yarasanın kendi özel frekansı vardır belki de. Bu, bir dereceye kadar doğru, ancak öykünün tamamı değil.

Yarasaların, başka yarasalardan kaynaklanan paraziti nasıl engelledikleri henüz tam olarak anlaşılmış değil, fakat yarasaların yollarını değiştirmek için yapılan deneylerden ilginç bir ipucu elde edilmiş. Yarasalara kendi çığlıkları yapay bir gecikmeyle geri gönderilmiş; başka bir deyişle, yarasalara çığlıklarının ya-

lancı yankıları verilmiş. Bu yolla bazı yarasaları kandırmanın mümkün olduğu görülmüş. Hatta, yalancı yankıyı geciktiren elektronik aleti dikkatle ayarlayarak, yarasaların "hayalet" bir çıkıntı üzerine konmaya çalışmasını sağlamak bile olanaklı. Bu, dünyaya bir merceğin ardından bakmanın yarasacası olsa gerek.

Öyle anlaşılıyor ki, yarasalar "yabancı süzgeci" diyebileceğimiz bir şey kullanıyor. Yarasanın kendi çığlıklarının birbiri peşi sıra gelen yankılarının her biri, önceki yankıların oluşturduğu en son dünya görünümüyle ilişkili olarak anlam kazanan bir dünya görünümü üretir. Yarasanın beyni başka bir yarasa çığlığının yankısını algılar ve oluşturduğu dünya görünümü içerisine sokmaya çalışırsa, bu yankı hiçbir anlam ifade etmeyecektir. Yarasanın kendi dünyasında algıladığı nesneler ansızın çeşitli yönlere zıplamış gibi görünecektir. Gerçek dünyadaki nesneler böylesine çılgınca hareket etmeyecekleri için, beyin bu yankıları zemin gürültüsü olarak süzüp atabilir. Deney sırasında, yarasaya kendi çığlıklarının yapay olarak geciktirilmiş ya da hızlandırılmış yankıları verildiğinde, bu yalancı yankılar yarasanın daha önce oluşturduğu dünya görünümü içinde anlamlı olacaktır. Yabancı süzgeci yalancı yankıları kabul edecektir, çünkü bu yankılar önceki yankıların bağlamında akla uygun olacak ve nesneleri yalnızca bir parça kaymış gösterecektir; gerçek dünyada da böyle olması beklenmektedir. Yarasanın beyni, herhangi bir yankı atımının çizdiği dünyanın, önceki atımlarca çizilenlerle ya aynı ya da yalnızca biraz farklı olduğu (örneğin, böcek bir parça hareket etmiştir) varsayımına göre çalışmaktadır.

Düşünür Thomas Nagel'in "Bir yarasa olmak neye benzer?" başlıklı tanınmış bir makalesi var. Bu makalenin konusu, kendimizden farklı bir şey olmanın neye "benzediği" üzerine felsefi bir soru. Yazarın yarasayı örnek olarak seçmesinin nedeni, yankı kullanan bu hayvanın deneyimlerinin bizimkilerden tümüyle farklı ve yabancı olması. Yarasanın deneyimlerini paylaşmak istediğinizde, bir mağaraya girip, bağırarak ya da iki kaşığı birbi-

rine çarparak, yankının geri dönmesi için geçen süreyi ölçmek ve buradan duvarın ne kadar uzakta olduğunu hesaplamaya çalışmak kesinlikle yanıltıcı olacaktır.

Bu tıpkı renkleri görmek için şöyle bir yöntem kullanmaya benziyor: Gözünüze giren ışığın dalga boyunu ölçün: Dalga boyu uzunsa, gördüğünüz kırmızıdır, kısaysa gördüğünüz mor ya da mavidir. Kırmızı adını verdiğimiz ışığın dalga boyunun, mavi adını verdiğimiz ışığın dalga boyundan daha uzun olduğu fiziksel bir gerçektir. Farklı dalga boyları, gözümüzün ağtabakasındaki kırmızıya duyarlı ve maviye duyarlı ışıkhücrelerini uyarır. Fakat bizim öznel renk duyumumuzun dalga boyu kavramıyla hiçbir ilgisi yoktur. Kırmızıyı ya da maviyi görmenin "neye benzediği" sorusunun yanıtı, hangi ışığın dalga boyunun daha uzun olduğunu açıklamaz. Eğer dalga boyunun uzunluğu önemliyse (ki, genellikle değildir), ezberlememiz ya da gidip bir kitaptan bakmamız (ben bunu yeğliyorum) gerekir. Tıpkı bunun gibi, bir yarasa bir böceğin konumunu yankı dediğimiz şeyleri kullanarak algılar. Fakat mavi ya da kırmızı bir şeyler gördüğümüzde dalga boyunu düşünmememiz gibi, yarasa da böcek gördüğü zaman yankının geri gelme süresini düşünmez.

Eğer olanaksızı denemek, bir yarasa olmanın nasıl bir şey olacağını gözümüzde canlandırmak zorunda kalsaydık, sanırım, yarasa için yankıyla yön bulmanın bizim görmemize benzediği sonucuna varırdık. Bizler öylesine görsel hayvanlarız ki, görmenin ne denli karmaşık bir şey olduğunun farkına bile varmayız. Nesneler "oradadır" ve biz de onları orada "gördüğümüzü" düşünürüz. Fakat sanırım, bizim bu algımız aslında, "oradan" gelen bilgi temelinde yapılandırılan ve bu bilgiyi kullanılabilecek bir biçime dönüştüren, beynimizdeki girift bir bilgisayardır. Gözümüze gelen ışığın dalga boyundaki farklılıklar, kafamızdaki bilgisayarda "renk" farklılıkları olarak şifrelenir. Biçim ve diğer özellikler de aynı yolla, kullanımı kolaylaştıracak bir biçimde şifrelenir. Bizim için görme duyumu, işitme duyumundan çok farklıdır; fakat bunun nedeni, doğrudan ışık ve ses arasın-

daki fiziksel farklılık değildir. Hem ışık hem de ses, bunlara ilişkin duyu organlarınca aynı türden sinir uyarılarına çevrilir. Bir sinir uyarısının fiziksel özelliklerine bakarak, taşınan bilginin ışığa mı, sese mi, yoksa kokuya mı ilişkin olduğunu söyleyemeyiz. Görme, duyma ve koku alma duyumlarının birbirlerinden çok farklı olmalarının nedeni, beynin görsel dünya, sesler dünyası ve kokular dünyası için farklı *içsel yapılar kullanmayı* uygun bulmasıdır. Görsel bilgilerimizi ve ses bilgilerimizi içsel olarak farklı yollardan ve farklı amaçlar doğrultusunda kullandığımız içindir ki, görme ve işitme duyumlarımız birbirlerinden farklıdır. Bu, ışık ve ses arasındaki fiziksel farklılıkların doğrudan bir sonucu değildir.

Bir yarasa *ses* bilgisini tıpkı bizim *görsel* bilgimizi kullandığımız gibi, üçboyutlu uzamda nesnelerin konumunu algılamak ve bu algısını sürekli olarak güncelleştirmek için kullanır. Bu yüzden de, yarasaya gereken, nesnelerin üçboyutlu uzamda değişen konumlarını içsel olarak temsil etmeye uygun bir içsel bilgisayardır. Burada vurgulamak istediğim, bir hayvanın öznel deneyimlerinin alacağı biçimin, içsel bilgisayar modelinin özelliği olacağıdır. Bu model, evrim sürecinde, dışarıdan gelen fiziksel uyaranlara bağlı olmaksızın, içsel olarak temsil etmeye uygunluğu nedeniyle tasarlanır. Yarasalar ve biz, nesnelerin üçboyutlu uzamdaki konumlarını temsil edebilmek için aynı türden içsel modellere *gerek duyarız.* Bizim içsel modellerimizi ışık yardımıyla kurmamızla yarasaların yankı yardımıyla kurması gerçeği birbiriyle ilişkili değildir. Her durumda, dışarıdan gelen bilgi beyne giderken aynı tür sinir uyarılarına çevrilmektedir.

Dolayısıyla, benim varsayımım, "dışarıdaki" dünyayı sinir uyarılarına çeviren fiziksel ortam çok farklı olsa da -sesüstü yerine ışık- yarasaların aynı bizim gördüğümüz gibi "gördükleridir". Hatta yarasalar, bizim renk dediğimiz duyumları kendi amaçları doğrultusunda, dalga boyu fiziğiyle hiçbir ilgisi olmayan, fakat renklerin bizim algımızda oynadığı role benzer bir role sahip dış dünya farklılıklarını temsil etmek için kullanıyor

olabilirler. Belki de, erkek yarasaların vücut yüzeyleri öylesine incelikli bir dokuyla kaplıdır ki, erkek yarasadan geri gelen yankılar dişi tarafından muhteşem renkler olarak algılanıyordur; tıpkı cennetkuşunun çiftleşmeye çağıran tüyleri gibi... Bunu bulanık bir metafor olarak ortaya atmıyorum. Dişi bir yarasanın bir erkek yarasa algıladığında yaşadığı öznel duyumun, diyelim ki, kırmızı olması mümkündür: Bir flamingo gördüğümde yaşadığım duyumun aynısı... Ya da, en azından şunu söyleyebiliriz: Yarasanın eşine ilişkin duyumuyla benim bir flamingoya ilişkin duyumum arasındaki farklılık, ancak, bir flamingonun bir başka flamingoya ilişkin duyumuyla benim bir flamingoya ilişkin duyumum arasındaki farklılık kadardır.

Donald Griffin, çalışma arkadaşı Robert Galambos'la birlikte hayretler içindeki zoologlara, yarasaların yankıyla yön bulmaları konusunda yaptıkları yeni keşfi 1940'daki bir konferansta açıkladıklarında neler olduğunun öyküsünü anlatıyor. Saygın bir bilim adamı öylesine hiddetli bir kuşkuya kapılmıştı ki,

> ...Galambos'u omuzlarından tutmuş sarsalıyor, bir taraftan da böylesine cüretkâr bir öneride bulunamayacağımızı söyleyip duruyordu. Radar ve sonar askeri teknolojinin en üst düzey gelişmelerindendi ve yarasaların elektronik mühendisliğinin bu en son zaferine, uzaktan da olsa benzeyen bir şeyler yapabileceği düşüncesi insanlara yalnızca akıldışı gelmekle kalmıyor, aynı zamanda duygusal bir nefret de uyandırıyordu.

Bu saygın kuşkucuyu anlamak kolay; inanmayı reddetmesi çok insanca... İnsan, neyse odur: Kendi duyularımızın *yapamadığı* bir şeyi yarasaların yaptığına inanmak bize zor geliyor. Biz bu işi yalnızca yapay aletler ve kâğıt üzerindeki matematiksel hesaplar düzeyinde anlayabildiğimiz için, ufacık bir hayvanın bütün bunları kafasında yapabildiğini düşünemiyoruz. Aslına bakarsanız, görmenin ilkelerini açıklamada gereken matematik-

sel hesaplar da aynı derecede karmaşık ve zordur; fakat kimse ufak hayvanların görebileceğine inanmakta zorlanmaz. Kuşkuculuğumuzdaki bu çifte standardın nedeni çok basit: Bizler görebiliriz fakat yankıyla yön bulamayız.

Başka bir dünyada toplanmış bir konferansta, bilgili ve tümüyle kör, yarasa benzeri yaratıklara, insan adı verilen hayvanın yeni keşfedilmiş ve halen çok gizli askeri gelişmelerden biri olan ve adına "ışık" denen, işitilemeyen ışınları, yollarını bulmak için kullanabildiklerinin söylendiğini hayal ediyorum da... Işık kullanmanın dışında alçakgönüllü olan insanlar hemen hemen tümüyle sağırlar (aslında şöyle böyle duyabiliyorlar ve hatta ağır ağır, uzata uzata, pes homurtular çıkarabiliyorlar, fakat bu sesleri yalnızca birbirleriyle iletişim kurmak gibi banal amaçlarla çıkarıyorlar; ses kullanarak nesneleri -en büyüklerini bile- saptayabilme yetenekleri yok). İnsanlarda "ışık" ışınlarını kullanmak üzere, son derece uzmanlaşmış, "göz" adı verilen organlar var. Işık ışınlarının ana kaynağı güneş; ve insanlar, şaşırtıcı ama, güneşten gelen ışık ışınları nesnelere çarpıp geri döndüğünde oluşan karmaşık yankıları kullanmasını beceriyorlar. Mercek adını verdikleri bir aletleri var; merceğin biçimi, dünyadaki nesnelerle "ağtabaka" denen bir hücre tabakası üzerindeki "görüntüler" arasında bire bir ilişki kurabilmek amacıyla bu sessiz ışınları eğmek üzere matematiksel olarak hesaplanmış görünüyor. Bu ağtabaka hücreleri, gizemli bir biçimde, ışığı "duyulabilir" kılıyor (diyebiliriz!) ve elde ettikleri bilgiyi beyne gönderiyor. Matematikçilerimiz, kuramsal olarak, bu çok karmaşık hesaplamalar doğru yapıldığında, ışık ışınları kullanarak dünyada dolaşmanın mümkün olduğunu söylüyorlar. Üstüne üstlük, bu yöntem alıştığımız sesüstü dalgalar kullanma yöntemi kadar verimli; hatta, bazı açılardan, *daha da* verimli! Zavallı bir insanın böylesine hesaplamalar yapabileceği kimin aklına gelirdi ki?...

Yarasaların yankıyla yön bulması, iyi tasarımı vurgulamak için seçebileceğim binlerce örnekten yalnızca biriydi. Hayvan-

lar, kuram ve uygulama açılarından dahi bir fizikçi ya da mühendis tarafından tasarlanmış izlenimi verir, fakat yarasaların kuramı bir fizikçinin anladığı biçimde anladığını kimse söyleyemez. Yarasa, polisin radarla yakalama *cihazına* benzer; bu cihazı tasarlayan insana değil. Radar hızölçerinin tasarımcısı Doppler Etkisi'ni anlamış ve anladıklarını kâğıt üzerinde matematiksel denklemlere dökmüştür. Tasarımcının anladıkları cihazın tasarımında cisimleşmiştir, fakat cihaz kendisinin nasıl çalıştığını anlamaz. Cihaz, iki radar frekansını otomatik olarak karşılaştıracak ve sonucu uygun birimlere (kilometre/saat) dönüştürecek biçimde bir araya getirilmiş elektronik bileşenler içerir. Gerekli hesaplamalar karışıktır, ancak yine de doğru biçimde bağlanmış çağdaş elektronik bileşenlerin yer aldığı küçük bir kutunun sınırları içindedir. Kuşkusuz, bileşenleri birleştirme işini (ya da en azından bağlantı şemasını) bilgili birileri yapmıştır; fakat kutunun anbean çalışmasında bilinçli bir beyin işe karışmaz.

Elektronik teknoloji deneyimlerimiz, bizi, bilinçsiz makinelerin girift matematiksel fikirleri anlarmış gibi davranabileceği düşüncesini kabul etmeye hazırlıyor. Bu düşünce canlı makinelerin çalışmasına doğrudan aktarılabilir. Bir yarasa, bir makinedir; içsel elektroniği öylesine ayarlanmıştır ki, kanat kasları tıpkı hedef uçağı vuran bilinçsiz bir güdümlü mermi gibi, hedef böcekleri bulabilir. Buraya kadar deneyimlerimizden edindiğimiz sezgi doğru. Ancak teknoloji deneyimlerimiz, bizi, girift bir makinenin oluşumunda bilinçli ve amaçlı bir tasarımcının aklını görmeye de hazırlıyor. İşte, canlı makineler söz konusu olduğunda yanlış çıkan bu ikinci sezgimiz. Canlı makineler söz konusu olduğunda, "tasarımcı" bilinçsiz doğal seçilimdir: Kör saatçi.

Umarım, okuyucum bu yarasa öykülerine benim kadar hayran kalmıştır (öğrenseydi, William Paley de aynı derecede hayran kalırdı). Bir açıdan benim amacım da Paley'inkiyle aynı. Okuyucunun, doğanın harika işlerini ve bu işleri açıklarken karşılaştığımız sorunları küçümsemesini istemiyorum. Yarasala-

rın yankıyla yön bulması Paley yaşarken bilinmemesine karşın, bu örnek verdiği tüm diğer örnekler kadar onun amaçlarına hizmet ederdi. Paley savını kuvetlendirmek için örneklerini çoğaltıp durdu. İnsan bedenini baştan aşağı inceleyerek, her parçanın, her ayrıntının güzel yapılmış bir saatin içine nasıl da benzediğini gösterdi. Birçok açıdan, ben de bunu yapmak isterdim; anlatılacak harika öyküler var ve ben öykü anlatmayı çok seviyorum. Fakat örnekleri çoğaltmaya hiç gerek yok; bir iki tanesi yeter. Yarasaların yol bulmasını açıklayan varsayım, canlı dünyadaki her şeyi açıklamak için iyi bir adaydır; ve Paley'in kendi örneklerinden birine getirdiği açıklama yanlışsa, örnekleri çoğaltmakla bu yanlışı doğru kılamayız. Paley'in varsayımı canlı saatlerin, gerçek anlamda, usta bir saatçi tarafından tasarlandığı ve yapıldığıydı. Bizim çağdaş varsayımımızsa bu işin evrimsel aşamalarla, doğal seçilim tarafından yapıldığıdır.

Bugünlerde, Tanrıbilimciler Paley kadar dobra değil. Karmaşık canlı mekanizmaların tıpkı bir saat gibi, bir yaratıcı tarafından tasarlandığının çok açık olduğunu söylemiyorlar. Fakat bu mekanizmalara işaret edip, böylesi bir karmaşıklığın ya da kusursuzluğun doğal seçilimle evrimleştiğine inanmanın çok zor olduğunu söylüyorlar. Ne zaman böyle bir şey okusam, içimden kitabın kenarına, "Kendin için konuş!" diye yazmak geliyor. Yakınlarda yayımlanan, Birmingham Piskoposu Hugh Montefiore tarafından yazılmış *The Probability of God* (Tanrı'nın Olasılığı) adlı bir kitapta bunun bol bol örneği var; bölümlerden birinde otuz beş tane saydım. Okumakta olduğunuz bölümün geri kalan kısmında vereceğim örneklerde bu kitabı kullanacağım, çünkü saygın ve bilgili bir yazar tarafından, doğal Tanrıbilimi güncelleştirmek amacıyla yapılmış, içten ve dürüst bir deneme olduğuna inanıyorum. Ben dürüst diyorsam, gerçekten dürüst olduğunu kastediyorumdur. Bazı Tanrıbilimci arkadaşlarının tersine, Piskopos Montefiore Tanrı'nın var olup olmadığı sorusunun belirli bir gerçeklik sorusu olduğunu söylemekten korkmuyor. Piskopos'un, "Hıristiyanlık bir yaşam

biçimidir. Tanrı'nın *varlığı* sorusu ortadan kalkmıştır: Bu soru gerçekçiliğin yanılsamalarının yarattığı bir seraptır." gibi kaypak, kaçamak yanıtlarla işi yok. Kitabının bazı bölümleri fizik ve kozmolojiyle ilgili ve ben bu konularda fikir yürütecek kadar uzman değilim; yalnızca Montefiore'nin danışman olarak gerçek fizikçileri kullanmış gibi göründüğünü söyleyebilirim. Keşke aynı şeyi biyolojiyle ilgili kısımlarda da yapmış olsaydı. Ne yazık ki, bu konuda Arthur Koestler, Fred Hoyle, Gordon Rattray-Taylor ve Karl Popper'in çalışmalarına başvurmuş! Piskopos evrime inanıyor, fakat evrimin izlediği yolu açıklamada doğal seçilimin yeterli olduğuna inanamıyor (kısmen, birçoklarının da yaptığı gibi, doğal seçilimi yanlış anlayıp, "rastlantısal", "gelişigüzel" ve "anlamsız" niteliklerini yakıştırdığı için).

Piskopos Montefiore, Kişisel Kuşkuculuk Yaklaşımı adını verebileceğimiz şeyi epey kullanıyor. Kitabındaki bölümlerden birinde, sırayla aşağıdaki ifadeleri buluyoruz:

> ...Darwinci zeminde hiçbir açıklaması yok gibi görünüyor... Bunu açıklamak daha da zor... Bunu anlayabilmek çok zor... Bunu anlayabilmek kolay değil... Bunu açıklamak da aynı derecede zor... Bunu anlayabilmek benim için hiç kolay değil... Bunu kavrayabilmek benim için hiç kolay değil... Bunu anlayabilmek benim için çok zor... bunu anlatabilmek mümkün görünmüyor... Bunun nasıl olabildiğini aklım almıyor... yeni Darwincilik hayvan davranışının giriftliklerinin çoğunu açıklamakta yetersiz görünüyor... Böyle bir davranışın nasıl olup da yalnızca doğal seçilim yoluyla evrilebildiğini anlayabilmek kolay değil... Bu imkânsız... Böylesine karmaşık bir organ nasıl evrilebilmiş?... Bunu kavrayabilmek kolay değil... Bunu kavrayabilmek zor...

Kişisel Kuşkuculuk Yaklaşımı, Darwin'in de işaret ettiği gibi, son derece zayıf bir yaklaşım. Bazı durumlarda, basit bir te-

mele dayanıyor: görmezden gelme. Örneğin, Piskopos'un anlamakta güçlük çektiği gerçeklerden biri, kutup ayılarının neden beyaz olduğu.

> Kamuflaja gelince, bu konunun yeni-Darwinci yaklaşımla anlaşılması her zaman kolay değil. Kutup ayıları kuzey kutbunda başat hayvan grubuysa, beyaz renkli bir kamuflaj biçimi geliştirmelerine de gerek yoktur.

Bu sözleri şöyle okumak gerekir:

> Ben, çalışma odamda oturmuş kafa patlatan, kuzey kutbuna hiç gitmemiş olan, hayvanat bahçesi dışında kutup ayısı görmemiş olan, klasik edebiyat ve Tanrıbilim konularında eğitim görmüş olan ben, şu ana kadar kutup ayılarının beyaz olmakla ellerine ne geçeceğini anlayabilmiş değilim.

Bu özel örnekte yapılan varsayım, yalnızca av durumundaki hayvanların kamuflaja gereksinim duyduğudur. Gözden kaçan şeyse, avcıların avlarından saklanmalarının yarar sağlayacağıdır. Kutup ayıları, buz üzerinde dinlenmekte olan foklara sezdirmeden yaklaşırlar. Eğer fok ayının geldiğini yeterli bir mesafeden görebilirse, kaçabilir. Sanırım, Piskopos koyu renkli bir boz ayının kar üzerindeki foklara yaklaşmaya çalıştığını gözünde canlandırabilirse, sorusunun yanıtını anında görecektir.

Kutup ayısı savını çürütmek çok kolay oldu, fakat asıl önemli olan bu değil. Şaşırtıcı bir biyolojik olguyu dünyanın en önde gelen uzmanları bile açıklayamıyorsa, bu, olgunun açıklanamaz olduğu anlamına gelmez. Sayısız sır, yüzyıllar boyunca çözülmeden kaldı; fakat günü geldiğinde açığa çıktılar. Sizce önemliyse, söyleyeyim: Çağdaş biyologların çoğu, hepsi kutup ayısı örneği kadar kolay olmasa da, Piskoposun otuz beş örneğinin her birini doğal seçilim kuramı çerçevesinde açıklayabilir. Ancak biz, insanların zekâsını denemiyoruz. *Açıklayamayacağımız*

tek bir örnek bile bulsak kendi yetersizliğimize bakıp, abartılı sonuçlara varmadan önce duraksamalıyız. Darwin de bu noktayı önemle vurgulamıştır.

Kişisel kuşkuculuk yaklaşımının daha ciddi çeşitlemeleri var; göz ardı etme veya zekâ eksikliği üzerine temellendiğini söyleyemeyeceğimiz çeşitlemeler... Bu yaklaşımın bir biçimi doğrudan doğruya, çok gelişmiş makinelerle karşılaştığımızda duyduğumuz o müthiş şaşkınlık duygusunu kullanıyor; yarasaların yankıyla yön bulma donanımlarının mükemmelliği karşısında duyulan şaşkınlık örneğin. Ortalığı karıştıran, böylesine harika bir şeyin doğal seçilimle evrilmiş olamayacağı düşüncesi. Piskopos, aynı düşünceleri paylaştığı G. Bennett'in örümcek ağları örneğini alıntılıyor:

> Çalışmalarını saatlerce seyreden birisinin, ne günümüz örümceklerinin, ne de bu türün atalarının ağın mimarları olduğunu düşünmesi; bu yeteneğin rastlantısal çeşitlilikle kerte kerte geliştiği düşüncesine kapılması olanaksızdır; böyle bir şey düşünmek, Parthenon'un o ince ve kesin orantılarının mermer parçacıklarının üst üste konmasıyla oluştuğunu düşünmek kadar saçma olur.

Hiç de olanaksız değil. Ben buna tüm yüreğimle inanıyorum; ve emin olun, örümcekler ve ağları hakkında bir şeyler biliyorum.

Bundan sonra, Piskopos insan gözüne geçiyor ve yanıtlanmasını beklemediği, etki uyandırmak amacıyla sorduğu bir soru yöneltiyor okuyucuya: "Böylesine karmaşık bir organ nasıl evrilebilmiştir?" Bu bir sav değil; yalnızca kuşkuculuğun doğrulanması. Sanırım, Darwin'in son derece mükemmel ve karmaşık organlar olarak tanımladığı organlar hakkında hepimizin duyma eğiliminde olduğumuz sezgisel kuşkuculuğun temelinde iki şey var. Birincisi, evrimsel değişimin gerçekleşme süresinin ne denli uzun olduğunu sezebilmekten uzağız. Doğal seçilim

konusunda kuşku duyanların çoğu, doğal seçilimin, endüstri devriminden sonra çeşitli gece kelebeği türlerinde ortaya çıkan koyu renk gibi ufak değişikliklere yol açabileceğini kabullenmeye hazırlar. Fakat bunu kabul ettikten sonra, ne kadar küçük bir değişiklik olduğuna işaret ediyorlar hemen. Piskoposun da altını çizdiği gibi, koyu renkli gece kelebeği *yeni bir tür değil.* Ben de bunun küçük bir değişiklik olduğunu, gözün ya da yankıyla yön saptamanın evrimiyle karşılaştırılamayacağını düşünüyorum. Fakat unutmayalım, gece kelebeklerinin bu değişikliği yapmaları yalnızca yüz yıl almıştır. Yüz yıl bize uzun bir zaman gibi görünüyor, çünkü bizim yaşam süremizden daha uzun. Öte yandan, bir yerbilimci için, yüz yıl her zaman ölçtüğü sürenin yaklaşık binde biridir!

Gözler fosilleşmiyor; dolayısıyla bizdeki göz türünün sıfırdan başlayıp bugünkü karmaşıklığına ve mükemmelliğine ne kadar sürede evrildiğini bilmiyoruz. Fakat bunun gerçekleşmesi için yüz milyonlarca yıl vardı. Kıyaslayabilmek amacıyla, insanoğlunun çok daha kısa bir sürede, köpeklerde seçmeli üretme yaparak elde ettiği değişimi düşünün. Birkaç yüz yıl ya da en fazla birkaç bin yıl içerisinde, kurttan başlayarak Pekin, Buldog, Chihuahua ve Saint Bernard köpeklerine geldik. Ama bunların hepsi hâlâ *köpek,* öyle değil mi? Farklı bir "çeşit" hayvan elde edebildik mi? Tamam, eğer sözcüklerle böyle oynamak içinizi rahatlatacaksa, hepsinin köpek olduğunu söyleyelim. Fakat siz yine de bu işin ne kadar bir sürede gerçekleştiğini düşünün. Bütün bu köpek döllerinin bir kurttan evrilmesi için geçen toplam süreyi tek bir sıradan yürüyüş adımı olarak düşünelim. Peki, bu ölçek üzerinde, daha önceden eşi görülmemiş bir biçimde dik yürüyebilmiş ilk insanların fosilleri olan Lucy ve benzerlerine geri gidebilmek için ne kadar yol yürümeniz gerekir? Yanıt: 3200 metreden fazla... Ya Dünya üzerinde evrimin başlangıcına gidebilmek için ne kadar yol yürümeniz gerekir? Yanıt: Ta Londra'dan Bağdat'a kadar... Kurttan Chihuahua'ya kadar olan yolda gerçekleşen toplam değişim miktarını düşünün ve bunu

Londra'yla Bağdat arasındaki adım sayısıyla çarpın. Çarpımın sonucu, gerçek doğal evrimde beklenebilecek değişim miktarı hakında bir fikir verecektir.

İnsanların gözü ve yarasaların kulağı gibi son derece karmaşık organların evrimi söz konusu olduğunda duyduğumuz doğal kuşkunun ikinci temeli, olasılık kuramının sezgisel olarak uygulanmasıdır. Piskopos Montefiore, gugukkuşları konusunda C. E. Raven'den alıntı yapıyor. Gugukkuşları yumurtalarını başka kuşların yuvalarına bırakıyor, bu başka kuşlar da istemeden sütanne oluveriyorlar. Benzeri birçok uyum biçimi gibi, gugukkuşununki de tekli değil, çoklu bir uyumdur. Gugukkuşlarına ilişkin birçok gerçek, bu hayvanların asalak yaşam biçimine uygundur. Örneğin, annenin yumurtalarını başka kuşların yuvasına bırakma gibi bir alışkanlığı vardır; yavru kuşların da ev sahibi kuşun yavrularını yuvadan dışarı atma gibi bir alışkanlığı vardır. Her iki alışkanlık da gugukkuşunun asalak yaşamında başarılı olmasına yardım eder. Raven devam ediyor:

> Bu koşullar dizisinin her biri bütünün başarısı için mutlak gereklidir. Ancak her koşul kendi başına işe yaramayacaktır. Mükemmelliğin parçalarının hepsi aynı anda sağlanmalıdır. Daha önce de belirttiğim gibi, böyle bir rastlantılar dizisinin gelişigüzel oluşmama olasılığı çok büyüktür.

Bu gibi yaklaşımlar, ilke olarak, arı, çıplak kuşkuculuk üzerine oturtulmuş yaklaşımlardan daha saygındır. Bir önerinin düşük olasılıklı oluşunu istatistiksel olarak ölçmek, önerinin inanılırlığını değerlendirirken tutulacak yoldur. Elinizdeki kitapta da bu yöntemi birçok kez kullanacağız. Fakat yöntemi doğru kullanmanız gerekir! Raven'in öne sürdüğü savda iki yanlış var. Birincisi, alışılmış ve itiraf etmeliyim ki oldukça rahatsız edici bir yanlış: Doğal seçilimin "gelişigüzellik" ile karıştırılması. Mutasyon gelişigüzeldir; doğal seçilim içinse tam tersini söyleyebiliriz. İkinci olarak, "her koşulun kendi başına işe

yaramayacağı" doğru değildir. Mükemmelliğin parçalarının hepsinin aynı anda sağlanması gerektiği doğru değildir. Her bir parçanın, bütünün başarısı için temel nitelikte olduğu doğru değildir. Basit, kaba, çarpık bir göz/kulak/yankıyla yön bulma sistemi/gugukkuşu asalaklık sistemi, vs. olması, hiç olmamasından daha iyidir. Gözünüz olmayınca tümden körsünüzdür. Yarım yamalak bir gözle temiz bir görüntü odaklayamasanız bile, en azından avcının hareketinin genel yönünü saptayabilirsiniz. Ve bu da bir ölüm kalım meselesi olabilir. Bundan sonraki iki bölümde bu konular daha ayrıntılı olarak ele alınacak.



Küçük Değişimlerin Birikmesi

Canlıların rastlantı eseri ortaya çıkamayacak kadar olasılık dışı ve güzel "tasarlanmış" olduğunu gördük. Öyleyse, nasıl var oldular? Yanıt -ki Darwin'in yanıtıdır buşöyle: Canlılar, basit başlangıçların, rastlantı eseri hayat kazanabilecek kadar basit ilksel varlıkların, kerte kerte, adım adım dönüşümüyle ortaya çıktı. Bu yavaş evrim sürecindeki her değişim, kendinden *bir öncekine kıyasla*, rastlantı eseri oluşabilecek kadar yalındı. Ancak, en son ürünün karmaşıklığını başlangıç noktasıyla kıyaslayarak düşünürseniz, bu birbirine eklenen adımlar dizisinin tümü bir rastlantı süreci olmaktan çıkar. Bu birikimli süreci yönlendiren etken hayatta kalabilme çabasıdır ve gelişigüzel değildir. Bu bölümün amacı da, *birikimli seçilimin* gelişigüzel olmayan, temel bir süreç olarak gücünü gösterebilmektir.

Çakıl taşlarıyla dolu bir kumsalda yürüdüğünüzde, çakılların gelişigüzel dağılmadığını fark edersiniz. Küçük çakıllar kumsal boyunca diğerlerinden ayrı bir kuşak oluşturmuştur; büyük çakıllar da ayrı kuşaklar halinde dizilmişlerdir. Çakıl taşları sıralanmış, düzenlenmiş ve seçilmiştir. Kıyıya yakın yaşayan bir kabile yeryüzündeki düzene ilişkin bu kanıtlara bakıp meraklanabilir ve bunu açıklayacak bir söylence uydurabilir; belki de, tertipli bir zihne ve düzen duygusuna sahip gökyüzündeki Büyük Ruh'tur taşları böyle sıralayan... Bu batıl inanç karşısında alaycı bir gülümsemeyle, çakılları sıralayanın amaçsız fiziksel kuvvetler, yani dalgaların etkisi olduğu yanıtını verebiliriz. Dalgaların amacı, tertipli bir zihni yoktur; aslında zihinleri yoktur. Dalgalar yalnızca çakılları bir oraya, bir buraya sürükler. Bu işleme büyük ve küçük çakıllar ayrı ayrı tepkiler verir ve kumsalın farklı bölgelerinde toplanırlar. Düzensizlikten bir miktar düzen ortaya çıkmış ve bu hiçbir zihin tarafından tasarlanmamıştır.

Dalgalar ve çakıl taşları gelişigüzel olmamayı kendi kendine yaratan bir sistemin basit bir örneğidir. Dünya böylesi sistemlerle doludur. Düşünebildiğim en basit örneklerden biri bir delik. Bir cismin delikten geçebilmesi için ondan daha küçük olması gerekir. Bunun anlamı şu: Deliğin üstüne gelişigüzel topladığınız nesneleri yerleştirir ve gelişigüzel sallar, karıştırırsanız, bir süre sonra nesneler deliğin altında ve üstünde gelişigüzel olmayan bir biçimde sıralanacaktır. Deliğin altında delikten küçük, üstünde de delikten büyük nesneler toplanacaktır. İnsanoğlu gelişigüzel olmayanı yaratan bu basit ilkeyi uzun zamandır yararlı bir alette kullanıyor ve adına da elek diyor.

Güneş sistemimiz, Güneş'in yörüngesinde dolaşan gezegenleri, kuyrukluyıldızları ve başka cisimleri içeren kararlı bir sistemdir ve evrendeki sayısız benzer sistemden yalnızca bir tanesidir. Bir uydu güneşine ne kadar yakınsa, onun çekimini yenmek ve yörüngesinde kalabilmek için o kadar hızlı dönmek zorundadır. Öte yandan, uydunun belirli bir yörüngede kalabil-

mesi ve hareket edebilmesi için, tek bir hız vardır. Herhangi başka bir hızda ya uzayın derinliklerine doğru savrulacak ya güneşe çarpacak ya da başka bir yörüngeye girecektir. Şimdi, bizim Güneş sistemimize bakalım. O da nesi? Gezegenlerin her biri tam da kendini Güneş'in etrafında kararlı bir yörüngede tutacak hızla dönüp durmuyor mu? Yüce Tanrı'nın bir mucizesi, bir basiretli tasarımı daha? Yo, hayır; yalnızca bir başka doğal elek. Şurası çok açık ki, Güneş'in etrafında gördüğümüz tüm gezegenlerin tam tamına kendilerini kararlı bir yörüngede tutacak hızla dönüyor olmaları gerekiyor; yoksa onları orada göremezdik, çünkü orada olmazlardı! Yine çok açık ki, bu bir bilinçli tasarım kanıtı değil. Yalnızca başka bir çeşit elek daha.

Bu basitlik düzeyindeki bir eleme işlemi, canlılar dünyasında gördüğümüz muazzam ölçekteki gelişigüzel olmayan düzeni açıklamada tek başına yeterli değil; hiç değil. Şifreli kilit benzetmesini hatırlayın. Basit elemeyle ortaya çıkacak gelişigüzel olmama türü, kabaca, tek haneli şifresi olan bir kilidi açmaya benzer; böyle bir kilidin şans eseri açılması kolaydır. Öte yandan, canlı sistemlerde gördüğümüz gelişigüzel olmama özelliği, şifresinde neredeyse sayılamayacak kadar çok hanesi olan bir kilit gibidir. Kandaki kırmızı pigment olan hemoglobini ya da benzeri bir molekülü basit bir elemeyle yaratmak ise, hemoglobinin yapıtaşı aminoasitlerin hepsini gelişigüzel sallayarak molekülün şans eseri oluşuvereceğini ummaya benzer. Bu ustalıklı iş için düşünemeyeceğiniz kadar şanslı olmanız gerekiyor. İşte, Isaac Asimov ve başkalarının kafa karıştırmak için kullandıkları bu inanılmaz şanstır.

Hemoglobin molekülü, birbirine sarılmış dört aminoasit zincirinden oluşur. Şimdilik bu dört zincirden yalnızca birini ele alalım. Bu tek zincirde 146 aminoasit vardır. Canlılarda, genelde, 20 farklı çeşit aminoasit vardır. 146 baklalı bir zincirde 20 farklı çeşidi düzenlemenin olası yollarının sayısı inanılmaz yüksektir; Asimov buna "hemoglobin sayısı" diyor. Hemoglobin sayısını kolayca hesaplayabiliriz fakat gözümüzde canlandırabil-

memiz olanaksız. Zincirin ilk baklası elimizdeki 20 aminoasitten herhangi biri olabilir. İkinci bakla da öyle. İki baklanın düzenlenebileceği olası yolların sayısı 20 x 20, yani 400; olası üç bakla düzenlemesinin sayısı ise 20 x 20 x 20, yani 8000 olur. 146 baklalı zincirin olası düzenlemelerinin sayısıysa 20'yi 146 kez kendisiyle çarparak bulunur. Bu sizi afallatacak kadar büyük bir sayıdır. Bir milyon sayısında 1'den sonra 6 tane sıfır, bir milyardaysa 9 sıfır vardır. Aradığımız "hemoglobin sayısı"ndaysa, 1 rakamının ardında 190 sıfır (yaklaşık) vardır! Bu, şans eseri hemoglobin molekülü elde etmeme olasılığını gösteriyor. Ve hemoglobin molekülü, bir canlının bedenindeki karmaşıklığın yalnızca küçücük bir parçası. Basit eleme işlemi, kendi başına, bir canlıdaki düzeni yaratabilmekten çok uzak. Eleme, canlıların düzeninin yaratılmasında temel bileşenlerden biri, ancak öykünün tümü bu değil. Başka bir şeylere gerek var. Bunu açıklayabilmek için, "tek-basamaklı" seçilim ile "birikimli" seçilim arasında ayrım yapmam gerekiyor. Bu bölümde, şimdiye dek incelediğimiz basit eleklerin hepsi tek-basamaklı seçilim örnekleridir. Oysa, canlılığın örgütlenmesi birikimli seçilimin ürünüdür.

Tek-basamaklı seçilimle birikimli seçilim arasındaki temel fark şöyle: Tek-basamaklı seçilimde, seçilen ya da düzenlenen varlıklar, çakıl taşları ya da her neyse, yalnızca tek bir kez düzenlenirler. Öte yandan, birikimli seçilimde, varlıklar "ürerler" ya da, bir biçimde, bir eleme işleminin sonucu bir sonraki eleme işlemine girer ve ikinci elemenin sonucu... böylece sürüp gider. Varlıklar birbirini izleyen birçok "nesil" boyunca düzenlenerek seçilir. Seçilen bir neslin son ürünleri, seçilecek bir sonraki neslin başlangıç noktasıdır ve bu birçok nesil boyunca devam eder. Burada "üremek" ve "nesil" gibi sözcükleri ödünç almam normal çünkü canlılar, birikimli seçilime katkıda bulunduğunu bildiğimiz varlıkların başlıca örnekleridir. Belki de, bunu yapan tek varlıklardır; fakat şimdilik bunu tartışmak istemiyorum.

Bazen, rüzgârın gelişigüzel dokuması ve yontması sonucu, bulutları tanıdık nesnelere benzettiğimiz olur. Pek çok yerde

yayımlanmış bir fotoğraf var; küçük bir uçağın pilotu tarafından çekilmiş ve gökyüzünden bakan İsa'nın yüzüne benziyor. Hepimiz bulutları bir şeylere benzetmişizdir: bir denizatına ya da gülümseyen bir yüze... Bu benzerlikler tek-basamaklı seçilimle ortaya çıkıyor, yani tek bir rastlantıyla. Bu yüzden de, pek etkileyici değiller. Burçları oluşturan takımyıldızların adlarını aldıkları hayvanlarla -Akrep, Aslan, vs- olan benzerlikleri de en az astrologların kehanetleri kadar etkileyici olmaktan uzak. Asıl büyüleyici olan biyolojik uyum yolları; yani birikimli seçilimin ürünleri. Bir yaprak böceğinin yaprağa, peygamberdevesinin pembe bir çiçek kümesine benzemesini esrarengiz, olağandışı ya da göz alıcı diyerek betimleriz. Bir bulutun bir gelinciğe benzemesiyse pek az ilgimizi çeker, çoğu kez yanımızdaki arkadaşımıza söyleme gereğini duymayız. Hatta, bulutun en çok neye benzediği konusunda fikrimizi değiştirebiliriz kolaylıkla.

Hamlet: Şu bulutu görüyor musun, şurada? Bir deveye benziyor değil mi?
Polonius: Doğru vallahi, tıpkı bir deve.
Hamlet: Bence bir gelinciğe benziyor.
Polonius: Evet bir gelincik gibi.
Hamlet: Balina mı yoksa?
Polonius: Tamam, tam bir balina.

Daktilonun tuşlarına gelişigüzel basan bir maymunun yeterince süre verildiğinde Shakespeare'in tüm eserlerini yazabileceğini ilk kim ortaya attı, bilemiyorum. Buradaki can alıcı noktanın "yeterli süre verilmesi" olduğuna kuşku yok. Diyelim ki, maymunumuzun önündeki işi biraz kısıtladık. Shakespeare'in tüm eserleri değil de, yalnızca "Bence bir gelinciğe benziyor" yazsın ve hatta, maymunumuza kısıtlı bir klavye verelim: Klavyede yalnızca 29 büyük harf ve boşluk tuşu olsun. Maymunumuzun bu kısa tümceyi yazması ne kadar sürecektir?

Bu tümcede 28 karakter var; öyleyse, maymunun klavyede birbirinden bağımsız 28 vuruş yaptığını varsayalım. Tümceyi yanlışsız yazmayı başardığında deney sona ersin. Yazamadığında bir "deneme" daha yapsın. Hiç maymun tanıdığım yok ama şansıma 11 aylık kızım gelişigüzel işler yapmada epey deneyimli ve büyük bir istekle daktilocu maymun rolüne soyundu. İşte bilgisayarda yazdıkları:

UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM
S SS F MCV PU I DDRGLKDXRRDO
RDTE QDWFDVIOY UDSKZWDCCVYT
H CHVY NMGNBAYTDFCCVD D
RCDFYYYRM N DFSKD LD K WDWK
JJKAUIZMZI UXDKIDISFUMDKUDXI

Ne yazık ki, kızımın çok önemli işleri vardı ve ben de bilgisayarı gelişigüzel yazı yazan bir bebek ya da maymunu taklit edecek biçimde programlamak zorunda kaldım:

WDLDMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P
Y YVMQKZPGJXWVHGLAWFVCHQYOPY
MWR SWTNUXMLCDLEUBXTQHNZVJQF
FU OVAODVYKDGXDEKYVMOGGS VT
HZQZDSFZIHIVPHZPETPWVOVPMZGF
GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

Ve bu böylece sürdü, gitti. Gelişigüzel programın (ya da bebeğin veya maymunun) BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR yazması için ne kadar beklememiz gerektiğini hesaplamak zor değil. Maymunun veya bebeğin ya da gelişigüzel programın *yazabileceği* doğru uzunluktaki *olası* tümcelerin toplam sayısını düşünelim. Bu, hemoglobin için yaptığımız hesaplamanın bir benzeridir ve elde edeceğimiz sonuç da yine çok büyük bir sayıdır. İlk yer için 30 olası karakter vardır (boşluğu da bir

karakter olarak alıyoruz). Dolayısıyla, maymunun ilk karakteri -B- doğru tutturma şansı 30'da 1'dir. İlk iki karakter içinse, ilk karakterin B olması *koşuluyla* ikinci karakteri de -E- doğru tutturma olasılığına bakarız: 1/30 x 1/30, yani 1/900. Öyleyse, maymunun ilk sözcüğü -BENCE- doğru yazma olasılığı 1/30 x 1/30 x 1/30 x 1/30 x 1/30, yani 1/30 üzeri 5'tir. Bu, 1/30 sayısının kendisiyle 5 kere çarpılması demektir. 28 karakterli bu tümceyi doğru yazabilme olasılığıysa, 1/30 üzeri 28'dir; yani 1/30 sayısı kendisiyle 28 kere çarpılır. Bunlar çok küçük olasılıklar, yaklaşık 10 milyar kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyonda 1. Shakespeare'in tüm eserleri bir yana, aradığımız tümceye bile ulaşmamız çok uzun bir zaman alacak.

Gelişigüzel çeşitlemelerle yapılan tek-basamaklı seçilimden yeterince söz ettik. Peki, birikimli seçilim bu durumda ne kadar etkili olacaktır? Çok çok daha etkili, ilk bakışta düşünebileceğimizden çok daha etkili olacaktır. Biraz daha düşünürsek bunu açıkça görebiliriz. Yine bilgisayar maymununu kullanalım, ama bu kez programda önemli bir değişiklik yapalım. Programımız deminki gibi 28 karakterden oluşan gelişigüzel bir harf dizisiyle başlasın:

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

Şimdi bu gelişigüzel tümce "yavrulasın"; bilgisayar tümceyi durmadan tekrarlasın, ama kopyalarken gelişigüzel hata -mutasyon- yapma olasılığı olsun. Sonra da mutasyon geçirmiş, anlamsız tümceleri yani asıl tümcenin "yavrularını" incelesin ve hedef tümce "BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR"a en benzeyenini (bu benzeyiş *ne denli az olursa olsun*) seçsin. Benim örnekte bir sonraki neslin kazanan tümcesi şu oldu:

WDLTMNLT DJTBSVIRĞREZLMQCO P

Pek bir ilerleme olmamış gibi görünüyor! Ama işlemi tekrarlayalım; kazanan tümce "yavrulasın" ve yeni bir "kazanan" se-

çilsin. Bu birbirini izleyen nesillerde tekrar edilsin. 10 nesil sonra, "yavrulaması" için seçilen tümce şuydu:

BLLN RİL ZOLAACĞPE ŞOKZYÜLR T

20 nesil sonra da şu:

BELLN RİGB OLİNPEĞE MTUBAOLR

Bu noktada artık gözümüz benzerliği az çok seçebiliyor. 30 nesil sonundaysa, benzerlik konusunda hiç şüphemiz kalmıyor:

BENLE BİR GOLANCAĞE BONZÜYLR

40 nesil sonra, hedefin yalnızca tek bir harf uzağındayız:

BENCE BİR GELANCİĞE BENZİYOR

43. nesilde hedef bulunuyor. Bilgisayarda ikinci bir deneme daha yaptım. Başlangıç tümcesi şöyleydi:

Y YVMQKZPFJXWVHGLAWFVCHQXYOPY

Değişiklikler ve seçimler yapıldı. Bilgisayar her on nesilde bir tümceleri veriyordu:

B YNMEKİRFTEĞSHLİBEFV HZYSPY
BENCE BORGENTUĞAB AAZYYOKART
BENCE BİR GELİÜĞ BAZYYORAYRO
BENCE BİR GELİNĞCİY BENZYİOA
BENCE BİR GELİNĞİCE BENZİYRA
BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR

Hedef tümce 64. nesilde elde edildi. Üçüncü bir denemedeyse, bilgisayar

GEWRGZRPBCTPGQMCKHPDBGW ZCCF

tümcesiyle işe başladı ve 41 nesil süren bir seçimli "yavrulama" sonunda

BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR

tümcesine ulaştı.

Bilgisayarın hedefe ulaşması için geçen süre önemli değil. İlla bilmek istiyorsanız, söyleyeyim: Birinci deneme ben öğle yemeğindeyken tamamlanmıştı; yarım saat kadar sürmüştü. (Bilgisayar meraklıları bunun çok yavaş olduğunu düşünebilir. Nedeni, programın BASIC dilinde yazılmış olması. Aynı programı Pascal ile yazdığımda yalnızca 11 saniye sürdü). Bu tür işlerde bilgisayarlar maymunlardan daha hızlı ama bu farklılık hiç önemli değil. Önemli olan, aynı hızda çalışan bilgisayarda, hedefe ulaşmada *birikimli* seçilim yöntemi kullanıldığında geçen süreyle *tek-basamaklı seçilim* yöntemi kullanıldığında geçen süre arasındaki fark: milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon yıl. Bu, evrenin varoluşundan bu yana geçen sürenin milyon kere milyon kere milyon katı. Doğrusunu söylemek gerekirse, maymunun ya da gelişigüzel programlanmış bilgisayarın hedef tümceyi yazması için geçecek süreyle kıyaslanırsa, evrenin bugünkü yaşı ihmal edilebilecek kadar küçük; bu tür kaba bir hesapta yapılabilecek hata sınırları içinde kalacak kadar küçük. Öte yandan, yine gelişigüzel çalışan ama aynı işi yapmak için *birikimli seçilim* kullanan bir bilgisayarın işi tamamlaması için geçecek süre, biz insanların anlayabileceği bir süre; 11 saniyeyle öğle yemeği süresi arasında...

Görüldüğü gibi, birikimli seçilim (her ilerlemenin, ne denli küçük olursa olsun, sonraki yapılandırmalar için temel olarak kullanıldığı seçilim türü) ile tek-basamaklı seçilim (her yeni "denemenin" diğerlerinden bağımsız olduğu seçilim türü) ara-

sında büyük fark var. Evrimsel ilerleme tek-basamaklı seçilimle yürüyor olsaydı, hiçbir yere ulaşamazdı. Halbuki, doğanın amaçsız kuvvetleri, bir biçimde, *birikimli* seçilimin işe başlaması için zorunlu koşulları oluşturduğunda, sonuçlar tuhaf ve muhteşem olacaktır. Bu gezegende işte bu ikincisi gerçekleşmiştir; ve bizler de bu sonuçların en tuhaf ve en muhteşemi değilsek de, en son ortaya çıkanıyız.

Benim hemoglobin hesabım benzeri hesaplamaların hâlâ sanki Darwin'in kuramını *çürütüyormuş* gibi kullanılması şaşırtıcıdır. Bunu yapanlar -ki çoğu kendi alanında uzmandır-, Darwinciliğin canlılığın düzenini açıklarken yalnızca rastlantı, yani tek-basamaklı seçilim' olgusunu kullandığına içtenlikle inanıyorlar. Darwinci evrimin "gelişigüzel" olduğu inancı yanlış olmanın da ötesinde, aslında gerçeğin tam tersi. Darwinci açıklamalarda, rastlantı küçük bir bileşendir; en önemli bileşense, özünde gelişigüzel *olmayan* birikimli seçilimdir.

Bulutlar birikimli seçilimden geçmez. Belirli biçimlerdeki bulutların kendilerine benzeyen yavrular meydana getirmesi için hiçbir mekanizma yoktur. Böyle bir mekanizma olsaydı, eğer gelinciğe ya da deveye benzeyen bir bulut kabaca aynı biçimde bir dizi bulut çıkarabilseydi ortaya, birikimli seçilimin başlaması için bir fırsat doğmuş olurdu. Aslında, bulutlar bazen parçalanıp "yavru" bulutlar oluşturur, fakat bu birikimli seçilim için yeterli değildir. Aynı zamanda, bir bulutun "döl"ünün, "ebeveyn"ine, "popülasyon" içerisindeki herhangi bir eski "ebeveyn"den daha fazla benzemesi de gerekir. Öyle görünüyor ki, bu can alıcı nokta son yıllarda doğal seçilim kuramına ilgi gösteren düşünürlerden bazıları tarafından yanlış anlaşılıyor. Bunun da ötesinde, bir bulutun varlığını sürdürme ve benzerlerini yavrulama şansı bu bulutun biçimine de bağlı olmalıdır. Kimbilir, ırak gökadalardan birinde bu koşullar oluşmuştur belki; ve kimbilir, eğer yeterince milyon yıl geçmişse, sonuç uçucu, hafif bir yaşam biçimi olmuştur. Bu iyi bir bilimkurgu öyküsü olurdu; adına da Beyaz Bulut derdik. Ancak, bu konuda may-

mun/Shakespeare modeli gibi bir bilgisayar modeli daha rahatlıkla anlaşılacaktır.

Maymun/Shakespeare modeli tek-basamaklı seçilimle birikimli seçilim arasındaki farkı açıklamada yararlı olsa da, bazı önemli konularda yanıltıcı. Bunlardan biri şöyle: Her seçilimli "üremede", değişime uğramış "yavru" tümceler *uzak bir ideal* hedefe, "BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR" tümcesine olan benzerliklerine göre değerlendiriliyorlar, fakat yaşam böyle değildir. Evrimin uzun dönemli bir amacı yoktur. İnsanın kendini beğenmişliği, bizim türümüzün evrimin nihai amacı olduğu yolunda gülünç bir kavramı alkışlarla karşılasa da, evrim sürecinde uzak bir hedef, seçmede ölçüt olacak nihai bir kusursuzluk yoktur. Gerçek hayatta, seçilim ölçütleri hep kısa dönemlidir: ya en basitinden hayatta kalma ya da daha genelde üreme başarısı. Eğer, geçen uzun süre sonunda, -geriye bakıp değerlendirildiğinde- uzak bir amaca doğru bir ilerleme olmuş gibi görünüyorsa, bu her zaman birçok kısa dönemli seçilim neslinin rastlantısal bir sonucudur. Saatçimiz, birikimli doğal seçilim, geleceği görmez ve uzun dönemli amaçları yoktur.

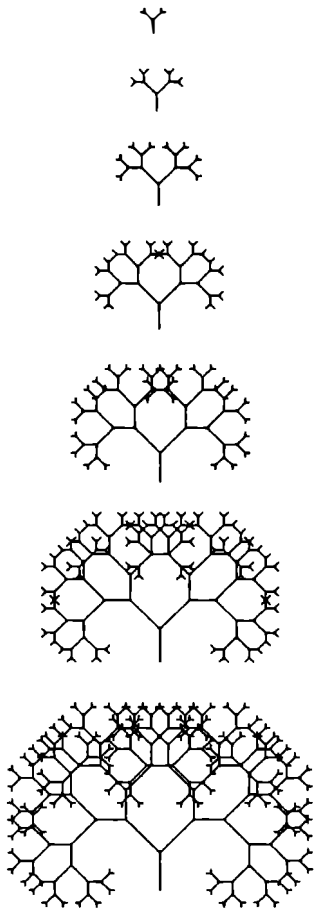
Bilgisayar modelimizi bu noktayı da dikkate almak üzere değiştirebilir, başka açılardan da daha gerçekçi bir hale getirebiliriz. Harfler ve sözcükler insanlara özgüdür, öyleyse, bilgisayara resimler çizdirelim. Belki de, bilgisayarda hayvan benzeri şekillerin evrildiğini görürüz. Bu kez, önyargılı olmamak için, başlangıçta belirli hayvan resimleri vermeyeceğiz. Şekillerin yalnızca gelişigüzel mutasyonların birikimli seçilimiyle ortaya çıkmasını istiyoruz.

Gerçek hayatta, her bir hayvanın biçimi dölütün gelişimi ile ortaya çıkar. Birbirini izleyen nesillerde, dölüt gelişiminde ufak farklılıklar olduğu için, evrim gerçekleşir. Bu farklılıkların nedeniyse, gelişimi denetleyen genlerdeki değişiklikler, yani mutasyonlardır (evrim sürecinin sözünü ettiğim küçük gelişigüzel öğesi mutasyondur). Bu yüzden, bilgisayar modelimizde, dölüt gelişimine eşdeğer bir şey olmalı. Ayrıca, mutasyon

geçirebilen genlere eşdeğer bir şey de düşünmeliyiz. Bir bilgisayar modelinde bu koşulları karşılayabilmemiz için birçok yol var. Ben bunlardan birini seçtim ve bir bilgisayar programı yazdım. Şimdi bu bilgisayar modelini anlatacağım çünkü oldukça açıklayıcı olduğunu düşünüyorum. Eğer bilgisayarlar hakkında bir şey bilmiyorsanız, yalnızca söylediklerinizi yapan, fakat sık sık sonuçlarıyla sizi şaşırtan makineler olduklarını hatırlayınız. Bir bilgisayara verdiğimiz talimatlar dizisine ise, program diyoruz.

Dölüt gelişimi, küçük bir bilgisayarda gerçekçi biçimde taklit edilemeyecek kadar karmaşık bir süreç; basitleştirilmiş bir benzetme kullanmalıyız. Bilgisayarın kolayca yerine getirebileceği ve sonra da "gen"lerin etkisiyle değiştirilebilecek basit bir resim çizim kuralı bulmalıyız. Nasıl bir çizim kuralı seçmeliyiz? Bilgisayarla ilgili ders kitaplarında, sık sık, basit bir *büyüyen-ağaç* işlemi içeren "tekrarlı" programlamanın işe yararlığı anlatılıyor. Bilgisayar işe tek bir dik çizgi çizerek başlıyor. Sonra, çizgi iki ayrı dala ayrılıyor. Sonra da, bu dalların her biri iki altdala ayrılıyor. Daha sonra, her dal alt-alt-dallara ayrılıyor ve bu böylece devam ediyor. Bu programa "tekrarlı" deniyor çünkü ağacın büyümesinde aynı basit kural geçerli. Ağaç ne kadar büyürse büyüsün, dalların uçlarında aynı dallanma kuralı uygulanıyor.

Tekrar "derinliği" ise, işlem durdurulmadan önce büyüyen alt-alt-... dalların sayısı anlamına geliyor. 2. Şekil'de, bilgisayara aynı kuralla fakat farklı derinliklerde çizim yapması söylendiğinde ne olduğunu görüyorsunuz. Tekrar düzeyi yüksek tutulduğunda, desen oldukça karmaşıklaşıyor, ancak 2. Şekil'e bakıldığında, dallanmada aynı basit kuralın karmaşıklığın her düzeyinde işlediği görülüyor. Gerçek bir ağaç da tıpkı bunun gibi dallanıyor. Bir meşe ya da elma ağacındaki dallanma deseni size karmaşık gelebilir ama aslında hiç de karmaşık değildir. Temel dallanma kuralı çok basittir: Dallar alt-dal yapar; sonra her alt-dal, alt-alt-dallar yapar; ve bu sürer gider. Bu kural dal-



2. Şekil

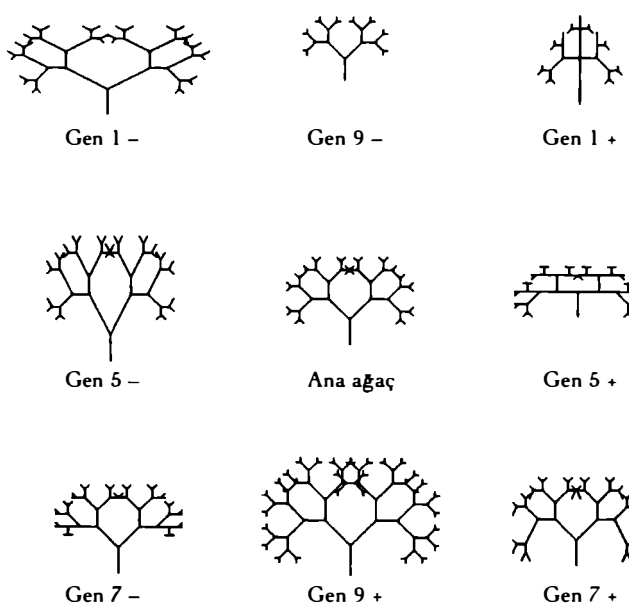
ların büyüyen uçlarında tekrarlanır ve kocaman bir ağacımız olur.

Tekrarlı dallanma, genelde, bitki ve hayvan dölütlerinin gelişimi için de iyi bir metafor. Hayvan dölütlerinin dallanan ağaçlara benzediklerini kastetmiyorum. Benzemezler. Ama tüm dölütler hücre bölünmesiyle büyür. Hücreler hep iki yavru hücreye ayrılır. Ve genlerin organizma üzerinde kendini göstermesi, her zaman hücreler üzerindeki ve hücre bölünmesinin ikili dallanma biçimi üzerindeki *yerel* etkilerle gerçekleşir. Bir hayva-

nın genleri asla muhteşem bir tasarım, tüm bedenin bir planı değildir. Göreceğimiz gibi, genler bir plandan çok, bir reçeteye benzer; ve bunun da ötesinde, bu reçeteye yalnızca gelişmekte olan dölüt bir bütün olarak *uymaz* her bir hücre ya da bölünmekte olan her bir yerel hücre kümesi de uyar. Dölütün ve daha sonra da yetişkinin büyük ölçekli bir biçime sahip olduğunu yadsımıyorum. Fakat bu büyük ölçekli biçimin ortaya çıkmasının nedeni, gelişen organizma üzerindeki çok sayıdaki küçük, yerel hücresel etkilerdir ve bu yerel etkiler esas olarak ikili hücre bölünmesi biçimindeki ikili dallanmalardan oluşur. İşte genler bu yerel olayları etkileyerek yetişkin bedeni etkilemiş olur.

Bu yüzden de, ağaç çizmenin basit dallanma kuralı, dölüt gelişimi için umut verici bir benzetme olarak görünüyor. Böylece, bu kuralı ufak bir bilgisayar programı haline getiriyoruz, adını GELİŞİM koyuyoruz ve EVRİM adlı daha büyük bir programın içine yerleştirmeye hazırlanıyoruz. Bu daha büyük programı yazmak için de, ilk adım olarak, dikkatimizi genler üzerinde topluyoruz. Bilgisayar modelimizde genleri nasıl temsil edeceğiz? Genler gerçek hayatta iki şey yapar: Gelişimi etkiler ve gelecek nesillere aktarılırlar. Gerçek hayvanlar ve bitkilerde on binlerce gen vardır, fakat biz alçakgönüllü olalım ve bilgisayar modelimizi dokuz genle kısıtlayalım. Dokuz genin her biri bilgisayarda bir sayıyla gösterilecek ve bu sayıya o genin *değeri* diyeceğiz. Örneğin, belirli bir genin değeri *4* ya da *–7* olabilir.

Peki, bu genlerin gelişimi etkilemesini nasıl sağlayacağız? Yapılabilecek çok şey var. Temeldeki düşünce, genlerin GELİŞİM çizim kuralı üzerinde ufak bir niceliksel etki göstermeleri. Örneğin, genlerden biri dallanma açısını etkileyebilir, bir başkası da belirli bir dalın uzunluğunu değiştirir. Bir genin yapabileceği bir başka şey de tekrarın derinliğini, birbirini izleyen dallanmaların sayısını etkilemektir. Gen 9'un bunu yapmasını sağladım. Dolayısıyla, 2. Şekil'e Gen 9 haricinde birbirinin eşi yedi organizmanın resmi olarak bakabilirsiniz. Diğer sekiz genin ne yaptığına



3. Şekil

ilişkin ayrıntılara girmeyeceğim. 3. Şekil'i inceleyerek bu genlerin ne *çeşit* işler yaptıkları konusunda genel bir fikir edinebilirsiniz. Şeklin ortasında ana ağacı görüyorsunuz, 2. Şekil'dekilerden birini. Bu ana ağacın etrafında, sekiz ağaç daha var. Bu sekiz ağaç, her birinde farklı, tek bir genin değiştirilmiş -mutasyon geçirmiş- olması dışında ana ağaçla aynı. Örneğin, ana ağacın sağındaki ağaç, Gen 5'in değerine 1 eklenmesiyle mutasyon geçirdiğinde ne olduğunu gösteriyor. Eğer yerim olsaydı, ana ağacın etrafında mutasyona uğramış (mutant) 18 ağaçtan oluşan bir halka basmak isterdim. Mutasyona uğramış 18 ağaç istememin nedeni şu: Dokuz gen var ve her biri yukarı (değerine 1 eklenerek) ya da aşağı (değerinden 1 çıkarılarak) değiştirilebilir. 18 ağaçlık bir halkada ana ağaçtan türetilebilecek tüm *olası* tek-basamaklı mutasyona uğramış ağaçları görebilirdiniz.

Bu ağaçların her birinin kendine özgü bir "genetik formülü", yani dokuz geninin her birinin bir sayısal değeri var. Bu formülleri yazmadım çünkü size pek bir şey ifade etmeyeceklerdi.

Bu gerçek genler için de doğrudur. Genler, yalnızca, protein sentezi aracılığıyla gelişmekte olan bir dölütün büyüme kuralları biçimine çevrildiklerinde anlamlı olmaya başlarlar. Bilgisayar modelinde de, dokuz genin sayısal değeri ancak dallanan ağaç deseninin büyüme kurallarına çevrildiğinde size bir anlam ifade edecektir. Fakat, belli bir gen açısından *farklı olduğu* bilinen iki organizmayı kıyaslayarak bu genin ne yaptığına ilişkin bir fikir edinebilirsiniz. Örneğin, 3. Şekil'in ortasındaki ana ağaçla iki yanındakileri kıyaslayın; Gen 5'in ne yaptığını anlayacaksınız.

Geçek hayattaki genetikçiler de işte bunu yapıyorlar. Genetikçiler, normalde, genlerin dölüt üzerinde nasıl etkidiğini bilmezler. Bir hayvanın genetik formülünün tamamını da bilmezler. Fakat, tek bir gen açısından farklı olduğunu bildikleri iki yetişkin hayvanın bedenlerini kıyaslayarak, o tek genin etkilerinin ne olduğunu görebilirler. Aslında, bu iş anlattığımdan daha karışık çünkü genlerin birbirleriyle etkileşimlerinin etkileri basit toplamadan daha karmaşıktır. Bilgisayar ağaçlarımız için de aynı şey tıpatıp geçerli; bunu ilerde göreceğiz.

Her bir ağaç şeklinin sağ/sol ekseninde bakışımlı olduğunu fark etmişsinizdir. Bu, benim GELİŞİM işlemine getirdiğim bir kısıtlama. Bunu kısmen estetik nedenlerle kısmen de gereken gen sayısını kısıtlı tutmak için yaptım (eğer genler ağacın her iki yanında ayna görüntüsü ortaya koymasalardı, sağ ve sol yarılar için ayrı genler gerekecekti); bir de, hayvanın vücudu biçimlerin evrileceğini umut ediyordum ve çoğu hayvanın vücudu oldukça bakışımlıdır. Aynı nedenle, bu noktadan sonra, bu yaratıklara ağaç demeyi bırakıyorum; onları "vücut" veya "biyomorf" olarak adlandıracağım. Biyomorf, Desmond Morris'in gerçeküstü tablolarındaki hayvanı andıran şekillere verdiği isim. Bu tabloların benim için özel bir önemi vardır; bunlardan birini ilk kitabımın kapağında kullanmıştım. Desmond Morris biyomorflarının kafasında evrildiğini ve bu evrimin birbirini izleyen tablolarda gözlenebileceğini söylüyor.

Bilgisayar biyomorflarına ve 3. Şekil'de sekizi gösterilen 18 olası mutanta geri dönelim. Bu mutantların her biri ana biyomorftan yalnızca bir mutasyon basamağı uzakta olduğundan, bunları ana ebeveynin *çocukları* olarak görebiliriz. Bu da bizim ÜREME benzetmemiz ve tıpkı GELİŞİM'de yaptığımız gibi, üremeyi küçük bir program haline getirerek büyük EVRİM programının içine yerleştirmeye hazırlanıyoruz. ÜREME programındaki iki noktaya dikkatinizi çekmek istiyorum. Birincisi, bu programda cinsiyet yok, üreme eşeysiz oluyor. Bu yüzden, ben, biyomorfların dişi olduklarını düşünüyorum, çünkü yaprakbiti benzeri eşeysiz hayvanların biçimleri temelde hemen hemen her zaman dişildir. İkincisi, programımı bir seferde tek mutasyon olacak şekilde kısıtladım. Bir çocuk, dokuz genden yalnızca birinde ebeveyninden farklıdır. Dahası, tüm mutasyonlar ebeveyn geninin değerine +1 veya -1 eklenerek gerçekleştiriliyor. Bunların hepsi keyfi kabullenmeler; farklı seçilebilirlerdi ve biyolojik gerçekliklerinden bir şey yitirmezlerdi.

Modelimizin biyolojinin temel ilkelerinden birini içeren bir başka özelliği daha var, fakat keyfi kabullenebilme özgürlüğü bu özellik için geçerli değil. Çocukların şekli doğrudan ebeveynin şeklinden türetilmiyor. Her çocuğun şekli, kendi dokuz geninin değerleriyle belirleniyor (etkileyen açılar, uzaklıklar, vs). Ve her çocuk dokuz genini ebeveyninin dokuz geninden alıyor. Gerçek hayatta da olan bu. Nesiller boyunca vücutlar değil, genler aktarılır. Genler içinde bulundukları vücudun dölütsel gelişimini etkiler. Bu genler bir sonraki nesle ya aktarılır ya da aktarılmaz. Genlerin yapısı vücudun gelişiminde oynadıkları rolden etkilenmez fakat yaratılmasına yardımcı oldukları vücudun başarısı, aktarılma olasılıklarını etkileyebilir. İşte bu nedenle, bilgisayar modelinde GELİŞİM ve ÜREME adını verdiğimiz işlemlerin birbiriyle ilişkisiz, ayrı bölümler halinde yazılmaları önemlidir; bir tek şey dışında: ÜREME, gen değerlerini GELİŞİM programına aktarır ve burada genler büyüme

kurallarını etkiler. GELİŞİM gen değerlerini ÜREME'ye kesinlikle aktarmaz -bu "Lamarckçılık" olurdu (bakınız XI. Bölüm).

Sonuç olarak, ÜREME ve GELİŞİM adlı iki program parçamızı yazdık. ÜREME, genleri, mutasyon olasılığını da içererek, nesiller boyunca aktarır. GELİŞİM, her nesilde, ÜREME'nin sağladığı genleri alır ve bu genleri çizme eylemine, yani bilgisayar ekranında göreceğimiz bir vücut resmine çevirir. Şimdi sıra bu iki program parçasını EVRİM adlı büyük programımızda bir araya getirmeye geldi. EVRİM temelde ÜREME'nin durmadan tekrarlanmasını içerir. Her nesilde, ÜREME, bir önceki nesilden gelen genleri alır ve gelişigüzel, ufak hatalarla -mutasyonlarla- bir sonraki nesle geçirir. Bir mutasyon gelişigüzel seçilmiş bir genin değerine +1 ya da -1 eklenmesidir. Bunun anlamı şu: Her seferinde tek tek adımlarla gerçekleşen değişikliklerin nesiller geçtikçe birikmesi sonucu, başlangıçtaki ata ile olan fark çok büyük bir hale gelebilir. Mutasyonun gelişigüzel olmasına karşın, değişikliklerin nesiller boyunca birikmesi gelişigüzel değildir. Herhangi bir nesildeki bireyler, ebeveynlerinden gelişigüzel yönlerde farklıdır. Fakat bu neslin hangi bireylerinin bir sonraki nesli sürdüreceği konusundaki seçilim gelişigüzel değildir. İşte bu noktada Darwinci seçilim işin içine giriyor. Seçilim ölçütü genlerin kendisi değil, genlerin GELİŞİM yoluyla etkiledikleri vücutlardır.

Her nesildeki genler, ÜRETİLMİŞLİĞE ek olarak, kendi belirli kurallarına kesinlikle uyarak, ekranda doğru vücudu büyüten GELİŞİME verilir. Her nesilde, bir dizi "yavru" (bir sonraki neslin bireyleri) gösterilir. Bu yavruların hepsi aynı ebeveynin mutant çocuklarıdır ve her biri ebeveynlerinden tek bir gende farklıdır. Buradaki yüksek mutasyon oranı, bilgisayar programımızın kesinlikle biyolojik olmayan bir özelliği. Gerçek hayatta, bir genin mutasyon geçirme olasılığı, milyonda birden daha azdır. Modelimde yüksek bir mutasyon oranı yaratmamın bir nedeni var: Bilgisayar ekranındaki performans insan gözü-

nün iyiliğini gözetiyor ve insanların, bir mutasyon olması için bir milyon yıl beklemeye sabrı yok!

İnsan gözünün öykümüzde etkin bir yeri var. Göz burada seçme aracı. Her nesli araştırıyor ve bir tanesini çoğalması için seçiyor. Bu seçilen birey, bir sonraki neslin ebeveyni oluyor ve aynı anda ekranda bu bireyin mutant yavruları gösteriliyor. İnsan gözü burada şecereli köpeklerin ya da ödüllü güllerin çoğaltılmasında yaptığı işin tıpatıp aynısını yapıyor. Başka bir deyişle, modelimiz, kesinlikle bir doğal seçilim değil, yapay seçilim modeli. Buradaki "başarı" ölçütü, doğal seçilimde olduğu gibi, doğrudan hayatta kalmayı belirleyen bir ölçüt değil. Gerçek doğal seçilimde, eğer bir organizma hayatta kalmak için gereken şeylere sahipse, genleri de kendiliğinden hayatta kalır çünkü organizmanın içindedirler. Dolayısıyla, hayatta kalalabilen genler, doğal olarak, organizmalarına hayatta kalmalarına yardımcı olan özellikler veren genler olmaya eğilimlidir. Halbuki, bilgisayar modellerinde, seçilim ölçütü hayatta kalabilme değil, insan isteğine uygun olmaktır. Aslında bunun edilgen bir istek olması gerekmiyor; "salkımsöğüte benzeme" gibi bir niteliği temel alarak yapabiliriz seçimimizi. Bununla birlikte, deneyimlerim, insan seçicinin sık sık kaprisli ve fırsatçı olduğunu gösteriyor. Ama bu, belirli bazı doğal seçilim çeşitlerine benzemiyor da değil.

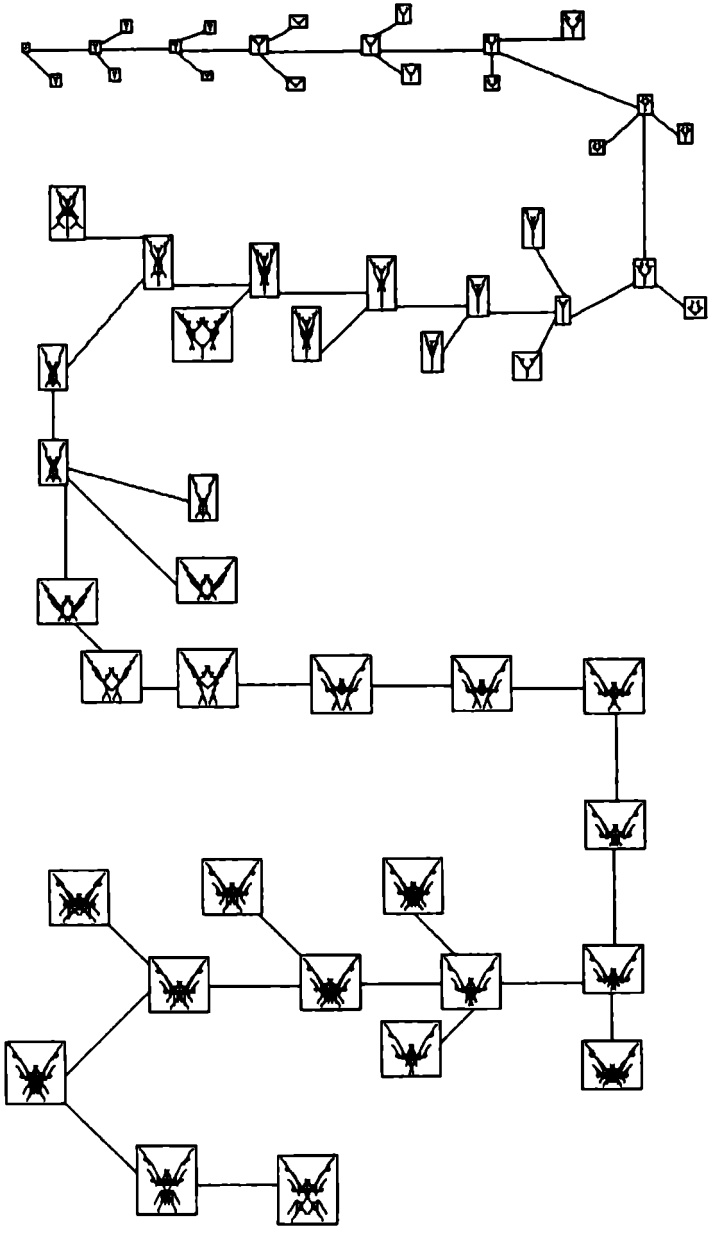
Bir nesildeki hangi bireyin çoğalmak üzere seçileceğini bilgisayara insan söylüyor. Seçilen bireyin genleri ÜREME'ye aktarılıyor ve yeni bir nesil başlıyor. Tıpkı gerçek hayattaki evrim gibi, bu işlem de sonsuza dek sürüp gidiyor. Her biyomorf nesli bir önceki atasından ve bir sonraki çocuklarından yalnızca bir mutasyon adımı uzakta. Fakat 100 EVRİM neslinden sonra, biyomorflar başlangıçtaki atalarından 100 mutasyon adımı uzakta olabilirler ve inanın 100 mutasyon adımıyla çok şey değişebilir.

Yeni yazdığım bu EVRİM programıyla ilk oynamaya başladığımda, *ne kadar* değişim olabileceğini hayal bile edememiştim. Beni şaşıratan asıl şey, biyomorfların kısa sürede ağaça benzemekten çıkmasıydı. Temel ikili dallanma yapısı hep ora-

daydı, fakat çizgiler birbirini keserek renkli bölgeler oluşturdukça (kitapta yalnızca siyah ve beyaz göreceksiniz), bu yapı kolaylıkla örtülüyordu. 4. Şekil'de yalnızca 29 nesilden oluşan bir evrimsel geçmişi görüyorsunuz. Başlangıçtaki ata minik bir yaratık, yalnızca bir nokta. Buna karşın, tıpkı ilksel balçık içerisindeki bir bakteri gibi, bu atanın bedeninde, 3. Şekil'deki ana ağacın deseninde dallanabilme potansiyeli var; tek fark, Gen 9'un bu ataya sıfır kere dallanmasını söylemesi. Sayfada görülen tüm yaratıklar bu noktadan gelmişlerdir, aslında sayfanın karman çorman olmasını önlemek için, gördüğüm yaratıkların hepsi basılmadı. Yalnızca, her neslin başarılı çocuğu (yani bir sonraki neslin ebeveyni) ve başarısız kardeşlerinden bir ya da ikisi basıldı. Dolayısıyla, bu resim, benim estetik seçimimin sonucu olan tek bir evrim hattını gösteriyor. Bu ana evrim hattınınsa, tüm aşamaları gösterilmiştir.

4. Şekil'deki ana evrim hattındaki ilk birkaç nesle kısaca bakalım. 2. nesilde, nokta, Y halini alıyor. Bundan sonraki iki nesilde, Y daha büyüyor. Sonra, dallar hafifçe kıvrılıyor, tıpkı iyi yapılmış bir sapan gibi. 7. nesilde, kıvrım daha da belirgin hale geliyor, öyle ki, iki dal neredeyse birleşiyor. 8. nesilde, eğimli dallar büyüyor ve her birinde iki küçük çıkıntı beliriyor. 9. nesilde, bu çıkıntılar kayboluyor ve sapanın sapı uzuyor. 10. nesil bir çiçekten alınma bir kesite benziyor; kıvrık yan dallar, merkez çıkıntıyı -"dişicik"i- çevreleyen taçyapraklarını andırıyor. 11. nesilde, bu "çiçek" biçimi daha da büyüyor ve biraz daha karmaşıklaşıyor.

Daha fazla yorum yapmayacağım, resmin kendisi, 29 nesil boyunca, her şeyi anlatmaya yetecek kadar açık. Her neslin ebeveyninden ve kardeşlerinden sadece biraz farklı olduğuna dikkat edin. Her biri ebeveyninden biraz farklı olduğu için, iki nesil önceki ebeveyninden -anneanne- ve torunlarından *daha da* farklı olması beklenebilir. İşte, programımızdaki yüksek mutasyon hızı nedeniyle gerçekçi olmayan hızlarda da olsa, *birikimli* seçilimin anlamı bu. Yüksek hız yüzünden , 4. Şekil birey-

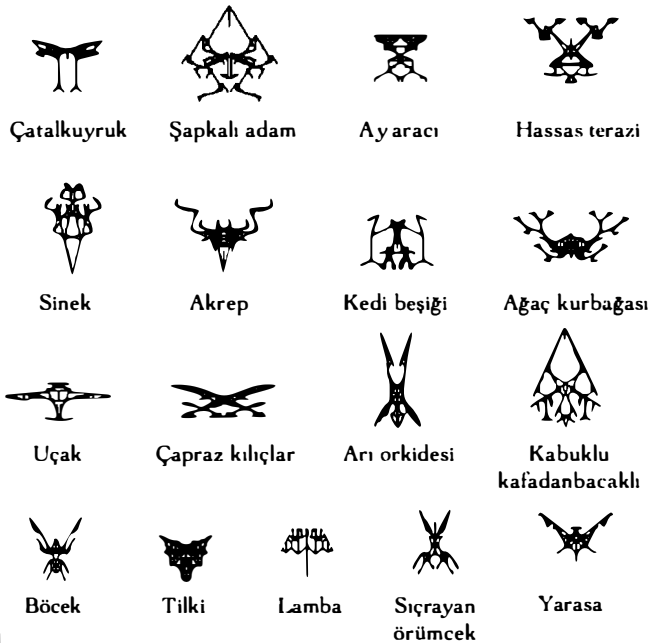


4. Şekil

lerin soyağacı yerine bir *türün* soyağacına benziyor fakat temeldeki ilke aynı.

Programı yazarken, çeşitli ağaç şekillerinden başka bir şey evrileceği aklıma bile gelmemişti. Salkımsöğütler, sedir ağaçları, kavaklar, yosunlar ve hatta geyik boynuzları elde etmeyi ummuştum. Ne biyolog sezgim, ne 20 yıllık bilgisayar programlama deneyimim, ne de en çılgın düşlerim beni ekranda belirenlere hazırlamıştı. Ortaya çıkan şeyin bir böceğe benzetilebileceğini ilk kez serinin neresinde fark ettiğimi tam olarak hatırlayamıyorum. Çılgınca bir kuşkuya kapılarak, her nesilde böceğe en fazla benzeyen çocuğu seçerek yaratıkları üretmeye başladım. Benzerlik arttıkça gözlerime inanamaz oldum. Sonuçları 4. Şekil'in altında görüyorsunuz. Evet, aslında, bir böcek gibi altı ayaklı olacak yerde, örümcekler gibi sekiz ayakları var, ama olsun! O enfes yaratıklar gözümün önünde belirdikçe duyduğum övüncü saklayamıyorum; kafamın içinde bir yerlerde *Böyle Buyurdu Zerdüşt*'ün (2001 Uzay Yolu Macerası'nın müziği) zafer dolu açılış notaları çalmaktaydı. Yemek falan yiyemedim ve o gece uyuyabilmek için yatağın içinde dönüp durdukça, göz kapaklarımın altında "benim" böceklerim uçuştu, durdu.

Piyasada, oyuncunun kendini bir yeraltı labirentinde dolaşıyormuş gibi hissettiği bilgisayar oyunları var; bu oyunlarda oyuncu karmaşık bir coğrafya içinde ejderhalarla, mitolojik yaratıklarla ve az da olsa canavarlarla karşılaşıyor. Tüm bunlar ve labirentin coğrafyası bir insan, bir programcı tarafından tasarlanıyor. Evrim oyununda, ister gerçek ister bilgisayar oyunu olsun, oyuncu (ya da gözlemci), dallanan geçitleriyle bir labirent içinde dolaşıyormuş duygusunu yaşıyor; olası geçitlerin sayısı sonsuz ve karşımıza çıkan canavarlar tasarlanmamış ve kestirilemez. Biyomorf Ülkesi'nde dolanırken karidesler, Aztek tapınakları, Gotik kilise pencereleri, orijinal kangru çizimleri ve bir keresinde de Wykeham Mantık Profesörü'nün hiç de fena olmayan bir karikatürüyle karşılaştım (bu karikatürü bir daha elde edemedim). 5. Şekil'de hazine odamdan bir başka derleme



5. Şekil

görüyorsunuz; hepsi de aynı yöntemle elde edilmiş. Bir kez daha vurgulamak istiyorum; bunlar bir sanatçının çizimleri değil. Hiçbirine, hiçbir biçimde, dokunulmadı, rötuş yapılmadı; bilgisayarın içinde nasıl evrildilerse öylece çizildi -bilgisayar tarafından çizildiler. İnsan gözünün rolü, birçok birikimli evrim nesli boyunca gelişigüzel mutasyona uğrayan çocukların *seçilmesi işlemiyle* kısıtlıydı.

Artık, elimizde maymunların daktiloda Shakespeare'in yapıtlarını yazmasından daha gerçekçi bir evrim modeli var. Fakat bu biyomorf modeli yine de eksik. Bizlere birikimli seçilimin hemen hemen sonsuz çeşitlilikte yarı-biyolojik formlar yaratma gücünü gösteriyor; fakat doğal seçilim değil, yapay seçilim kullanıyor. Seçme işlemini insan gözü yapıyor. İnsan gözünü aradan çıkarıp, seçmeyi bilgisayarın biyolojik açıdan gerçekçi bir ölçütü temel alarak yapmasını sağlayabilir miyiz? Bu, göründüğünden daha zor ama yine de niye zor olduğunu anlatıp zaman harcamaya değer.

Tüm hayvanların genlerini okuyabildiğiniz sürece, belirli bir genetik formülü seçmek çok kolay. Ancak doğal seçilim doğrudan genleri seçmez; genlerin organizma üzerindeki *etkilerini* -bunun teknik adı fenotipik etkilerdir- seçer. Sayısız köpek, büyükbaş hayvan ve serçe çeşitlerinin (bunlara izninizle 5. Şekil'i de eklemek istiyorum) gösterdiği gibi, insan gözü fenotipik etkileri seçmekte oldukça iyidir. Bilgisayarın fenotipik etkileri doğrudan seçmesini sağlamak için, çok karmaşık bir desen tanıyıcı program yazmamız gerekir. Desen tanıyan programlar var aslında. Basılmış herhangi bir şeyi ve hatta elyazısını okuyabiliyorlar. Ancak bunlar en son teknolojiyle hazırlanmış, çok büyük ve hızlı bir bilgisayar sistemi gerektiren zor programlar. Bir desen tanıma programı benim programlama yeteneğimin ve 64 kilobitlik küçük bilgisayarımın yetenekleri dışında; böyle olmasaydı bile, bu işle uğraşmazdım. İnsan gözü ve kafatasımızın içindeki 10 giganöronluk bilgisayar -ki, bu amacımıza daha uygun- bunu daha iyi yapıyor.

Bilgisayarın daha belirsiz genel özellikleri seçmesini sağlamak pek zor olmazdı; örneğin, uzunluk-zayıflık, kısalık-şişmanlık, belki yuvarlaklık, dikenlilik, hatta rokoko süslemelerine sahip olmak gibi. Bunu sağlamanın bir yolu, bilgisayarın insanın geçmişte beğendiği *nitelikleri* hatırlamasını ve aynı çeşit genel nitelikleri gelecekte de sürekli seçmesini sağlamak olurdu. Fakat bu bizi *doğal* seçilim taklidine yakınlaştırmıyor. Önemli olan şu: Dişi tavusların erkek tavus seçmesi gibi özel durumlar dışında, doğanın hesap yapma gereksinimi yoktur. Doğa acımasız bir orakçı kullanır: dolaysız, acımasız ve basit bir seçim. Kuşkusuz, hayatta kalabilme *nedenleri* hiç de basit değildir -işte bu yüzdendir ki, doğal seçilim böylesine görkemli karmaşıklıkta hayvanlar ve bitkiler yapılandırabiliyor. Fakat ölümün kendisinde de basit ve kaba bir yan var. Doğada, fenotipleri ve dolayısıyla fenotiplerin içerdikleri genleri seçmek için kullanılan tek şey ölümdür, seçimi gelişigüzel yapmayan ölüm...

Bilgisayarda ilginç bir doğal seçilim benzetimi yapabilmek için, rokoko süslemeleri ve diğer görsel nitelikleri unutmamız gerekiyor. Bunun yerine, gelişigüzel olmayan ölüm üzerinde yoğunlaşmalıyız. Biyomorflar, bilgisayarda, düşmanca bir çevreyle etkileşim içerisinde olmalılar ve biçimleriyle ilgili bir özelliğin bu çevrede hayatta kalıp kalamayacaklarını belirlemesi gerekiyor. İdealde, bu düşmanca çevrenin evrilmiş başka biyomorfları da içermesi gerekiyor: "avcılar", "av", "asalaklar", "rakipler"... Av konumundaki bir biyomorfun biçimi, örneğin belirli biçimdeki avcı biyomorflar tarafından yakalanmaya açık olmasını belirlemeli. Bu zayıflığın ölçütü ise, programcı tarafından yazılmamalı; tıpkı biçimlerin ortaya çıkışı gibi, program içerisinde *ortaya çıkmalı.* Bu yapılabilirse, kendi kendini güçlendiren bir "silahlanma yarışının" (bakınız VII. Bölüm) koşulları gerçekleştirilmiş ve evrim gerçekten taklit edilmiş olacak. Ne yazık ki, böylesi bir taklit dünya kurmanın benim programcılık yeteneğimin ötesinde olduğunu düşünüyorum.

Eğer bu işi becerebilecek kadar zeki biri varsa, o da şu gürültülü ve saldırgan oyunları, "Uzay Fatihleri" türünden şeyleri, geliştirenlerden biri olacaktır. Bu programlarda sahte bir dünya yaratılıyor. Bu dünyanın üçboyutlu bir coğrafyası ve hızlı işleyen bir zaman boyutu var. Nesneler, müthiş bir gürültü içerisinde taklit edilmiş üçboyutlu bir uzayda devinip duruyor, birbirleriyle çarpışıyor, birbirlerini vuruyor ve yutuyorlar. Bu taklit öylesine iyi olabiliyor ki, denetimi elinde tutan oyuncu kendini bu sahte dünyanın bir parçası zannediyor. Bu tür programlamanın en üst düzeyine, uçak ve uzay aracı pilotlarını eğitmede kullanılan odacıklarda ulaşılmış. Ancak, bu programlar bile, eksiksiz, taklit bir dünyada ortaya çıkan, av ve avcı arasındaki silahlı yarışın modelini yapmak için yazılması gereken bir programın yanında çocuk oyuncağı kalır. Ama yine de yapılabilir. Eğer bir yerlerde bu keyifli işte işbirliği yapmak isteyen bir programcı varsa, lütfen beni arasın.

Bu arada, yaz geldiğinde denemeyi düşündüğüm çok daha kolay bir şey var. Bilgisayarımı bahçeye, bir ağacın altına koya-

cağım. Ekranım renkli. Biçimi denetleyen dokuz "gen"in yanı sıra, rengi denetleyen birkaç genin kullanıldığı bir programım da var. Canlı, renkli ve oldukça basit herhangi bir biyomorfla işe başlayacağım. Bilgisayar, biçimi ve/veya rengiyle bu biyomorftan farklı, mutasyon geçirmiş biyomorf yavrularını aynı anda ekrana yansıtacak. Arılar, kelebekler ve başka böceklerin ekrana konuk olacağına inanıyorum. Bilgisayar, yavrulardan birini seçecek, yavrulatacak ve bir sonraki mutant yavrular neslini ekrana getirecek.

Birçok nesil sonra, bu yabanıl böceklerin, bilgisayarda çiçeklerin evrilmesine yol açacağına dair büyük umutlarım var. Bu gerçekleşirse, bilgisayar çiçeklerinin evrilmesine yol açan seçilim baskısı, gerçek çiçeklerin doğada evrilmesine yol açan seçilim baskısının tıpatıp aynısı olacak. Böceklerin kadın giysilerindeki parlak renkleri sık sık ziyaret ediyor olması (ve bu konuda yayınlanmış sistematik deneylerin olması) umutlarımı güçlendiriyor. Daha da heyecanlı olan bir başka olasılık da, bu yabanıl böceklerin, böcek benzeri biçimlerin evrimleşmesine neden olabileceği. Bunun bir örneği -ve bu denli umutlu olmamın nedeni-, geçmişte arıların, arı orkidelerinin evrilmesine yol açmış olmaları. Birikimli orkide evrimi boyunca, erkek arılar çiçeklerle çiftleşmeye çalışırken çiçektozu taşımış ve birçok nesil sonunda arı benzeri şekli ortaya çıkarmış. 5. Şekil'deki "arı orkidesi"nin renkli olduğunu düşünün. Bir arı olsaydınız, bu çiçek hoşunuza gitmez miydi?

Karamsarlığımın ana nedeniyse, böceklerde görmenin bizimkinden çok farklı biçimde işlemesi. Ekranlar arı gözü için değil, insan gözü için yapılmış; yani, bizler de, arılar da arı orkidelerini arıya benzetebiliriz ancak arılar ekrandaki görüntüleri görmüyor olabilir. Belki de, 625 tarama çizgisi dışında hiçbir şey görmüyorlardır! Yine de, denemeye değer. Bu kitap basıldığında, bunun yanıtını öğrenmiş olacağım.

Çok iyi bilinen bir klişe var: Bilgisayarlara verdiğinizden fazlasını alamazsınız! Bu basmakalıp lafın diğer çeşitlemeleri, bilgi-

sayarların ne emrederseniz onu yaptığını, bu yüzden de, asla yaratıcı olamayacaklarını söylüyor. Shakespeare'in, ilkokul öğretmeninin öğrettiklerinden -sözcüklerden- başka bir şey yazmadığını söylemek ne kadar abesse, bu da o kadar abes. EVRİM programını bilgisayara verdim, ama ne böcekleri, ne akrebi, ne uçağı, ne de ay aracını önceden tasarladım. Ortaya ne çıkacağı hakkında en ufak bir fikrim bile yoktu -işte bu yüzden de ortaya çıkmak tam doğru sözcük. Doğrudur, evrime kılavuzluk eden seçilim işini gözlerim yaptı; ama her aşamada gelişigüzel oluşan mutasyonların sunduğu küçük bir yavrular dizisiyle kısıtlıydı ve seçilim "stratejim" fırsatçı, kaprisli ve kısa dönemliydi. Uzak bir hedefi amaçlamamıştım. Doğal seçilim de böyledir.

Uzak bir hedefimin olduğu bir deneyimimi aktararak doğal seçilimin bu özelliğini daha da vurucu bir biçimde anlatabilirim. Önce bir itirafta bulunmam gerekiyor. Zaten bunu tahmin etmişsinizdir. 4. Şekil'e ilişkin anlattıklarım bir kurgulama. Böceklerimi ilk görüşüm öyle olmadı. Böceklerim borazanların sesleriyle ilk ortaya çıktıklarında, genlerine ilişkin bilgi yoktu elimde. Orada, bilgisayarın ekranında duruyorlardı ve ben onlara ulaşamıyor, genlerini çözemiyordum. Onları bilgisayarın belleğine kaydedebilmek için epey kafa patlattım, ama bu mümkün değildi. Genler çok derindeydi; tıpkı gerçek hayatta olduğu gibi. Yazıcıdan böceklerin resimlerini aldım, fakat genleri kaybetmiştim. Hemen programda değişiklik yaparak sonraki denemelerde genetik formüllerin kaydedilebilmesini sağladım ama çok geçti. Böceklerimi kaybetmiştim.

Onları yeniden "bulabilmek" için çalışmaya başladım. Bir kez evrilebildiklerine göre, tekrar evrilebilmeleri gerekiyordu. Zerdüşt'ün kayıp akorları gibi aklımdan çıkmıyordu. Biyomorf Ülkesi'nde, sonu gelmeyen, tuhaf yaratıklar ve nesneler arasında dolaşıp duruyor fakat böceklerimi bulamıyordum. Oralarda bir yerde olduklarını biliyordum, orada olmalıydılar. Bu ilk evrimin başladığı genleri biliyordum. Böceklerinin vücutlarının resimleri elimdeydi; hatta yalnızca bir nokta olan atadan böcek-

lerime ulaşan evrimsel beden dizilerinin resimleri de elimdeydi. Ama genetik formüllerini bilmiyordum.

Evrimin izlediği yolu tekrar oluşturmanın kolay olması gerektiğini düşünebilirsiniz, ama değildi. Bunun nedeni -bu konuya geri döneceğim- yalnızca dokuz genle de olsa, yeterince uzun bir evrimsel sürecin sunacağı *olası* biyomorfların astronomik sayısıdır. Biyomorf Ülkesi'nde yaptığım gezintiler sırasında, birçok kereler böceklerimin öncülü sayılabilecek biçimlerle karşılaştım, ama bir seçilimci olarak ortaya koyduğum tüm çabalara karşın, evrim yanlış yola saptı. Sonunda, bir gezinti sırasında - bu seferki zafer duygusu ilkinden daha az değildi- onları köşeye kıstırabildim. Bu böceklerin, benim ilk, "Zerdüşt'ün kayıp akorları" böceklerimle aynı olup olmadıklarını bilmiyordum, hâlâ da bilmiyorum; yapay bir biçimde "yakınsak" olup olmadıklarını da bilmiyordum (bir sonraki bölüme bakınız). Ama yeterince iyiydiler. Bu kez hata yapmamıştım; genetik formüllerini yazdım ve artık istediğim zaman böcek "evrimleştirebilirim".

Evet, evet, bu vurucu anlatım işini fazla abarttım, fakat çok ciddi bir noktayı da vurguladım. Öyküden çıkarılacak ders şu: Bilgisayarı ben programlamış, ne yapması gerektiğini ayrıntılaryla ben belirlemiş olduğum halde, evrilen hayvanları ben tasarlamadım ve öncülerini ilk gördüğümde tam anlamıyla şaşakalmıştım. Evrimi denetlemede o kadar acizdim ki, belirli bir evrimsel yolu izlemeyi çok istememe karşın, bunun olanaksız olduğu ortaya çıktı. Elimde evrimsel öncülerinin *tümünün* basılı resimleri olduğu halde böceklere zorlukla ve uzun bir süre uğraştıktan sonra ulaşabildim; eğer o resimler olmasaydı, sanırım onları asla bulamazdım. Programlayıcının bilgisayardaki evrimin yönünü denetlemede ya da kestirmedeki bu güçsüzlüğü paradoksal mı? Bu, bilgisayarın içinde gizemli, hatta mistik bir şeylerin olduğu anlamına mı geliyor? Elbette hayır. Gerçek hayvanların ve bitkilerin evriminde de mistik hiçbir şey yok. Bu paradoksu çözmek ve gerçek evrim hakkında bir şeyler öğrenmek için bilgisayar modelini kullanabiliriz.

Bu paradoksun çözümündeki temelin şöyle olacağını düşünüyorum: Matematiksel bir uzamda, her biri kendi yerine kalıcı olarak yerleşmiş belirli bir biyomorf kümesi var. Kalıcı olarak yerleşmiş olmanın anlamı şu: Eğer biyomorfun genetik formülünü bilirseniz, yerini hemen bulabilirsiniz; bunun da ötesinde, bu özel uzamda, genetik formülü bilinen biyomorfun komşuları, bu biyomorftan yalnızca tek bir gen açısından farklı. Artık böceklerimin genetik formülünü bildiğime göre, onları istediğim gibi üretebilir ve bilgisayara, keyfi bir noktadan başlayarak böceklerime doğru evrilmesini söyleyebilirim. Bir bilgisayar modelinde, yeni bir yaratığı ilk kez yapay seçilimle evrimleştirdiğinizde, bu yaratıcı bir süreçmiş gibi görünür. Gerçekten de öyledir. Fakat aslında yaptığınız, o yaratığı *bulmaktır,* çünkü matematiksel anlamda bu yaratık Biyomorf Ülkesi'nin genetik uzamında kendi yerinde oturmaktadır zaten. Bunun gerçekten yaratıcı bir süreç olmasının nedeni, belirli bir yaratığı bulmanın son derece zor olması. Zor, çünkü Biyomorf Ülkesi çok çok geniş ve orada oturan yaratıkların sayısı sonsuz değilse bile, sonsuza çok yakın. Amaçsızca ve rastlantısal bir arama uygulanabilir bir yöntem değil; daha verimli ve etkin -yaratıcı- bir arama yöntemi benimsemeliyiz.

Kimileri satranç oynayan bilgisayarların tüm olası satranç hareketlerini kendi içlerinde deneyerek çalıştıklarını düşünür. Bilgisayara yenildiklerinde böyle düşünmek onları rahatlatır; fakat bu düşünce tamamen yanlıştır. Olası hamlelerin sayısı çok fazladır; arama uzamı körlemesine içine dalınamayacak kadar büyüktür. İyi bir satranç programı yazmanın püf noktası, arama uzamında etkin kısa yollar düşünebilmektir. İşte, birikimli seçilim -ister bilgisayar modelinde olduğu gibi yapay seçilim olsun, ister gerçek evrendeki gibi doğal seçilim olsun- etkin bir arama yöntemidir ve bu yöntemin sonuçları da yaratıcı zekânınkine çok benzer. En azından, William Paley'in Tasarım Savı bu nokta üzerine kurulmuş. Teknik olarak, bilgisayarda biyomorf oyunu oynarken yaptığımız tek şey, matematiksel anlamda bu-

lunmayı bekleyen hayvanları *bulmak*. Bunu yaparken de, sanatsal bir yaratı sürecindeymiş duygusuna kapılıyoruz. İçinde yalnızca birkaç varlık bulunan, küçük bir uzamda aranmak, normalde yaratıcı bir süreç duygusu uyandırmıyor. "Yüksük nerde?" türünden bir çocuk oyununun yaratıcılıkla ilgisi yoktur. Etraftaki nesnelerin altını gelişigüzel çevirip bakmak ve aranan nesneyi buluvermeyi ummak yalnızca uzam küçükse işe yarar. Arama uzamı genişledikçe, daha karmaşık arama yöntemleri kullanmak gerekir. Arama uzamı *yeterince* büyük olduğundaysa, etkin arama yöntemleri gerçek yaratıcılıktan ayırt edilemez hale gelir.

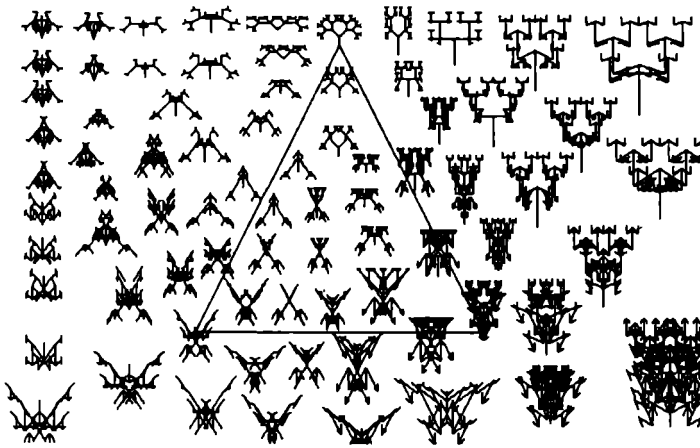
Dediğim gibi, bilgisayar biyomorf modelleri etkin arama yöntemleridir; ve öznesi insan olan yaratıcı bir süreçle, örneğin başarılı bir satranç stratejisi planlamayla, doğal seçilimin, yani kör saatçinin evrimsel yaratıcılığı arasında öğretici bir köprü görevini görürler. Bunu görmek için, Biyomorf Ülkesi fikrine matematiksel bir uzam olarak bakmalıyız; ucu bucağı olmayan fakat düzenli bir açık alan; tüm yaratıkların kendilerine ait yerde oturup keşfedilmeyi bekledikleri bir alan. 5. Şekil'deki 17 yaratık sayfaya özel bir düzende yerleştirilmemiştir. Fakat Biyomorf Ülkesi'nde, bu yaratıkların her birinin kendine özgü, başka hiçbir yaratıkta olmayan, yaratığın genetik formülü tarafından belirlenmiş ve kendi özel komşularıyla çevrili bir konumu vardır. Biyomorf Ülkesi'ndeki yaratıkların hepsi birbirleriyle belirli bir uzamsal ilişki içerisindedir. Bu da ne demek? Uzamsal konumun anlamı nedir?

Sözünü ettiğimiz, genetik uzamdır. Bu uzamda her hayvanın kendi konumu vardır. Genetik uzam içerisinde, bitişik komşular, birbirlerinden yalnızca tek bir mutasyonla ayrılan hayvanlardır. 3. Şekil'de, ortadaki ana ağaç, genetik uzam içerisindeki 18 bitişik komşusundan 8 tanesi ile gösterilmiştir. Bilgisayar modelimizin kurallarına göre, bir hayvanın 18 bitişik komşusu, bu hayvandan üretilebilecek 18 farklı çocuk ya da bu hayvanı üretmiş olabilecek 18 farklı ebeveyndir. Bir adım atarsak, her

hayvanın komşularının sayısı 324 olur (basit olması amacıyla geri-mutasyonları göz ardı ederek 18 x 18): olası torun, büyük ebeveynler, hala, teyze, yeğenlerin oluşturduğu küme. Bir adım daha gittiğimizdeyse, komşu sayısı 5832'ye (18 x 18 x 18) çıkar: Torunların çocukları; dedenin, anneannenin ebeveynleri, amca/hala/dayı/teyze çocukları, vs...

Neden genetik uzam bağlamında düşünüyoruz? Bu, bizi nereye götürecek? Yanıt şu: Bu, evrimin yavaş ve birikimli bir süreç olduğunu anlamamızı kolaylaştıracak bir yol sağlıyor. Bilgisayar modelimizin kurallarına göre, tek bir nesilde, genetik uzamda tek bir adım atabiliyoruz. 29 nesilde, ilk atadan başlayarak 29 adımdan ötesine gidebilmek mümkün değil. Her evrimsel geçmiş, genetik uzam içinde belirli bir yoldan oluşur. Örneğin, 4. Şekil'deki tek bir noktayı bir böceğe bağlayan evrimsel geçmiş 28 ara adımdan oluşan, kavisli, belirli bir yoldur. Biyomorf Ülkesi'nde "gezinmek" metaforuyla kastettiğim bu.

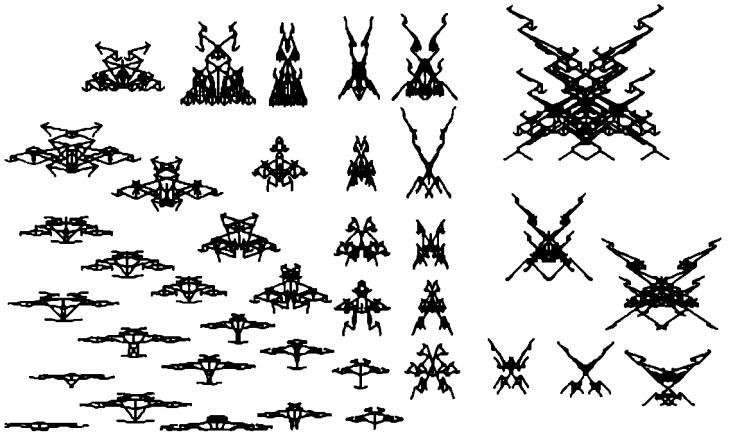
Genetik uzamı bir resim biçiminde göstermek istedim, ancak bir sorun var: Resimler ikiboyutludur. Biyomorfların içinde bulundukları genetik uzam ise, ikiboyutlu değildir. Hatta üçboyutlu bile değildir; dokuzboyutludur! (Matematikten korkmamamız gerektiğini hatırlayalım. Bu iş matematikçilerin dediği kadar zor değil. Ne zaman kendimi yılgın hissetsem, Silvanus Thompson'un *Calculus Made Easy*'de [Kolaylaştırılmış Matematik] dediklerini hatırlarım: Bir aptalın yapabildiğini, başka bir aptal da yapabilir.) Eğer dokuzboyutlu çizebilseydik, her boyutun dokuz genden birine karşılık gelmesini sağlayabilirdik. Genetik uzamda, belirli bir hayvanın konumu -diyelim ki, akrep, yarasa ya da böcek- dokuz geninin sayısal değerleriyle belirlenirdi. Evrimsel değişim, bu dokuzboyutlu uzamda adım adım yapılan bir gezintidir. Dokuzboyutlu bu uzamda, bir hayvanla diğeri arasındaki genetik farklılığın miktarı -ve dolayısıyla, evrimleşme için geçen zaman ve birbirinden evrilmenin zorluğu- hayvanların arasındaki *uzaklık* olarak ölçülür.



6. Şekil

Ne yazık ki, dokuzboyutlu çizemiyoruz. Uyduruk da olsa bir şeyler yapmaya, Biyomorf Ülkesi'nin dokuzboyutlu genetik uzamında bir noktadan diğerine hareket etmenin nasıl bir şey olacağını, en azından hissettirebilen, ikiboyutlu bir resim çizmeye çalıştım. Bunu yapmanın çeşitli yolları var; ben de üçgen hilesi adını verdiğim bir yolu seçtim. 6. Şekil'e bakın. Şekildeki üçgenin üç köşesinde keyfi seçtiğim üç biyomorf var. Tepedeki ana ağaç, soldakiyse "benim" böceklerden biri; sağdakinin ismi yoktu ama hoşuma gitti. Tüm biyomorflar gibi, bu üç biyomorfun da, dokuzboyutlu genetik uzamda kendilerine özgü yerlerini belirleyen, kendilerine özgü genetik formülleri var.

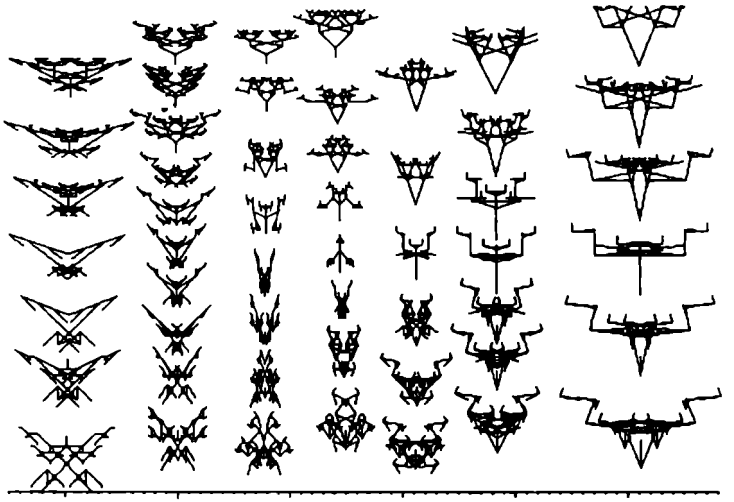
Bu üçgen, dokuzboyutlu hiperhacmi kesen ikiboyutlu bir "düzlem" üzerinde bulunuyor (bir aptalın yapabildiğini başka bir aptal da yapabilir). Bu düzlem, bir tabak jölenin içine batırılmış bir cam parçasına benzer. Camın üzerine de üçgen ve genetik formülleri nedeniyle düzlemimizin üzerinde olan biyomorfların bazıları çizilmiş. Peki, bu biyomorfların düzlemimizde bulunmalarını gerektiren ne? İşte, üçgenin köşelerindeki biyomorflar burada işin içine giriyor. Bu üçüne çapa biyomorflar diyorum.



7. Şekil

Unutmayalım ki, genetik "uzam"daki "uzaklık" kavramı, genetik açıdan benzer biyomorfların yakın, genetik açıdan farklı biyomorfların uzak komşu olmasını içeriyor. Elimizdeki düzlemde, uzaklıklar, üç çapa biyomorf referans alınarak hesaplanıyor. Üçgenin ister içinde, ister dışında olsun, cam parçası üzerindeki herhangi bir noktanın genetik formülü üç çapa biyomorfun genetik formüllerinin "ağırlıklı ortalaması" olarak hesaplanıyor. Ağırlıklı ortalamanın nasıl alındığını tahmin etmişsinizdir. Sayfadaki uzaklıklar, daha doğrusu söz konusu noktanın üç çapa biyomorfa olan *yakınlığı* kullanılıyor. Düzlem üzerindeki böceğe ne kadar yakınsanız, oradaki biyomorflar o kadar böcek-benzeri oluyor. Camda, ağaca doğru gittiğimizde, "böcekler" daha az böceğe ve daha çok ağaca benzemeye başlıyorlar. Üçgenin merkezine giderseniz, orada bulacağınız hayvanlar üç çapa biyomorf arasındaki çeşitli "genetik bileşimler" olacaktır: örneğin, tepesinde Yahudilerin yedi kollu şamdanı olan örümcek.

Ama bu yaklaşım nedeniyle üç çapa biyomorfun önemini fazlaca abatmayalım. Bilgisayar, gerçekten de resimdeki her noktanın genetik formülünü hesaplamak için bunları kullandı, ama düzlem üzerindeki başka herhangi üç çapa noktası da işimize



8. Şekil

yarar ve aynı değerleri verirdi. Bu nedenle, 7. Şekil'de üçgen çizmedim ama bu da tıpkı 6. Şekil türünden bir resim; tek farkı başka bir düzlemi gösteriyor olması. Deminki böcek, yine üç çapa noktasından biri, bu kez sağdaki. Diğer çapa noktalarıysa, 5. Şekil'deki ve arı orkidesi. Bu düzlemde de komşu biyomorfların, uzak biyomorflardan daha çok benzeştiğini kolayca fark edeceksiniz Örneğin, uçak birbirinin benzeri uçaklardan oluşan bir kümenin içinde. Böceğimiz her iki cam tabakasında da görüldüğüne göre, camların belli bir açıyla kesiştiğini düşünebilirsiniz. 7. Şekil'deki düzlem, 6. Şekil'e kıyasla, böcek etrafında "döndürülmüştür".

Yöntemimizde üçgenin kaldırılmış olması iyi bir gelişme çünkü dikkatimizi dağıtıyor ve düzlem üzerindeki üç noktanın önemini gereksiz yere abartıyordu. Yapabileceğimiz bir düzeltme daha var. 6. ve 7. Şekillerde, uzamsal uzaklık, genetik uzaklığı gösterse de *ölçekler* tümüyle kaymış. Yukarı doğru ölçülen bir santimetre, yana doğru ölçülenle aynı değil. Bunu düzeltebilmek için, üç çapa biyomorfu dikkatle seçmeliyiz; öyle ki, üçünün de birbirlerine olan uzaklıkları aynı olsun. İşte, 8. Şekil'de yapılan bu. Üçgen yine çizilmemiş. Üç çapa şunlar: 5. Şekil'de-

ki akrep, deminki böcek (böceğin etrafında bir dönüş daha yapmış olduk) ve üstteki ne olduğu belirsiz biyomorf. Bu üç biyomorf birbirlerine 30 mutasyon uzaktalar. Bu, her birinin diğerinden evrilmesinin aynı derecede kolay olduğu anlamına geliyor. Her üç durumda da, en az 30 genetik adım atılmalı. Şeklin altındaki çizgi üzerindeki çentiklerse, genlerle ölçülen uzaklık birimlerini gösteriyor; bunu bir gen cetveli olarak düşünebiliriz. Bu cetvel yalnızca yatay çalışmıyor; istediğimiz yöne çevirebilir ve genetik uzaklığı, yani düzlem üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki minimum evrim süresini ölçebilirsiniz. (Aslında, bu kâğıt üzerinde pek doğru değil çünkü bilgisayarın yazıcısı orantıları bozuyor.) Her ne kadar ölçek üzerindeki çentikleri saydığınızda biraz yanlış bir yanıt elde edebilirseniz de, bu etki telaşa kapılmaya gerektirmeyecek kadar önemsiz. Dokuzboyutlu genetik uzamı kesen bu ikiboyutlu düzlemler Biyomorf Ülkesi'nde gezinmenin nasıl bir şey olduğu konusunda bize fikir veriyor. Daha da iyi anlayabilmek için, evrimin tek bir düzlemle kısıtlı olmadığını hatırlamalısınız. Gerçek bir evrimsel gezintide, her zaman başka bir düzleme "atlayabilirsiniz"; örneğin, iki düzlemin birbirine yaklaştığı yerde, böceğin yakınlarında, 6. Şekil'deki düzlemden 7. Şekil'dekine geçebilirsiniz.

8. Şekil'deki "gen cetveli"nin bir noktadan diğerine evrilmek için gereken en az süreyi hesaplamamıza yaradığını söylemiştim. Modelimizin kısıtlamaları dahilinde bu doğru, ama vurgulamak istediğim nokta *en az* ifadesi. Böcek ve akrep birbirlerine 30 genetik birim uzaklıkta olduklarına göre, bu hayvanların birbirlerinden evrilmeleri yalnızca 30 nesil sürecektir, tabi *eğer yanlış yöne sapmazsanız*, yani hangi genetik formülü hedeflediğinizi ve bu hedefe nasıl ulaşacağınızı bilirseniz. Halbuki gerçek hayattaki evrimde uzak bir genetik hedefe yönelmeye karşılık gelen hiçbir şey yok.

Şimdi de, daktiloda Hamlet'i yazan maymunlar metaforuna, yani evrim sürecinde yalnızca şans yerine kerte kerte, adım adım değişim olmasının öneminin vurgulandığı noktaya dön-

mek için biyomorfları kullanalım. 8. Şekil'in altındaki çizginin üzerindeki çentikleri birimlendirerek işe başlayalım ama bu kez farklı bir birim kullanalım. Uzaklık, evrim sürecinde değişmesi gereken gen sayısı ile ölçülmesin de, "yalnızca şansa bağlı olarak tek bir sıçrayışta aşılabilme olasılığı" olarak ölçülsün. Şimdi bilgisayar oyununda koyduğumuz kısıtlamalardan birini gevşetmek zorundayız; böylece, bu kısıtlamayı neden getirdiğimi de açıklamış olacağım. Söz konusu kısıtlama, çocukların ebeveynlerinden yalnızca tek bir mutasyon uzaklıkta olmasıydı. Başka bir deyişle, her seferinde yalnızca tek bir genin mutasyon geçirmesine ve bu genin "değerinin" de yalnızca +1 ya da -1 ile değişmesine izin verilmişti. Şimdiyse, kısıtlamayı gevşeterek, herhangi bir sayıdaki genin aynı anda mutasyon geçirmesine ve değerine de, artı ya da eksi, herhangi bir sayı eklenebilmesine izin veriyoruz. Aslında, bu da gereğinden fazla gevşek, çünkü genetik değerlerin artı sonsuzdan eksi sonsuza değişebilmesini mümkün kılıyor. Genetik değerlerin -9 ile +9 arasında değişmesine izin vererek bunu düzeltebiliriz.

Demek ki, bu geniş sınırlar içinde, kuramsal olarak, tek bir nesilde tek bir kerede dokuz genin herhangi bir bileşiminin mutasyonla değişmesine izin veriyoruz. Bunun da ötesinde, her genin değeri -tek haneli bir sayı olduğu sürece- herhangi bir miktarda değişebiliyor. Bu ne anlama geliyor? Bu, kuramsal olarak, Biyomorf Ülkesi'nde evrimin herhangi bir noktadan diğerine sıçrayabildiği anlamına geliyor; yalnızca düzlem üzerindeki herhangi bir nokta değil, dokuzboyutlu hiperhacmin tümü içerisindeki herhangi bir nokta... Örneğin, tek bir sıçrayışla 5. Şekil'deki böcekten tilkiye zıplamak isterseniz, şöyle yapacaksınız: 1'den 9'a kadar olan genlerin değerlerine, sırasıyla, -2, 2, 2, -2, 2, 0, -4, -1, 1 sayılarını ekleyin. Gelişigüzel sıçrayışlardan söz ettiğimize göre, Biyomorf Ülkesi'ndeki *tüm* noktalar için, sıçranılan nokta olma olasılığı aynıdır. Öyleyse, *belirli* bir noktaya, diyelim ki tilkiye, şans eseri sıçranması olasılıkları kolaylıkla hesaplanabilir. Bu olasılıklar basitçe uzamdaki biyomorfların top-

lam sayısıdır. Görüyorsunuz ya, şu muazzam hesaplamalardan birine çattık. Dokuz gen var ve her biri 19 değerden birini alabilir. Demek ki, tek bir sıçrayışta atlayabileceğimiz biyomorfların toplam sayısı, 19 üssü 9. Bu, yaklaşık beş yüz milyar biyomorf yapıyor. Asimov'un "hemoglobin sayısı" ile pek kıyaslanamaz ama yine de bence epey büyük bir sayı. Böcekten başlayıp çılgın bir pire gibi beş yüz milyar kere sıçrarsanız, bir keresinde de tilkiye ulaşmayı umabilirsiniz.

Bütün bunlar bize evrim hakkında ne söylüyor? Bütün bunlar, kerte kerte, adım adım değişimin önemini bir kez daha vurguluyor. Bu tür kerteci değişimin evrim için gerekli olduğunu kabul etmeyen evrimciler var. Biyomorf hesaplamamız kerte kerte, adım adım değişimin niçin önemli olduğu konusunda bize *tam olarak* bir neden gösteriyor. Evrimin böcekten bitişik komşulardan birine sıçramasını bekleyebilirsiniz fakat böcekten doğrudan tilki ya da akrebe sıçramasını *bekleyemezsiniz* dediğimde, şunu söylemek istiyorum: Eğer sıçramalar gerçekten gelişigüzel olsaydı, böcekten akrebe sıçramak pekâlâ mümkün olabilirdi; aslında, böcekten bitişik komşusuna sıçramak kadar olanaklı olurdu ve bölgedeki herhangi bir başka biyomorfa sıçrama olasılığı da aynı olurdu. İşte, asıl güçlük burada! Çünkü ülkedeki biyomorfların sayısı beş yüz milyar kadar ve hiçbirinin sıçranan olma olasılığı diğerinden farklı değilse, *belirli* bir biyomorfa sıçrama olasılığı çok çok düşük, ihmal edilebilecek kadar küçük olacaktır.

Bunun gelişigüzel olmayan, güçlü bir "seçilim baskısı" olduğunu varsaymamıza uygun koşullar oluşturmadığına dikkat edin. Şanslı olup da akrebe sıçrayıverene büyük ikramiye verilseydi bile bir şey değişmezdi. Bunu yapabilme olasılığımız hâlâ beş yüz milyarda bir. Fakat, sıçramak yerine adım adım *yürüyor* olsaydınız ve her doğru adımınız için ufak bir miktar para ödülü alıyor olsaydınız, akrebe kısa zamanda ulaşırdınız. Belki 30 nesil gibi kısa bir sürede yapamazdınız ama yine de hızlı olurdu. *Kuramsal olarak*, sıçrayarak ödüle daha hızlı ulaşılabi-

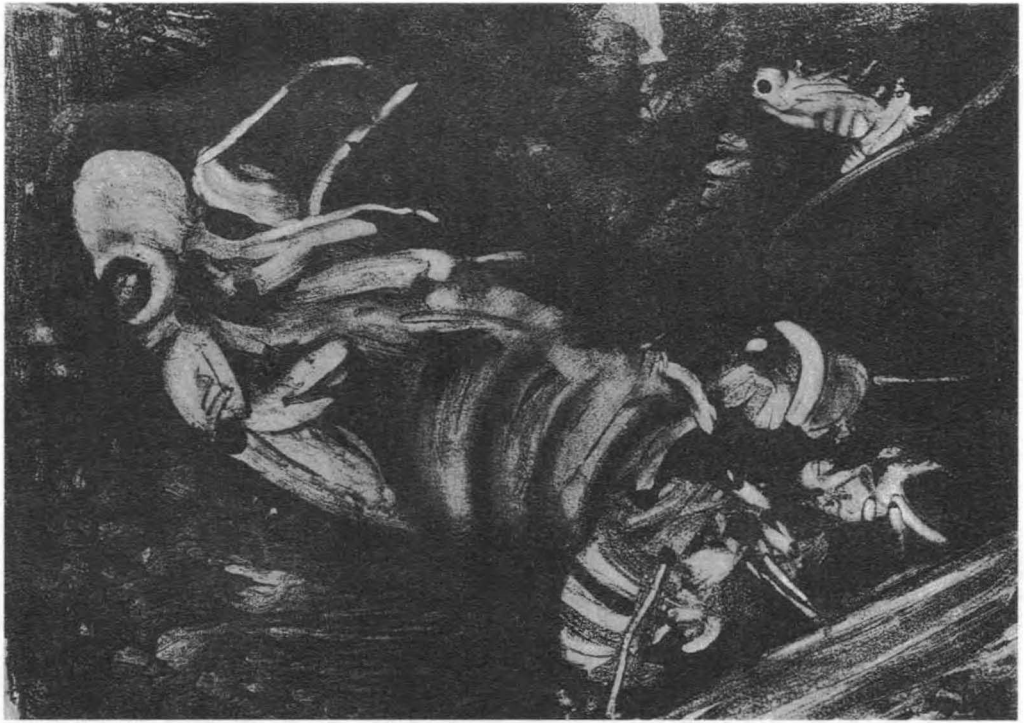
lir: tek bir atlamayla. Fakat başarıya ulaşma şansı müthiş düşük olduğu için, makul tek yol bir dizi küçük adım atmak: her biri, bir öncekinin başarısının birikimi üzerine atılan küçük adımlar...

Son birkaç paragraftaki anlatış biçimim bir yanlış anlamaya açık; bunu düzeltmem gerekiyor. Akrebe veya başka bir canlıya sıçramak derken, sanki evrimin uzak bir hedefle ilgisi varmış gibi anlaşılabilir. Önceden de vurguladım; evrimin hiçbir hedefi yok. Fakat, hedefimizi, *hayatta kalabilme şansını artıracak herhangi bir şey* olarak alırsak, yukarıdaki yaklaşımımız yine geçerli olacaktır. Eğer bir hayvan ataysa en azından yetişkin olana dek hayatta kalabilecek denli iyi olmalıdır. Bu atanın mutasyon geçirmiş bir çocuğunun hayatta kalabilme konusunda daha başarılı olma olasılığı var. Ama çocuk büyük bir mutasyon geçirir ve genetik uzam içerisinde atasından çok uzaklaşırsa, atasından daha başarılı olabilme şansı nedir? Bu olasılık gerçekten de çok az. Bunun nedenini biraz önce biyomorf modelimizde gördük. Düşündüğümüz mutasyon sıçraması çok büyükse, sıçranabilecek *olası* noktaların sayısı muazzamdır. Ve, I. Bölüm'de gördüğümüz gibi, birbirinden farklı ölü olma biçimlerinin sayısı, yaşıyor olma biçimlerinin sayısından o kadar fazla ki, genetik uzamda büyük, gelişigüzel bir sıçramanın ölümle sonuçlanma olasılığı epey yüksek. Genetik uzamda yapılacak küçük, gelişigüzel bir sıçramanın bile ölüme götürme olasılığı yüksek. Bununla birlikte, sıçrama ne kadar küçükse, ölüm de o kadar uzak ve sıçramanın başarısı o kadar yakın. Bu noktaya daha sonraki bir bölümde tekrar döneceğiz.

Biyomorf Ülkesi'nden çıkaracağım dersler bu kadar. Umarım, bütün bunları çok soyut bulmadınız. Bir başka matematiksel uzam daha var; dokuz genli biyomorflarla değil de, her biri on binlerce gen içeren milyarlarca hücreden yapılmış etten, kandan hayvanlarla dolu bu uzam. Bu, biyomorfların uzamı değil; gerçek genetik uzam. Yeryüzünde yaşamış olan ve halen yaşıyor olan gerçek hayvanlar, *var olabilecek* kuramsal hayvanla-

rın yalnızca küçük bir alt kümesi. Bu gerçek hayvanlar, genetik uzam içerisinde çok az sayıdaki evrimsel yolun ürünleri. Hayvanlar uzamındaki kuramsal yolların büyük çoğunluğu yaşaması olanaksız hilkat garibeleri doğurur. Gerçek hayvanlarsa, bu varsayımsal hilkat garibeleri arasında, her biri genetik hiperuzam içerisindeki kendine ait yerde, oraya buraya dağılmıştır. Her gerçek hayvan, komşularından oluşan ufak bir kümeyle çevrilidir. Bu komşuların çoğu hiçbir zaman var olmamışlardır; birkaçı ise hayvanın ataları, torunları ve kuzenleridir.

İnsanlar ve çakallar, amipler ve domuzlar, tenyalar ve kalamarlar, dodolar ve dinozorlar, bu devasa matematiksel uzamın bir yerlerinde oturur. Genetik mühendisliğinde yeterince becerikli olsaydık, kuramsal olarak, hayvanlar uzamındaki herhangi bir noktadan diğerine geçebilirdik. Herhangi bir noktadan başlayıp, labirenti geçerek dodoyu, tiranozoru ve trilobitleri tekrar yaratabilirdik. Hangi genlerle oynayacağımızı, hangi kromozomları ters çevirmemiz, kesip atmamız ya da kopyalamamız gerektiğini bilebilseydik... Bunları yapabilecek kadar becerikli olabileceğimizi sanmıyorum, fakat bu sevgili ölü yaratıklar, o koca genetik uzamda, kendi özel köşelerinde sonsuza dek oturuyor ve bulunmayı bekliyorlar; bizim labirent içerisinde doğru yolda ilerleyecek bilgiyi edinip onlara ulaşmamızı bekliyorlar. Aslında, güvercinlerden başlayıp seçimli üretim yaparak yeniden bir dodo *evriltebiliriz* ama bu deneyi tamamlayabilmek için milyonlarca yıl geçmesi gerek. Bu yolculuğu gerçekte yapamıyoruz, ama hayal de kuramaz değiliz ya... Benim gibi, matematikçi olmayanlar için güçlü bir dost da var: bilgisayar. Hayal gücünü yalnızca genişletmekle kalmıyor, aynı zamanda disiplin altına alıyor ve denetliyor.



Hayvanlar Uzamında Patikalar

Birçok insan, göz gibi, son derece karmaşık ve güzel tasarlanmış, çok sayıda ve birbirleriyle kenetlenmiş çalışan kısımdan oluşan bir organın -Paley'in en sevdiği örnek- basit bir başlangıçtan kerte kerte ilerleyen bir dizi değişimle ortaya çıktığına inanmakta güçlük çekiyor; II. Bölüm'de anlatmıştım. Biyomorflardan edindiğimiz yeni sezgilerin ışığında bu soruna geri dönelim. Şimdi şu iki soruyu yanıtlayın:

1. İnsan gözü, hiç yoktan, tek bir adımda ortaya çıkmış olabilir mi?
2. İnsan gözü, kendinden birazcık farklı bir şeyden, diyelim ki X'ten, doğrudan oluşmuş olabilir mi?

Birinci sorunun yanıtı kesin bir *hayır*dır. Böylesi soruların yanıtının "hayır" olma olasılığı, Evren'deki atomların sayısından milyarlarca kez fazladır. Böyle bir şey, genetik hiperuzamda devasa ve neredeyse olanaksız bir sıçrama gerektirir. İkinci sorunun yanıtı ise, günümüz insan gözüyle evrim sürecinde ondan hemen önceki göz olan X arasındaki farkın yeterince küçük olması koşuluyla, kesinlikle ve açıkça *evet*tir. Diğer bir deyişle, bu iki gözün tüm olası yapıları kapsayan uzamda birbirlerine yeterince yakın olması koşuluyla. Belirli bir fark için ikinci soruya hayır yanıtı veriyorsak, yapacağımız şey, daha küçük bir fark için soruyu tekrarlamaktır; bize "evet" yanıtını verecek denli küçük bir fark bulana dek tekrarlamak...

X, insan gözüne çok benzeyen bir şey olarak *tanımlanır;* öyle ki, insan gözünün X'teki küçük bir değişim sonucu doğmuş olması gayet mantıklıdır. X'i gözünüzde canlandırıyor ve insan gözünün doğrudan X'ten oluşmuş olmasını akla aykırı buluyorsanız, yanlış X seçmişsiniz demektir. X'i gözünüzde insan gözüne daha benzer canlandırın ve insan gözünün bir öncesi olması size mantıklı gelene dek insan gözüne yakınlaştırın. Neyin mantıklı olup neyin olmadığı konusunda benden daha ihtiyatlı bile olsanız, bir X bulursunuz!

Artık bir X buldunuz; öyle ki, ikinci soruya evet yanıtını verebiliyorsunuz. Şimdi de aynı soruyu X'e uygulayın. Aynı mantıkla, X'in doğrudan doğruya ve tek bir değişimle kendinden pek az farklı bir şeyden -X' diyelim- gelebileceği sonucuna varabiliriz. Çok açık ki, X' de kendinden biraz farklı bir X'' gözüne bağlanabilir. Bunu böylece geriye götürüp, araya yeterince X, X', X'' (...) koyduğumuzda, insan gözünün kendine çok benzer değil de, kendinden *çok farklı* bir şeyden türemiş olduğu sonucuna varabiliriz. "Hayvanlar uzamında" uzun bir mesafeyi yürüyebiliriz ve adımlarımızın yeterince küçük olması koşuluyla, hareketimiz mantıklı olur. Artık üçüncü bir soruyu yanıtlayabilecek bir durumdayız:

3. Günümüz insan gözünü, başlangıçta hiç göz olmaması durumuna bağlayan bir X'ler dizisi var mıdır?

Yeterince geniş bir X'ler dizisi düşünmemiz koşuluyla, yanıtın evet olması gerektiği bence çok açık. 1000 tane X'in yeterli olacağını düşünebilirsiniz ya da bütün dönüşümü akla uygun bulabilmeniz için daha fazla adım atılması gerektiğini düşünüyorsanız, 10.000 X olduğunu varsayın. Eğer 10.000 size yeterli gelmiyorsa, 100.000 X düşünün. Açık olan bir nokta var; X'ler arasında geçen süre bu oyunun üst sınırıdır, çünkü her nesil için tek bir X olabilir. Öyleyse, sorumuz başka bir soruya dönüşüyor: Birbirini izleyen nesiller için yeterince süre geçti mi? Gereken nesil sayısı için kesin bir yanıt veremiyoruz. Ancak jeolojik zamanın müthiş uzun olduğunu biliyoruz. Bir fikir vermek için söyleyeyim: Bizi ilksel atalarımızdan ayıran nesil sayısı, kesinlikle, milyarlarla ölçülür. Yüz milyon X düşünün; insan gözünü hemen hemen her şeye bağlayabilecek ufak adımlardan oluşan mantıklı bir dizi oluşturabilmeniz gerekir.

Şimdiye dek, az çok soyut bir mantık yürüterek, her biri komşularına yeterince benzeyen bir X'ler dizisi olduğu, her X'in komşularından birine dönüşmesinin mantıklı olduğu ve bu dizinin insan gözünü hiç göz olmaması durumuna bağladığı sonucuna vardık. Ancak henüz bu X'ler dizisinin gerçekten var olmasının mantıklı olduğunu göstermedik. Yanıtlanacak iki sorumuz daha var.

4. İnsan gözünü hiç göz olmaması durumuna bağlayan varsayımsal X'ler dizisinin her bir üyesini ele alalım. Her birinin, kendinden bir önceki atanın gelişigüzel mutasyonuyla ortaya çıkmış olması mantıklı mı?

Bu soru aslında bir genetik sorusu değil; bir embriyoloji sorusu; ve Birmingham Piskoposu ve başkalarını kaygılandıran sorudan tümüyle farklı. Mutasyon, embriyonun gelişim süreci-

ni değiştirerek işler. Bazı embriyonik süreçlerin belirli yönlerdeki değişimlere açık, diğer yönlerdeki değişimlere ise dirençli olduğu savunulabilir. Bu konuya XI. Bölüm'de geri döneceğim, şimdilik bu bölümde yine büyük değişimlerle küçük değişimler arasındaki farkı vurgulayacağım. Varsaydığınız değişim ne kadar küçükse, X'' ve X' arasındaki fark da o kadar küçüktür ve söz konusu mutasyon da embriyolojik açıdan o kadar mantıklıdır. Bir önceki bölümde, tümüyle istatistiksel nedenlere dayanarak, belirli bir büyük mutasyonun, *belirli* bir küçük mutasyona kıyasla daha az olası olduğunu gördük. Öyleyse, 4. sorunun getireceği sorunlar ne olursa olsun, en azından belirli bir X' ve X'' arasındaki farkı ne kadar küçük tutarsak, bu sorunlar da o kadar az olacaktır. Bence, bizi göze götüren dizideki bitişik komşular arasındaki farkın *yeterince küçük* olması koşuluyla, gerekli mutasyonlar kendiliğinden olacaktır. Zaten sözünü ettiğimiz, var olan bir embriyonik süreçteki ufak niceliksel değişimlerdir. Şunu unutmayalım: Belirli bir nesildeki embriyolojik durum ne kadar karmaşık olursa olsun, bu durumdaki mutasyona yol açan her *değişim* çok küçük ve yalın olabilir.

Yanıtlayacağımız son bir soru daha var:

5. İnsan gözünü başlangıçta hiç göz olmaması durumuna bağlayan varsayımsal X'ler dizisinin üyelerini ele alalım. Bunların her birinin yeterince iyi işlev görerek ilgili hayvanların hayatta kalmasına ve üremesine yardımcı olması mantıklı mıdır?

Oldukça tuhaf; bazıları bu sorunun yanıtının açıkça "hayır" olduğunu düşünüyor. Örneğin, aşağıda Francis Hitching'in 1982'de yayımlanan kitabı *The Neck of the Giraffe or Where Darwin Went Wrong*'dan (Zürafanın Boynu ya da Darwin Nerede Yanıldı) alıntı yaptım. Temelde aynı sözcükleri herhangi bir Yehova Şahitleri kitabında da bulabilirdim, ama Hitching'i seçtim çünkü saygın bir yayınevi (Pan Books Ltd.) bu kitabı yayımlanmaya değer bulmuştu -aslında, metne bir göz atması

istenseydi, işsiz bir biyoloji mezunu, hatta öğrencisi bile çok sayıdaki hatayı hemen fark edebilirdi. (Ben en çok, Profesör John Maynard Smith'e şövalyelik payesinin verilmesiyle, belagat ustası ve matematiksel genetiğin hiç de matematiksel olmayan baş-eleştirmeni Profesör Ernst Mayr'ın matematiksel genetiğin "başrahibi" olarak tanımlanmasına gülmüştüm.)

Gözün işlev görmesi için, birbiriyle mükemmel bir uyum içerisinde olan aşamaların en azından aşağıdakilerinin gerçekleşmesi gerekir (aynı anda gerçekleşen birçok başka aşama da var fakat büyük oranda basitleştirilmiş bir tanım bile Darwinci kuramın sorunlarını gözler önüne serecektir): Göz temiz ve nemli olmalı, gözyaşı bezleri ve hareketli göz kapaklarının etkileşimiyle bu durumda tutulmalıdır. Göz kapakları ise güneşe karşı ilkel bir filtre görevini görür. Bundan sonra ışık, koruyucu ve saydam olan dış katmanın (*saydam tabaka*) küçük bir kısmından ve *mercekten* geçer; mercek ışığı *ağtabakanın* arka kısmında odaklar. Burada, 130 milyon ışığa duyarlı çubuk ve koni, ışığı elektriksel uyarılara dönüştüren fotokimyasal tepkimelere yol açar. Her saniye bu uyarıların 1000 kadarı henüz bilemediğimiz yollardan beyne ulaştırılır ve beyin gereken tepkiyi gösterir. Çok açıktır ki, bu *yol boyunca* en ufak bir aksaklık olduğunda -saydam tabaka bulanık olabilir, gözbebeği yeterince açılmayabilir, mercek saydamlığını yitirebilir ya da odaklama bozulabilir- tanınabilir bir görüntü oluşmaz. Göz, işlevini ya bir bütün olarak görür ya da hiç işlev görmez. Öyleyse, göz, nasıl olmuş da kerte kerte, düzenli, sonsuz küçük Darwinci iyileştirmelerle evrimleşebilmiştir? Binlerce, onbinlerce şanslı mutasyonun rastlantı eseri gerçekleşerek, tek başlarına işlev göremeyen mercek ve ağtabakayı uyum içerisinde evrimleştirmesi gerçekten de mantığa sığar mı? Görmeyen bir gözün hayatta kalabilmeye ne katkısı olabilir?

Bu tuhaf mantık sık sık yürütülür; muhtemelen insanlar sonuçlarına inanmak *istedikleri* için. Şu ifadeye bakın: "...en ufak bir aksaklık olduğunda... odaklama bozulur... tanınabilir bir görüntü oluşmaz." Buradaki sözcükleri gözlüklerinizin ardından okuyor olma olasılığınız diyelim ki yüzde elli. Gözlüklerinizi çıkarın ve etrafınıza bakın. "...tanınabilir bir görüntü oluşmaz." ifadesine katılıyor musunuz? Eğer erkekseniz, 1/12 olasılıkla renk körüsünüzdür. Astigmatınız da olabilir. Gözlüksüz etrafınızı sisli ve bulanık görüyor da olabilirsiniz. Günümüzün en saygın (henüz şövalyelik ünvanı almamışsa da) evrim kuramcılarından biri gözlüklerini öylesine ender temizler ki, herhalde etrafını hep sisli ve bulanık görmektedir; ama yaşamını gayet güzel sürdürüyor ve dediğine göre sıkı bir *squash* oyuncusuymuş. Gözlüklerinizi kaybettiğinizde, belki de sokakta yürürken arkadaşlarınızı fark edemeyip onları üzersiniz. Ama birisi size "şimdi gözlerin mükemmel bir durumda olmadığı için gözlüklerini bulana dek gözlerin kapalı dolaşmalısın" derse, daha da çok üzülürsünüz. Gelgelelim, alıntıladığım paragrafın yazarı özünde bunu öneriyor.

Bu yazar, ayrıca, çok açıkmış gibi sunarak, mercek ve ağtabakanın tek başlarına işlev göremeyeceklerini söylüyor. Neye dayanarak? Bir yakınım her iki gözünden de katarakt ameliyatı oldu. Artık gözlerinde mercek yok. Gözlükleri olmadan tenis oynayamıyor veya tüfekle nişan alamıyor. Fakat bu durumun hiç görmemekten kesinlikle daha iyi olduğu konusunda bana teminat verdi; bir duvara doğru mu yoksa bir adama doğru mu yürüdüğünü bilebiliyormuşsun. Yabanıl bir hayvan merceksiz gözüyle bir avcının bulanık şeklini ve ne yönden geldiğini saptayabilir. Bazılarında hiç göz olmayan, bazılarında da merceksiz bir göz olan yaratıklarla dolu ilkel bir dünyada, merceksiz gözlüler her türlü üstünlüğe sahip olacaklardır. X'lerden oluşan bir dizimiz var; öyle ki, bulanık görmekten mükemmel görmeye doğru her küçük gelişme organizmanın hayatta kalma şansını artıracaktır ve bu mantıklıdır.

Kitapta, bundan sonra, Harvardlı saygın paleontolog Stephen Jay Gould'dan bir alıntı yapılıyor:

> Evriminin başlangıcındaki bir gözün sahibinin bu gözü görmek için kullanmadığı tartışması yapılırken mükemmel bir soru göz ardı ediliyor: %5'lik bir göz ne işe yarar?

%5'lik bir gözü olan bir hayvan bunu gerçekten de görmenin dışında bir şeyler için kullanmış olabilir, fakat görmek için de kullanmış olabilir; bu ikisinin olasılığı aynı. Aslını ararsanız, bu sorunun hiç de mükemmel bir soru olduğunu düşünmüyorum. Sizinkinin ya da benimkinin %5'i kadar görebilen bir göz, hiç gözü olmamakla kıyaslanmaya değer. %1'lik bir görme bile tam bir körlükten iyidir. Ve, %6'lık %5'likten, %7'lik %6'lıktan iyidir; böylece kerte kerte ilerleyen, süreğen dizimiz boyunca gideriz.

Bu tür sorunlar "taklitçilik yoluyla" avcılardan korunan hayvanlarla ilgilenen bazı kişileri kaygılandırıyor. Cadıçekirgeleri dal parçalarına benzer ve kuşlar tarafından yenmekten kurtulurlar. Yaprakçekirgeleri de yaprağa benzer. Birçok yenebilir kelebek türü, zararlı ya da zehirli türlere benzediği için av olmaktan kurtulur. Bu benzerlikler, bulutların gelinciğe benzemesinden çok daha etkileyicidir. Çoğu kez, "benim" böceklerin gerçek böceklere benzeyişinden bile etkileyicidir. Gerçek böceklerin altı bacağı vardır, sekiz değil! Gerçek doğal seçilimin elinde, benzerliği mükemmelleştirebilmesi için, benden en azından milyon kere fazla nesil vardı.

Böylesi örnekler için "taklit" sözcüğünü kullanmamızın nedeni, bu hayvanların bilinçli olarak başka şeyleri taklit ettiğini düşünmemiz değil, doğal seçilimin vücutları başka şeylere benzeyen bireylerin lehine çalışması. Başka bir deyişle, cadıçekirgelerinin dal parçasına benzemeyen ataları kendilerinden sonra gelecek döller bırakmadılar. Amerikalı-Alman genetikçi Richard Goldschmidt, böylesi benzerliklerin evrimleşme süreçlerinin

başlangıcında doğal seçilim tarafından kayrılamayacağını ileri sürenlerin en tanınmışlarındandır. Goldschmidt'in hayranı olan Gould, dışkı taklidi yapan böcekler için şöyle diyor: "%5 dışkıya benzemenin herhangi bir üstünlüğü olabilir mi?" Büyük oranda Gould'un etkisiyle, Goldschmidt'e yaşarken hak ettiği önemin verilmediğini ve bize öğretecek çok şeyi olduğunu söylemek son günlerde pek moda oldu. İşte size Goldschmidt'in yürüttüğü mantığa bir örnek:

> Ford .... daha iyi korunan bir türü "uzaktan andıracak" ve ne kadar az olsa da bir üstünlük sağlayacak herhangi bir mutasyondan söz ediyor. Bu benzemenin seçilim değerinin olması için ne kadar uzaktan olabileceğini sormamız gerekiyor. Kuşların, maymunların ve peygamberdevelerinin "uzak" bir benzeşmeyi fark ederek uzaklaşacak kadar muhteşem gözlemci (ya da içlerinden çok akıllı bazılarının muhteşem gözlemci) olduklarını gerçekten varsayabilir miyiz? Bence bu çok fazla şey istemek olur.

Goldschmidt'in üzerinde yürüdüğü oynak zeminde böylesi bir alaycılık yakışık almıyor. *Muhteşem* gözlemciler? İçlerindeki çok *akıllılar*? Bunları okuyanlar da kuşların ve maymunların bu uzak benzerliğe aldanmaktan *yarar sağladığını* düşünecek! Goldschmidt aslında şöyle demeliydi: "Kuşların ve maymunların bu kadar kötü gözlemci (ya da içlerinden çok aptal bazılarının kötü gözlemci) olduklarını gerçekten varsayabilir miyiz?" Ne olursa olsun, burada gerçek bir ikilem var. Evriminin başlangıcındaki bir cadıçekirgesiyle bir dal parçası arasındaki benzerlik çok az olmalı. Bir kuşun da bu uzak benzerliğe aldanması için son derece kötü görüyor olması gerekirdi. Ama günümüz cadıçekirgelerinin ağaca olan benzerliği, yalancı tomurcuklardan yaprak üzerindeki izlere ve en küçük ayrıntılara dek, bizi şaşırtacak denli iyidir. Seçimde titiz davranan avcılıklarıyla cadıçekirgelerinin evrimine son fırça darbelerini vuran kuşların,

en azından topluluk olarak, görme yeteneklerinin gayet iyi olması gerekir. Bu kuşları kandırmak son derece zor olmalıydı; aksi takdirde, böcekler bu denli mükemmel taklitçiler olarak evrilmezler, görece çok iyi olmayan taklitçiler olarak kalırlardı. Bu bariz çelişkiyi nasıl çözebiliriz?

Bir yanıt olarak, kuşların görme yeteneğinin böceklerin kamuflajıyla aynı evrimsel süreç içinde iyileştiği öne sürülebilir. İşin içine biraz da alaycılık katarsak, yalnızca %5 oranında dışkıya benzeyen bir eskiçağ böceği, yalnızca %5'lik görüşü olan bir kuşu aldatabilirdi. Ama benim vermek istediğim yanıt bu değil. Ben aslında, uzak benzeşmeden mükemmele yakın taklitçiliğe dek tüm evrim sürecinin farklı böcek gruplarında birçok kez baştan sona, oldukça hızlı yaşandığından ve bu uzun süre boyunca da kuşların görüşünün bugünkü kadar iyi olduğundan kuşkulanıyorum.

Bu ikileme verilecek bir başka yanıtsa şöyle: Belki de, kuş veya maymun türlerinin her birinin görüşü zayıftır ve bir böceğin yalnızca tek bir yönüne odaklanmıştır. Bir avcı türü yalnızca rengi, diğeriyse yalnızca şekli, bir diğeriyse yalnızca dokuyu fark etmektedir. Bu durumda, tek bir yönüyle dal parçasına benzeyen bir böcek -diğer bütün türler tarafından yense bile- yalnızca bir avcı türünü kandırmayı başaracaktır. Evrim süreci ilerledikçe, böceklerin dağarcığına dal parçasına benzeyen özelliklerden gittikçe daha fazlası eklenir. Nihai aşamada, taklitçiliğin çok yönlü benzerliklerini bir araya getiren, birçok farklı avcı türünün oluşturduğu doğal seçilim baskılarının toplamıdır. Taklitçiliğin mükemmelliğinin tümünü görebilen tek bir avcı yoktur; bunu ancak biz yaparız.

Bu sanki, yalnızca bizler taklitçiliği tüm görkemiyle görebilecek denli "akıllı"ymışız iması taşıyor. Ben bir başka açıklamayı yeğliyorum ama tek nedeni insanın bu kendini beğenmişliği değil. Neden şu: Bir avcının görüş yeteneği bazı koşullar altında ne denli iyi olursa olsun, başka koşullar altında son derece zayıf olabilir. Çok aşina olduğumuz kendi deneyimlerimizden, mü-

kemmel görmeyle kötü görme arasındaki bütün durumları geyet iyi biliriz. Eğer gün ışığında ve burnumun 5 santimetre ötesindeki bir cadıçekirgesine doğrudan bakıyorsam, aldanmam. Gövdeye yapışmış uzun bacakları fark ederim. Gerçek bir ağaçta görülemeyecek, doğal olmayan simetri dikkatimi çekebilir. Ama ben, aynı gözler ve aynı beyinle, günbatımında ormanda yürüyüşe çıkmışsam, etraftaki bir sürü dalın arasında, parlak renkli olmayan böceklerin hemen hemen hiçbirini fark etmeyebilirim. Böceğin görüntüsü ağtabakanın daha keskin görüş veren merkez bölgesi yerine kenarına düşebilir. Böcek 50 metre uzakta olabilir ve dolayısıyla ağtabakam üzerinde çok küçük bir görüntü oluşur. Işık o kadar zayıf olabilir ki, zaten hiçbir şey göremiyor olabilirim.

Aslında, böceğin dal parçasıyla benzerliğinin *ne denli uzak*, ne denli zayıf olduğu önemli değil; çok iyi bir gözün bile bu zayıf benzerliğe aldanacağı bir ışık *değeri*, bir uzaklık mutlaka vardır ya da avcının dikkatini başka şeyler çelmiştir. Bu yaklaşım gözünüzde canlandıracağınız bir örnek için size mantıklı gelmiyorsa, ışığı biraz daha azaltın ya da ağaçtan biraz daha uzaklaşın! Aslolan şu: Birçok böcek avcıdan uzak olduğu ya da avcının ona gündoğumunda, siste bakıyor olduğu durumlarda (belki de istekli bir dişi, avcının aklını çelmektedir o anda), bir tomurcuk, yaprak veya dışkı yığınına son derece az da olsa benzemesi sayesinde kurtulmuştur. Ve, birçok böcek, avcıya çok yakın olduğu ve avcının ona bol ışık altında bakıyor olduğu durumlarda (belki de aynı avcıdır bu), bir dala müthiş benzemesi sayesinde kurtulmuştur. Önemli olan, ışık yoğunluğu, böcekle avcı arasındaki uzaklık, görüntünün ağtabaka merkezine uzaklığı ve benzeri değişkenlerin hepsinin *sürekli* değişkenler olmasıdır. Böylesi sürekli değişkenler görünmezliğin en uç noktasından görünürlüğün en uç noktasına dek fark edemeyeceğimiz denli küçük aralıklarla değişir ve sürekli kerte kerte ilerleyen bir evrimi besler.

Richard Goldschmidt'in sorununun -bu, meslek hayatının büyük bir bölümünde, sık sık evrimin küçük adımlar yerine

büyük sıçramalarla ilerlediği inancına başvurmasına neden olan sorunlardan biriydi- sorun olmadığı ortaya çıkıyor böylece. Yeri gelmişken yineleyeyim: Bir kez daha, %5'lik görme yeteneğinin hiç görmemekten daha iyi olduğunu göstermiş olduk. Büyük olasılıkla, ağtabakamın kenarındaki görme yeteneği, merkezindeki görme yeteneğinin %5'inden bile daha zayıftır. Yine de, göz ucuyla koca bir kamyonun veya otobüsün gelmekte olduğunu fark edebilirim. İşe her gün bisikletle gittiğim için, bu olgu büyük olasılıkla geçmişte hayatımı kurtarmıştır. Hava yağmurlu olduğunda, görüşümdeki değişikliği fark ediyorum ve şapka giyiyorum. Karanlık bir gecede görüş yeteneğimizse, gün ortasındakinin %5'inden çok daha kötü olmalı. Yine de, atalarımızdan birçoğu, büyük olasılıkla, gecenin bir yarısında gerçekten de önemli olan bir şeyi görerek hayatta kalabilmişlerdir -belki bir "kılıç dişli kaplan", belki de bir uçurum...

Hepimiz kişisel deneyimlerimizden -örneğin, karanlık bir gecede- biliriz ki, tümden kör olmaktan mükemmel görmeye dek bizim fark edemeyeceğimiz aralıklarla uzanan, süreğen bir dizi vardır ve bu dizi boyunca atılan her adım önemli çıkarlar sağlar. Bir dürbünden bakarken ve dürbünü odaklamaya çalışırken, odaklama kalitesinin derecelenmiş bir diziden oluştuğunu ve bu dizi içindeki her adımın bir öncekine göre daha iyiye götürdüğünü anlayıveririz. Renkli bir televizyonun renk düğmesini çevirirken, siyah-beyazdan tümüyle renkli görüntüye ilerleyen, dereceli bir dizi olduğunu görürüz. Gözbebeğimizi açıp kapatan iris (diyafram) parlak ışıkta gözlerimizin kamaşmasını önler; loş ışıkta da görebilmemizi sağlar. Bize doğru gelen otomobillerin farları bir an için gözümüzü aldığında, gözümüzde iris olmamasının nasıl bir şey olduğunu anlayabiliriz. Hiç hoş değildir bu, hatta tehlikelidir; ancak gözün çalışmasının durduğu anlamına gelmez. "Göz bir bütün olarak çalışır ya da hiç çalışmaz" savı yanlış; bir an düşünüp kendi deneyimlerini hatırlayan birisi için açıkça yanlış.

5. sorumuza dönelim. İnsan gözünü hiç göz olmaması durumuna bağlayan varsayımsal X'ler dizisinin her bir üyesini ele alalım. Bunların her birinin yeterince iyi işlev görerek ilgili hayvanların hayatta kalmasına ve üremesine yardımcı olması mantıklı mıdır? Artık evrim karşıtının "Bu sorunun yanıtının hayır olduğu çok açıktır!" savının ne denli aptalca olduğunu gördük. Peki, yanıt "Evet" mi? Bence öyle, ancak yanıtın evet olduğu hemen görülemiyor. Gözün bir parçasına sahip olmak, hiç gözü olmamaktan daha iyidir. Bununla da kalmıyor; günümüz hayvanları arasında bir dizi ara-göz de bulabiliyoruz. Kuşkusuz, bu ara-gözler geçmişteki göz çeşitlerini temsil etmiyor, ama ara-tasarımların çalışabildiğini ortaya koyuyor.

Bazı tek hücreli hayvanlarda, arkasında pigmentli bir ekran olan, ışığa duyarlı bir nokta vardır. Bu ekran belirli bir yönden gelen ışığa karşı koruma sağlar. Böylece de hayvan ışığın nereden geldiği konusunda bir "fikir" edinmiş olur. Çok hücreli hayvanlar arasında, birçok solucan türünde ve bazı kabuklu hayvanlarda, benzer bir yapı vardır ancak arkası pigmentli, ışığa duyarlı hücreler küçük bir oyuk içine yerleşmiştir. Bu, yön bulma yeteneğinin bir parça daha iyi olmasını sağlar çünkü her hücre, çukura kendi bulunduğu taraftan gelen ışık ışınlarına karşı, seçmeli olarak korunmaktadır. Düz bir tabaka halindeki ışığa duyarlı hücrelerde sığ bir çukura ve sonra da derin bir çukura doğru giden süreğen bir dizide, ne denli küçük (ya da büyük) olursa olsun, her adım optik bir iyileşme sağlayacaktır. Şimdi, çukuru iyice derinleştirir ve kenarlarını çukurun ağzını kapatacak biçimde katlarsanız, sonunda iğnedelikli, merceksiz bir kamera yapmış olursunuz. Sığ bir çukurdan iğnedelikli kameraya, sürekli derecelendirilmiş bir dizi vardır (bunu gözünüzde canlandırabilmek için 4. Şekil'deki evrim dizisinin ilk yedi nesline bakın).

İğnedelikli kamerada belirli bir görüntü oluşur; delik ne kadar ufaksa, görüntü de o kadar net fakat karanlıktır; delik ne kadar büyükse, görüntü o kadar parlak ancak bulanıktır. Soyu

tükenmiş ammonitler gibi, bir kabuk içinde yaşayan, oldukça tuhaf, kalamar benzeri, yüzen bir yumuşakça olan notilusun göz olarak bir çift iğnedelikli kamerası vardır (5. Şekil'deki kabuklu kafadanbacaklıya bakın). Bu gözün şekli temelde bizimkilere benzer, ama merceği yoktur ve gözbebeği göz içindeki boşluğa deniz suyunun girmesini sağlayan bir deliktir sadece. Aslına bakarsanız, notilus tam bir bulmacadır. Atalarının iğnedelikli gözü geliştirmesinden bu yana yüz milyonlarca yıl geçmesine karşın, notilus neden mercek ilkesini keşfedememiştir? Bir merceğin üstünlüğü, görüntünün hem net hem de parlak olmasını sağlamasıdır. Bu konuda kafaları kurcalayan şu: notilusun ağtabakasının kalitesi, bir merceğin hayvanın gözüne anında büyük yarar sağlayacağını gösteriyor. Bu durum aynen, mükemmel bir ses sistemi ve amplifikatöre bağlı körelmiş iğneli bir gramofon çalmaya benziyor. Sistem "Belirli, basit bir değişim geçirmeliyim." diye bas bas bağırıyor. Bu örneği genetik hiperuzama taşırsak, notilus açık ve hemen uygulanabilecek bir iyileşmenin hemen yanında duruyor, ama gereken küçük adımı atamamış. Neden? Sussex Üniversitesi'nden Michael Land, omurgasızların gözleri konusunda önde gelen otoritemiz, bu konuda kaygılı; ben de kaygılıyım. Notilus dölütlerinin gelişme biçimi nedeniyle mi gereken mutasyonlar oluşamıyor? Buna inanmak istemiyorum fakat daha iyi bir açıklama da getiremiyorum. En azından, notilus, merceksiz bir göze sahip olmanın hiç gözü olmamaktan daha iyi olduğunu dramatik bir şekilde ortaya koyuyor.

Eğer göz olarak bir çukura sahipseniz, bu çukurun ağzı üzerindeki biraz dışbükey, biraz saydam -hatta yalnızca ışığı geçiren- malzemelerin hemen hemen hepsi görme yeteneğinde bir iyileşme sağlayacaktır, çünkü bu malzemelerin bazı mercek benzeri özellikleri vardır. Yüzeylerinde ışığı toplar ve ağtabaka üzerindeki daha küçük bir alan üzerinde yoğunlaştırırlar. Böylesine kaba bir önmercek bir kez oluştuktan sonra, sürekli, derecelendirmeli bir iyileştirmeler dizisi vardır artık: önmerceğin

gerçek bir mercek olma yolunda kalınlaşması, daha saydamlaşması, daha net görüntülemesi... Notilusun akrabaları olan kalamarlar ve ahtapotlarda, ataları kamera-göz ilkesini bizden kesinlikle bağımsız evrimleştirmiş olmalarına karşın, bizdekilere çok benzeyen gerçek mercekler vardır. Michael Land gözlerin kullandığı görüntünün oluşmasında dokuz temel ilke olduğunu ve bunların çoğunun birçok kereler birbirinden bağımsız olarak evrimleştiğini söylüyor. Örneğin, eğimli yansıtıcı ilkesi bizim kamera-gözümüzden tümüyle farklıdır (eğimli yansıtıcı ilkesini radyoteleskoplarda ve yapabildiğimiz en büyük teleskoplarda kullanıyoruz, çünkü büyük bir ayna yapmak, büyük bir mercek yapmaktan daha kolaydır) ve çeşitli yumuşakçalar ve kabuklularca birbirinden bağımsız olarak "keşfedilmiştir". Diğer kabukluların böceklerinki gibi bileşik gözleri (bu aslında birçok ufak gözden oluşan bir kümedir), diğer yumuşakçalarınsa bizimkiler gibi mercekli kamera-gözleri ya da iğnedelikli kamera gözleri vardır. Bu göz çeşitlerinin her biri için, günümüzde yaşayan diğer hayvanların iş gören gözlerine karşılık gelen evrimsel ara-göz aşamaları vardır.

Evrim karşıtı propagandalar, çoğunlukla, kademeli ara aşamalardan "geçmiş olması imkânsız" karmaşık sistemleri örnek gösterir. Bu, aslında II. Bölüm'de karşılaştığımız, oldukça dokunaklı "Kişisel Kuşkuculuk Yaklaşımı"nın bir başka biçimidir. Örneğin, *Zürafanın Boynu*'nda, göz konusundaki bölümden hemen sonra bombacıböceğe geçiliyor.

> (Bu böcek) düşmanının suratına öldürücü bir hidrokinon ve hidrojen peroksit karışımı fışkırtıyor. Bu iki kimyasal maddde karıştıklarında kelimenin tam anlamıyla patlıyorlar. Dolayısıyla, bombacıböcek bu kimyasalları vücudunda depolayabilmek için, onları etkisiz kılacak kimyasal bir engelleyici evrimleştirmiştir. Böcek kuyruğunun ucundan sıvıyı fışkırttığı anda, bir engelleyici-karşıtı karışıma eklenir ve karışım tekrar patlayıcı hale gelir. Böylesine karma-

şık, eşgüdümlü ve incelikli bir sürecin evrilmesine yol açan olaylar dizisi, basit, adım adım ilerlemeyi temel alan biyolojik açıklamanın çok ötesindedir. Kimyasal dengedeki en ufak bir değişiklik, anında, patlayan bir böcekler ırkı yaratacaktır.

Biyokimyacı bir arkadaşım bana bir şişe hidrojen peroksit ve 50 bombacıböceğe yetecek kadar hidrokinon verdi. Şu anda, bu iki kimyasalı karıştırmak üzereyim. Yukarıda yazılanlara göre benim suratımda patlayacaklar. İşte, karıştırıyorum ve...

Görüyorsunuz ya, hâlâ buradayım. Hidrojen peroksiti hidrokinonun içine döktüm ve hiçbir şey olmadı; ısınmadı bile. Böyle olacağını elbette biliyordum: o kadar da çılgın değilim! "Bu iki kimyasal madde karıştıklarında kelimenin tam anlamıyla patlıyorlar." tümcesi baştan aşağı yanlış, ancak yine de yaratılışçı edebiyatında sık sık yineleniyor. Eğer bombacıböceği merak ettiyseniz anlatayım, olay şu: Bu böceğin düşmanlarına sıcak bir hidrojen peroksit-hidrokinon karışımı püskürttüğü doğru. Ancak hidrojen peroksit ve hidrokinon karışımı içine bir katalizör eklenmedikçe şiddetli tepkime vermez. İşte, bombacıböceğin yaptığı da bu: katalizör eklemek. Sistemin evrimsel öncüllerine gelince, vücut kimyasında hem hidrojen peroksit hem de çeşitli hidrokinonlar başka amaçlarla kullanılıyor. Bombacıböceğin ataları zaten ellerinde olan kimyasalları kullandılar; bu kadar basit. Evrim çoğu zaman böyle çalışır.

Sözünü ettiğim kitabın bombacıböceği anlattığı sayfada şu soru var: " ... yarım bir akciğer ne işe yarar? Kuşkusuz, doğal seçilim böylesi tuhaflıkları olan yaratıkları korumayacak, onları eleyecektir." Sağlıklı, yetişkin bir insanda, iki akciğerin her biri dallanmış bir tüpler sisteminin ucunda 300 milyon kadar minik odacığa bölünmüştür. Bu tüplerin mimarisi, bir önceki bölümde yer alan 2. Şekil'in alt kısmındaki biyomorf ağacını andırır. O ağaçta, "Gen 9" ile belirlenen birbirini izleyen dallanmaların sayısı sekiz; dal uçlarının sayısıysa 2^8, yani 256'ydı.

2. Şekil'de, aşağı doğru indikçe, dal uçlarının sayısı her seferinde ikiye katlanıyor. 300 milyon dal ucu elde edebilmek için, yalnızca 29 kez ikiye katlamak gerekiyor. Tek bir odacıktan 300 milyon ufak odacığa doğru süreğen bir derecelendirme olduğuna dikkat edin; derecelendirmedeki her adımda bir tane daha ikili dallanma oluyor. Bu dönüşüme 29 dallanmayla ulaşılabiliyor; naif bir yaklaşımla, bunun genetik uzamda 29 adımlık bir gezinti olduğunu düşünebiliriz.

Akciğerlerde, bu dallanma sonucunda, her bir akciğerin içindeki yüzey alanı yaklaşık 60 m^2'ye ulaşır. Bir akciğer için, yüzey alanı önemli bir değişkendir, çünkü oksijenin hangi hızla içeri alınabileceğini ve karbon dioksitin hangi hızla dışarı atılabileceğini belirler ve *sürekli* bir değişkendir. Alan, ya tümüyle sahip olacağınız ya da hiç sahip olmayacağınız şeylerden biri değildir; biraz daha azına ya da fazlasına sahip olabileceğiniz bir şeydir. En önemlisi de, akciğerin alanı, 0 m^2'den 60 m^2'ye *küçük aralıklarla*, adım adım değişir.

Ameliyatla akciğerlerinin bir tanesi alınmış bir sürü insan var, hatta bazılarında tek bir akciğerin yalnızca üçte biri var. Bu insanlar çok uzun süre ya da çok hızlı yürüyemiyorlar ama yine de yürüyorlar. İşte can alıcı nokta da bu. Akciğerin yüzey alanını kerte kerte azaltmanın yaşamı sürdürebilme üzerindeki etkisi mutlak, yani "ya hep ya hiç" türünden bir etki değildir; yürüme mesafeniz ve hızınız adım adım, sürekli değişerek etkilenir. Aslında bu, yaşam süresi beklentinizi de adım adım, sürekli değişerek etkiler. Ölüm, belirli bir yüzey alanının altına düşüldüğünde ansızın gelmez! Yüzey alanı en uygun düzeyin altına düştüğünde (ve aynı değerin üstüne çıktığında, farklı nedenlerle), ölüm kerte kerte daha olası hale gelir.

Akciğer geliştiren ilk atalarımızın suda yaşadıkları hemen hemen kesin. Günümüz balıklarına bakarak bu ataların nasıl soluk aldıklarına ilişkin bir fikir edinebiliriz. Günümüz balıklarının çoğu suda solungaçlarla soluk alırlar, fakat çamurlu, bataklık sularda yaşayan birçok balık türü solungaçlara destek olmak

için yüzeydeki havayı yutarlar. Bu balıklar ağzın iç boşluğunu bir çeşit ön-akciğer olarak kullanır ve bazılarında da bu boşluk, kan damarlarınca zengin bir soluk alma cebi halinde genişlemiştir. Daha önce de gördük; tek bir cebi günümüz insan akciğerlerinde olduğu gibi dallanmış 300 milyon cebe bağlayan süreğen bir X'ler dizisi düşünmemizi engelleyen bir sorun yok.

İlginçtir, günümüz balıklarından birçoğunun cebi tektir ve bu tek cebi tümüyle farklı bir amaçla kullanırlar. Cep, büyük olasılıkla bir akciğer olarak işe başlamasına karşın, evrim süreci içinde balığın kendini kalıcı bir dengede tutmasına yarayan dahice bir düzenek olan hava kesesi haline gelmiş. Hava kesesi olmayan bir hayvan, normalde, sudan biraz daha yoğundur ve bu yüzden de dibe batar. İşte, köpekbalıklarının batmamak için durmadan yüzmek zorunda olmalarının nedeni budur. Vücudunun içinde bizim koca akciğerlerimiz gibi geniş hava cepleri olan bir hayvansa, yüzeye çıkma eğilimindedir. Bu sürekliliğin ortasında bir yerlerde, hava kesesi doğru büyüklükte olan bir hayvan ne batar ne de su yüzüne çıkar; hiç çaba harcamaksızın dengesini koruyarak aynı düzeyde kalır. Köpekbalıkları dışındaki günümüz balıklarının kullandığı hile işte budur: Köpekbalıklarının tersine, batmayı önlemek için enerji harcamazlar. Yüzgeçleri ve kuyrukları hızlı itme sağlamak ve yön değiştirmek için serbest kalmıştır. Hava keselerini doldurmak için artık dışarıdaki havaya gereksinmezler, çünkü gaz üreten özel bezleri vardır. Bu bezleri ve başka yöntemler kullanarak kesedeki gaz hacmini büyük bir doğrulukla düzenleyerek kendilerini kesin bir hidrostatik dengede tutarlar.

Günümüz balık türlerinin çoğu su dışına çıkabilir. Aşırı örneklerden biri, suya ender giren, Hindistan'da yaşayan tırmananbalıktır. Bu balık, bizim atalarımızınkinden oldukça farklı bir akciğer geliştirmiştir: Solungaçları çevreleyen bir hava odacığı vardır. Başka balıklar temelde suda yaşar, fakat su dışına kısa akınlar düzenlerler. Büyük olasılıkla, bizim atalarımızın yaptığı da buydu. Burada dikkatinizi çekmek istediğim nokta,

suda kalma süresinin sürekli olarak, ta sıfıra dek, değişebilmesi. Temelde suda yaşayan ve soluk alan, fakat arada bir karaya çıkan bir balıksanız (belki de kurak bir dönemde bir çamur birikintisinden diğerine geçerek hayatta kalma savaşı veriyorsunuzdur), bir akciğerin sadece yarısı değil, yüzde biri bile işinize yarayacaktır. İlkel akciğerinizin ne kadar küçük olduğu hiç önemli değildir; bu küçük akciğerle su dışında kalmaya dayanabileceğiniz bir süre vardır ve bu süre akciğersiz dayanabileceğinizden biraz daha fazladır. Süre, sürekli değişir. Suda soluk alan hayvanlarla havada soluk alan hayvanlar arasında kesin bir çizgi yoktur. Bazı hayvanlar zamanlarının %99'unu suda geçirir, bazıları %98'ini, bazıları da %97'sini... Bu, %0'a dek gider. Bu iki uç arasındaki yolun her adımında, akciğerin yüzey alanındaki her ufacık artış üstünlük sağlayacaktır. Bu iki uç arasındaki yol kesintisizdir ve küçük adımlarla alınır.

Yarım bir kanat ne işe yarar? Kanatlar nasıl oluştu? Birçok hayvan daldan dala atlar ve bazen de yere düşer. Tüm vücut, özellikle de küçük bir hayvanda, kabaca bir uçak kanadı biçimi alarak havayı kavrar ve sıçramaya yardımcı olur ya da düşüşü durdurur. Yüzey alanı/ağırlık oranındaki her artış, bu duruma yardımcı olacaktır; örneğin, eklemlerin açı yaptıkları noktalarda büyüyen deriden kanatçıklar yüzey alanı/ağırlık oranını artırır. Buradan başlayarak, süzülen kanatlara ve dolayısıyla çırpılan kanatlara götüren kesintisiz bir derecelendirme dizisi vardır. İlk-kanatlı ilk hayvanların atlayamayacağı uzaklıklar olduğu çok açık. Aynı biçimde, ilk hayvanlarda, havayı tutan yüzeylerin her büyüklük ya da küçüklük derecesi için, ne denli kısa olursa olsun, kanatçıkla atlanabilecek ve kanatçıksız atlanmayacak bir uzaklık olması gerektiği de çok açık.

Ya da, eğer ilkörnek kanatçıklar hayvanın düşüşünü durdurmakta işe yarıyorsa, "belirli bir büyüklüğün altındaki kanatçıklar hiçbir işe yaramaz" diyemezsiniz. Bir kez daha, ilk kanatçıkların *ne denli* küçük oldukları, kanada benzeyip benzemedikleri önemli değil. Bir hayvanın düştüğünde kafasını kıracağı bir

yükseklik mutlaka vardır -buna h yüksekliği diyelim. Eğer yükseklik biraz daha azsa, hayvan yaşayacaktır. Bu can alıcı bölgede vücut yüzeyinin havayı tutma ve düşüşü önleme yeteneğindeki herhangi bir iyileşme -bu iyileşme ne denli küçük olursa olsun- yaşamayı ya da ölmeyi belirler. Bu durumda, doğal seçilim, küçük ilkörnek kanatçıkların lehine çalışacaktır. Küçük kanatçıklar alışılmış hale geldiğindeyse, can alıcı yükseklik h biraz fazlalaşacaktır. Artık, yaşamla ölüm arasındaki çizgi kanatçıklardaki daha fazla bir büyümeye bağlıdır. Bu, bildiğimiz kanatlar ortaya çıkana dek böylece gider.

Günümüzde, bu sürekliliğin her aşamasını gayet güzel sergileyen hayvanlar yaşamaktadır. Ayak parmakları arasındaki büyük perdelerle havada süzülen kurbağalar, vücutları havayı tutacak biçimde düzleşmiş ağaç yılanları, vücutlarında kanatçıkları olan kertenkeleler ve yarasaların atalarının nasıl olması gerektiğini gösteren, bacakları arasındaki zarlar sayesinde süzülebilen birçok farklı memeli çeşidi var. Yaratılışçı söylemin tersine, yalnızca "yarım kanatlı" hayvanlara değil, dörtte bir kanatlı, üçte bir kanatlı hayvanlara da sık sık rastlıyoruz. Biçimleri ne olursa olsun, çok küçük hayvanların havada yavaşça süzülmesi, uçuşta bir süreklilik olduğu fikrini daha da inandırıcı kılıyor. Bu inandırıcılığın nedeni, küçükle büyük arasında son derece küçük aralıklarla derecelendirilmiş bir süreklilik olması.

Birçok adım sonunda biriken ufak değişiklikler düşüncesi müthiş güçlü bir düşüncedir. Bu yaklaşım olmasaydı birçok şey açıklanamaz kalacaktı. Yılan zehiri nasıl oluştu? Birçok hayvan ısırır ve her hayvanın salyasında bir yaraya değdiğinde allerjik tepkimeler oluşturacak proteinler vardır. Zehirli olmadığı söylenen yılanlar bile bazı insanları ısırdığında acı veren tepkimelere neden olabilir. Sıradan bir salyadan ölümcül zehire, kesintisiz ve dereceli bir dizi vardır.

Kulaklar nasıl oluştu? Her deri parçası, titreşen bir nesneyle temas ettiğinde titreşimleri saptayabilir. Bu, dokunma duygusunun doğal bir sonucudur. Doğal seçilimin, çok *hafif* titreşimler

algılanabilir hale gelene dek bu yeteneği zenginleştirdiğini kolaylıkla söyleyebiliriz. Bu noktada, deri *havadaki* titreşimlerin yeterli yükseklikteki ya da yakınlıktaki olanlarını algılayabilecek hale gelmiştir. Bundan sonra, doğal seçilim, gittikçe artan uzaklıklardan gelen havadaki titreşimleri saptayacak özel organların -kulakların- evrimi lehine çalışacaktır. Bütün bu süreç boyunca kesintisiz, adım adım bir iyileşme olacağını görmek kolay. Yansımayla yer saptama nasıl oluştu? Duyabilen her hayvan yansımaları da duyar. Körlerin bu yansımayı kullandıkları sık sık gözlenir. Eski memelilerdeki böylesi bir yeteneğin kaba bir çeşitlemesi doğal seçilim için gereken hammaddeyi sağlamış olabilir. Doğal seçilim bunu temel alarak çalışmaya başlamış ve ufak adımlarla ilerleyerek yarasalardaki mükemmelliğe erişilmiş olabilir.

%5'lik görüş yeteneği hiç görmemekten iyidir. %5'lik duyma yeteneği hiç duymamaktan iyidir. %5'lik uçma yeteneği hiç uçamamaktan iyidir. Gerçek hayatta gördüğümüz her organ veya düzenek, hayvanlar uzamında kat edilen düzgün bir yolun ürünüdür; her ara aşamanın hayatta kalmaya ve üremeye yardımcı olduğu bir yol. Ne zaman ki gerçek, yaşayan bir hayvanda bir X vardır -burada X tek bir adımda rastlantı eseri ortaya çıkamayacak kadar karmaşık bir organı simgelemektedir- doğal seçilimle evrim kuramı uyarınca, X'in bir parçasına sahip olmak hiç olmamasından iyidir; beşte bir X, onda bir X'ten iyidir; X'in tümüne sahip olmak onda dokuzuna sahip olmaktan iyidir. Bunun gözler ve kulaklar -yarasa kulakları, kanatlar, kamuflajlı ve taklitçi böcekler, yılan çenesi, iğneler, gugukkuşunun alışkanlıkları ve evrim karşıtlarının ortaya attığı bütün diğer örnekler dahil- için doğru olduğunu kabul etme konusunda hiçbir sorunum yok. Kuşkusuz, bu tümcelerin *doğru olmayacağı* birçok X'ler, ara adımların kendinden önce gelenlere kıyasla iyileşme sağlamadığı evrimsel yollar *kurgulanabilir*. Ancak gerçek dünyada böyle X'ler bulunmuyor.

Darwin, *Türlerin Kökeni*' nde şöyle yazıyor:

Eğer birbirini izleyen, sayısız, küçük değişimlerle oluşması olanaksız herhangi bir karmaşık organın var olduğu gösterilebilseydi, benim kuramım çökerdi.

Darwin'in bunu söylemesinin üstünden yüz yirmi beş yıl geçti; hayvanlar ve bitkiler hakkında çok fazla şey öğrendik ve hâlâ birbirini izleyen, sayısız, küçük değişimlerle oluşması olanaksız, karmaşık bir organ bilmiyorum. Böyle bir örneğin bulunabileceğine de inanmıyorum. Eğer bulunursa, Darwinciliğe inanmaktan vazgeçeceğim -bunun *gerçekten* karmaşık bir organ olması gerekir ve daha sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi, "küçük"ten ne anladığımız konusunda gelişkin bir kavrayışa sahip olmalıyız.

Zaman zaman kademeli ara aşamaların tarihçesi, günümüzde yaşayan hayvanlarda nihai tasarımdaki belirgin kusurlu noktalar biçiminde açıkça görülebilir. Stephen Gould, *Panda's Thumb* (Pandanın Başparmağı) adlı müthiş güzel makalesinde, mükemmel olmayanın mükemmelden daha güçlü bir evrim kanıtı olacağını vurgular. İki örnek vereceğim.

Yassı olmak ve yüzeylerin dış çizgileri boyunca ilerlemek deniz dibindeki balıklara yarar sağlar. Deniz dibinde yaşayan birbirinden çok farklı iki çeşit yassı balık vardır ve bunların yassılıkları farklı yollardan gelişmiştir. Köpekbalıklarının akrabaları olan kedibalıkları ve tırpanalar, akla ilk geliveren yoldan yassılmışlardır. Vücutları yanlara doğru gelişerek kocaman "kanatlar" oluşmuştur. Silindir altında kalmış köpekbalıklarına benzerler, fakat simetriktirler ve "doğru tarafları yukarı bakmaktadır". Pisibalığı, dilbalığı, kalkan ve akrabalarıysa farklı bir yoldan yassılaşmıştır. Bunlar kemikli balıklardır (yüzme keseleri vardır); ringa balıkları ve alabalıklarla akrabalardır; köpekbalıklarıyla hiçbir ilgileri yoktur. Kemikli balıklar, bir kural olarak, köpekbalıklarının tersine, dikey yönde yassılmaya eğilimlidir. Örneğin, bir ringa balığının "yüksekliği" genişliğinden fazladır. Bu balık dikey olarak yassılmış gövdesinin tümünü yüz-

me yüzeyi olarak kullanır ve balık yüzerken bu yüzey kıvrılır. Dolayısıyla, pisibalığı ve dilbalığının ataları deniz dibine alıştıklarında, kedibalıkları ve tırpanaların ataları gibi karınüstü gideceklerine *yan* yüzeyleri üstüne dönmüşlerdir. Fakat bu durum balığın gözlerinden birinin hep aşağı, kuma doğru bakması ve kullanılamaması sorununu doğurmuştur. Evrim bu sorunu alt gözü üst tarafa doğru "döndürerek" halletmiştir.

Bu döndürme işleminin kemikli yassı balıkların yavrularının hepsinin gelişiminde tekrarlandığını görüyoruz. Yavru yassı balık yaşamına yüzeye yakın yüzerek başlar; tıpkı ringa balığı gibi simetrik ve dikey yönde yassılmıştır. Fakat sonra, kafası tuhaf, simetrik olmayan, bükülmüş bir biçimde büyümeye başlar; öyle ki, bir göz -örneğin sol göz- balığın kafasının tepesine doğru hareket eder ve kafanın diğer tarafına geçer. Yavru balık dibe yerleşir; iki gözü de yukarı doğru bakmaktadır, tuhaf, Picassovari bir biçim. Bazı yassı balık türlerinde gözler sağ yana, bazılarında da sola geçer, bazılarındaysa her iki yana da geçebilir.

Kemikli yassı balıkların kafa kemiği başlangıçtaki halinin bükülmüş, şekli bozulmuş bir kanıtıdır. Mükemmel olmayan bu kafa, balığın uzak geçmişinin, bilinçli tasarım yerine adım adım değişimden oluşan bir geçmişin güçlü bir tanığıdır. Eline temiz, bembeyaz bir çizim masası verilen hiçbir aklı başında tasarımcı, böyle bir garabet düşünemez. Sanırım, aklı başında tasarımcıların çoğu tırpanaya benzer bir şey yaratırlardı. Ancak evrim asla temiz, bembeyaz bir çizim masasıyla başlamaz işine. Elinde olanla başlamak zorundadır. Tırpanaların atalarıysa serbest-yüzen köpekbalıklarıydı. Genelde, ringa balıklarının aksine, köpekbalıkları serbest-yüzen kemikli balıklar gibi yanlara doğru yassılmamışlardır. Köpekbalıkları zaten arkadan karına doğru hafifçe yassıdır. Bunun anlamı şu: Köpekbalıklarının ataları deniz dibine ilk alıştıklarında, tırpana şekline doğru kerte kerte bir geçiş olmuştur; bu geçişte, deniz dibi koşullarında her ara adım bir önceki biraz daha az yassı şekle göre hafif bir iyileşme sağlamıştır.

Öte yandan, pisibalığı ve kalkanın serbest-yüzen, dikey yönde yassılaşmış atası deniz dibine yerleştiğinde, bıçaksırtı benzeri bir karın üstünde dengede durmaktansa, yan yüzeylerden birinin üstüne dönmek onun için daha iyi olmuştur! Evriminin izlediği yol sonunda bu balığı, kafasının bir yanında iki gözü olmak gibi karmaşık ve büyük olasılıkla masraflı bozunmalara götürse bile, tırpana yöntemiyle yassı balık olmak *son kertede* kemikli balıklar için de en iyi tasarım sayılsa bile, bu evrimsel patikada boy gösteren ara-biçimlerin kısa dönemde yan taraflarına dönen rakiplerinden daha az üstünlüğe sahip oldukları çok açıktır. Yan taraflarına dönen rakipleri kısa dönemde deniz dibine alışmakta daha başarılı oldu. Genetik hiperuzamda, serbest-yüzen eski kemikli balıkları, kıvrılmış kafataslarıyla yan tarafa yatmış yassı balıklara bağlayan düz bir yol vardır. Oysa, bu yassı balıkların atalarını karınları üzerine yatmış yassı balıklara bağlayan düz bir yol yoktur. Aslında, bu kurgu gerçeğin tümünü yansıtmıyor, çünkü tırpana yöntemiyle simetrik bir yassılık evrimleştirmiş olan birtakım kemikli balıklar da var. Belki de, bu balıkların serbest-yüzen ataları zaten başka bir nedenle bir parça yassılaşmışlardı.

Elverişsiz ara-biçimler yüzünden gerçekleşemeyen ikinci evrimsel gelişim örneği -gerçekleşmesi durumunda yarar sağlayacak olmasına karşın- gözümüzün (ve tüm diğer omurgalıların gözlerinin) ağtabakasına ilişkin. Diğer bütün sinirler gibi görme siniri de birbirinden ayrı, "yalıtılmış" üç milyon kadar telden oluşan bir kümedir. Bu üç milyon telin her biri ağtabadaki bir hücreden çıkar ve beyne gider. Bunları üç milyon fotosellik bir öbekten (aslında daha yüksek sayıdaki fotosellerden bilgi toplayan üç milyon röle istasyonundan) hareket ederek, bilgiyi işleyecek olan beyindeki bilgisayara bağlayan teller olarak düşünebilirsiniz. Teller ağtabakanın her yerinden gelerek tek bir demeti, görme sinirini oluşturur.

Bir mühendis, doğal olarak, fotosellerin ışığa dönük olacağını ve tellerin de geriye, beyne doğru uzanacağını varsayacaktır.

Fotosellerin ışığın tersi yöne bakması ve tellerin de ışığa *en yakın* yerden çıkması önerilse, mühendis bu öneriye güler. Ancak tüm omurgalıların ağtabakalarında gördüğümüz yapı budur. Her fotoselin teli ters yönde, ışığa en yakın yerden çıkar; ağtabakanın yüzeyinden geçer; ağtabaka üstünde "kör nokta" dediğimiz deliğe girer ve burada görme siniriyle birleşir. Bu, ışığın önünde hiçbir engel olmadan fotosellere ulaşmak yerine girift bir teller ormanından geçmesi gerektiği anlamına gelir. Işığın bu geçiş sırasında, en azından, bozunduğunu ve sönümlendiğini düşünebiliriz (aslında bu bozunma ve sönümlenme büyük olasılıkla çok fazla değildir, fakat yine de hiçbir titiz mühendis böyle bir *ilkeyle* çalışmaz).

Bu tuhaf durumun açıklaması nedir, bilemiyorum. Evrimleştiği dönem çok gerilerde kalmış. Ama yine de, Biyomorf Ülkesi'nin gerçek hayattaki eşdeğeri içerisinde, gözün öncülü organdan başlayarak, ağtabakayı doğru yöne döndürmek için izlenmesi gereken patikayla ilgisi olduğuna rahatlıkla bahse girerim. Büyük olasılıkla böyle bir patika var, fakat bu varsayımsal patika ara-hayvanların vücutlarında gerçekleştiğinde elverişsiz olmuş -yalnızca geçici bir elverişsizlik bu ama yine de yeterli. Ara-hayvanların görme yeteneği, mükemmel olmayan atalarınınkinden bile daha kötü olmuş. Kendilerinden sonra gelecek nesiller için daha iyi bir görüş hazırlıyor olmaları da önemli değil; aslolan o anda ve orada yaşamda kalabilmek!

"Dollo Yasası" evrimin tersinmez olduğunu söyler. Bu, sık sık ilerlemenin kaçınılmaz olduğu hakkında bir dolu idealist saçmalıkla karıştırılır, ardından da evrimin "Termodinamiğin İkinci Yasası"nı ihlal ettiği konusundaki cahilce saçmalıklar gelir (romancı C. P. Snow'a göre, İkinci Yasa'nın ne olduğunu bilen eğitimli kişiler, bir bebeğin doğumu nasıl İkinci Yasa'yı ihlal etmiyorsa, evrimin de etmediğinin bilincindedirler). Evrimdeki genel eğilimlerin tersine dönmemesi için hiçbir neden yoktur. Evrim sürecinde bir süre için büyük boynuzlara gerek varsa, sonradan tekrar küçük boynuzlara doğru bir eğilim görüle-

bilir. Dollo Yasası, aslında, aynı evrimsel patikayı (ya da *belirli* bir patikayı) iki kez izlemenin (her iki yönde de) istatistiksel açıdan çok çok düşük olasılıklı olduğunu anlatır. Tek bir mutasyon adımı kolaylıkla geri döndürülebilir. Ancak daha çok sayıdaki mutasyon adımı için, dokuz küçük genleriyle biyomorflar için bile, tüm olası patikaların oluşturduğu matematiksel uzam o denli geniştir ki, iki patikanın aynı noktaya ulaşma olasılığı sıfır denebilecek kadar küçüktür. Gerçek hayvanlarda bu daha da doğrudur çünkü gen sayısı çok çok daha fazladır. Dollo Yasası'nda gizemli ya da mistik bir yön yok. Ayrıca bu yasa doğada deneyebileceğimiz bir şey de değil; ancak matematiksel olasılık hesaplamalarıyla kolayca Dollo Yasası'na varabiliriz.

İşte bu nedenle, bir evrimsel patikadan iki kez geçme olasılığı da çok çok düşüktür. Aynı biçimde ve aynı istatistiksel nedenlerle, iki ayrı evrim çizgisinin farklı noktalardan başlayarak aynı son noktaya gelmesi de çok çok düşük olasılıktır.

Dolayısıyla, gerçek doğada, birbirinden bağımsız evrim çizgilerinin çok farklı başlangıç noktalarından aynı noktaya (tıpatıp aynı gibi görünen bir noktaya) geldiklerine ilişkin sayısız örnek bulunması, doğal seçilimin gücüne ilişkin çarpıcı kanıt sağlıyor. Aslında, bu örneklere ayrıntılı baktığımızda, tıpatıp aynı nokta olmadıklarını görüyoruz -aksi kaygı verici olurdu. Farklı evrim çizgileri sayısız ayrıntıda bağımsız kökenlerini ele verirler. Örneğin, ahtapot gözleri bizimkilere çok benzer, fakat ahtapotun fotosellerinden çıkan teller bizimkiler gibi ışığa doğru çıkmaz. Ahtapot gözleri bu açıdan çok daha "mantıklı" tasarlanmış; çok farklı bir noktadan başlayıp benzer bir noktaya varmışlar ancak gerçeği de ayrıntılarda ele veriyorlar.

Böylesi yapay benzerlikler çok çarpıcıdır ve bölümün bundan sonrasında bazı örneklerini vereceğim. Bu örnekler, doğal seçilimin iyi tasarımlar oluşturma gücünün en etkileyici gösterimleridir. Ne var ki, yapay bir benzerliğe sahip tasarımların da farklılaşması gerçeği, bu tasarımların birbirinden bağımsız evrimsel kökenlere ve geçmişlere sahip olduğuna tanıklık eder.

Temeldeki mantık şudur: Bir tasarım bir kez evrilecek kadar iyiyse, aynı tasarım *ilkesi* hayvanlar aleminin farklı yerlerinde, farklı noktalardan başlayarak ikinci bir kez evrilebilecek kadar iyidir. Bu gerçeği görmek için, iyi tasarımı anlatmak amacıyla kullandığımız örnekten daha iyisini düşünemiyorum: yankıyla yön bulma.

Yankıyla yön bulma hakkında bildiklerimizin çoğunu yarasalardan (ve insan yapımı cihazlardan) öğrendik, ancak bu yöntem yarasalarla ilişkisi olmayan başka hayvanlarca da kullanılıyor. En azından iki farklı kuş grubu yönlerini yankıyla buluyor; balina ve yunusların da bu konudaki yetenekleri çok yüksek bir düzeye ulaşmış. Bunun da ötesinde, en azından iki farklı yarasa grubu yankıyla yön bulmayı birbirlerinden bağımsız olarak "keşfetmişler". Yönlerini yankıyla bulan kuşlar, Güney Amerika'nın yağkuşları ve Uzak Doğu'nun, yuvaları kuş yuvası çorbası yapmakta kullanılan mağara sağanları. Bu iki kuş türü mağaraların derinliklerinde, hiçbir ışığın giremediği yerlerde yuva yaparlar ve bu karanlıkta çıkardıkları klik seslerinin yankılarını kullanarak uçarlar. Biz her iki kuşun da sesini duyabiliriz; bu klikler özelleşmiş yarasa klikleri gibi ultrasonik değildir. Bu iki kuş türü yankıyla yön bulma konusunda yarasalardan daha az yeteneklidir. Çıkardıkları klikler FM bandı dışındadır ve Doppler kaymasıyla hız ölçümü için uygun değildir. Büyük olasılıkla, *Rousettus* gibi her klikle yankısı arasındaki sessiz süreyi ölçerler.

Bu örnekte, iki kuş türünün yankıyla yön bulmayı birbirlerinden ve yarasalardan bağımsız olarak keşfettiğinden kesinlikle emin olabiliriz. Buradaki mantık çizgimizi evrimciler sık sık kullanır. Var olan binlerce kuş türüne bakar ve bunların çoğunun yankıyla yön bulmadığını gözleriz. Bunu yapabilen, birbirlerinden yalıtılmış, tek ortak noktaları mağaralarda yaşamak olan iki küçük kuş cinsidir. Evrimsel çizgilerini yeterince geriye taşıdığımız takdirde tüm yarasa ve kuşların ortak bir atasını bulacağımızı biliyoruz, fakat bu ortak ata aynı zamanda tüm

memelilerin (biz dahil) ve tüm kuşların da ortak atasıydı. Memelilerin ve kuşların büyük çoğunluğu yönlerini yankıyla bulmaz; büyük olasılıkla, bu ortak ata da yankıyla yön bulma yöntemini kullanmıyordu (hatta uçmuyordu bile -bu arada, uçmak da birkaç kez bağımsız olarak evrilmiş bir teknolojidir). Bundan çıkaracağımız sonuç, yankıyla yön bulma teknolojisinin tıpkı İngiliz, Amerikalı ve Alman bilim adamlarınca birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilmesi gibi, yarasalarda ve kuşlarda birbirlerinden bağımsız olarak keşfedilmiş olduğudur. Daha küçük bir ölçekte de olsa, aynı mantığı kullanarak, yağkuşu ve mağara sağanının ortak atasının yönünü yankıyla bulmadığı ve bu iki cinsin aynı teknolojiyi birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdiklerini söyleyebiliriz.

Memeliler içinde de, yankıyla yön bulma teknolojisini bağımsız olarak gerçekleştiren tek grup yarasalar değil. Birçok farklı memeli çeşidinin -örneğin, soreksler, sıçanlar ve foklar- tıpkı göremeyen insanlar gibi az da olsa bir dereceye kadar yankı kullanabildiği gözleniyor; ancak yarasalarla yarışabilecek yetenekteki tek hayvan balina. Balinalar iki ana gruba ayrılır: dişli balinalar ve çubuklu balinalar. Bu grupların her ikisi de karada yaşayan atalardan geliyor ve balina tarzı yaşamı, karada yaşayan farklı atalardan başlayarak birbirlerinden bağımsız olarak "keşfetmiş" olabilirler. Dişli balinalar grubunda çeneleriyle yakaladıkları balık ve kalamar benzeri görece büyük hayvanları avlayan ispermeçet balinaları, katil balinalar ve çeşitli yunus türleri var. Dişli balinaların bazıları -ki bunlardan yalnızca yunuslar ayrıntılı çalışmalara konu olmuştur- gelişmiş bir yankılama donanımını kafalarında evrimleştirmiştir.

Yunuslar hızla birbirini izleyen, yüksek perdeden klikler çıkarır. Bunların bazıları ultrasoniktir; bazılarını da işitebiliriz. Bir yunusun kafasının ön tarafındaki, Nimrod "erken-uyarı" uçağına benzeyen çıkıntı (ilginç bir benzerlik), sonar sinyallerini yayımlamada rol oynuyor olabilir, ancak tam işleyişini henüz anlayabilmiş değiliz. Tıpkı yarasalarda olduğu gibi, gezinme ha-

linde klik sesini çıkarma hızı görece yavaş, ancak hayvan avına saldırırken saniyede 400 kliklik yüksek bir hıza erişiyor. "Yavaş" dediğimiz hız bile aslında oldukça yüksek. Çamurlu suda yaşayan nehir yunusları herhalde en yetenekli yankıcılar, ancak yapılan deneylerde bazı açık deniz yunuslarının da oldukça hızlı olduğu görülmüş. Atlantik'te yaşayan gagalı yunus, aynı alana sahip daire, kare ve üçgenleri sonarını kullanarak ayırt edebiliyor. Bu yunus yaklaşık 6,5 metre uzaklıkta, aralarında 3 santimetre olan iki hedeften hangisinin daha yakın olduğunu bilebiliyor. Bir golf topunun yarısı büyüklüğündeki çelik bir küreyi 65 metre uzaktan saptayabiliyor. Bu performans iyi ışıktaki insan *görüşü* kadar iyi değil, fakat büyük olasılıkla ay ışığındaki insan görüşünden daha iyi.

Yunusların, kullanmak istediklerinde, hiç çaba harcamaksızın birbirlerine "zihinsel resimler" iletme yetenekleri olduğu yolunda şaşırtıcı bir sav ortaya atılmıştır. Yapmaları gereken tek şeyin çok yönlü seslerini kullanarak belirli bir nesneden gelen yankıların oluşturduğu sesi taklit etmek olduğu ve bu yolla birbirlerine nesnelerin zihinsel resimlerini iletebilecekleri öne sürülmüştür. Bu hoş savı destekleyecek bir kanıt yok. Kuramsal açıdan, yarasalar da bunu yapabilir, fakat yunusların yapması daha akla yatkın geliyor çünkü genelde daha toplumsal bir yaşamları var. Büyük olasılıkla, "daha akıllılar" da, fakat bu mutlak göz önüne alınması gereken bir özellik değil. Yankı resimleri iletmek için gerekecek araçlar hem yunuslarda hem de yarasalarda yankıyla yön bulmak için zaten var olan araçlardan daha karmaşık değil. Ayrıca, ses kullanarak yankı üretmek ve ses kullanarak yankıları taklit etmek arasında kolay, kerte kerte ilerleyen bir süreklilik var.

Sonuç olarak, son yüz milyon yıl süresince, en azından iki yarasa grubu, iki kuş grubu, dişli balinalar ve büyük olasılıkla, daha alt bir düzeyde olmak üzere başka birkaç memeli çeşidi daha birbirlerinden bağımsız olarak sonar teknolojisini evrimleştirmişler. Günümüzde soyu tükenmiş olan başka hayvanların

da -örneğin *Pterodactylus* üyelerinin- bu teknolojiye ulaşıp ulaşmadıklarını bilme olanağımız yok.

Şimdiye dek sonar kullanan hiçbir böcek ya da balık bulunmadı. Ancak, biri Güney Amerika'da biri de Afrika'da yaşayan, oldukça farklı iki balık grubunun bir parça benzer bir yön bulma sistemi geliştirdikleri biliniyor. Bu sistem de sonar sistemi kadar karmaşık ve aynı sorunun çözümüne getirilen, ilişkili ancak farklı bir çözüm olarak yorumlanabilir. Bunlara zayıf elektrik balıkları deniyor. "Zayıf" sözcüğü bu balıkları, avlarını sersemletmek için -yön bulmak için değil- elektrik alanı kullanan kuvvetli elektrik balıklarından ayırt etmek amacıyla kullanılıyor. Bu arada, sersemletme yönteminin de birbiriyle ilişkisi olmayan birkaç balık grubu tarafından birbirlerinden bağımsız olarak keşfedildiğini söylemeliyim: örneğin, elektrikli yılanbalıkları (bunlar gerçek yılanbalıkları değil fakat biçim açısından yılanbalıklarıyla aynı noktaya gelmişler) ve torpilbalıkları.

Güney Amerika ve Afrika'daki bu iki zayıf elektrik balığı türü birbirleriyle akraba değil, fakat her ikisi de kendi anakaralarında aynı çeşit suda, iyi bir görüş sağlanamayacak kadar çamurlu sularda yaşıyorlar. Kullandıkları fiziksel ilke ise -suda elektrik alanı- bize yarasalar ve yunuslardan da yabancı. Bizler yankının ne olduğu konusunda en azından öznel bir fikre sahibiz, fakat bir elektrik alanı algılamanın nasıl bir şey olduğunu bilmeyiz. Birkaç yüzyıl öncesine değin elektriğin varlığını bile bilmiyorduk. Öznel insanlar olarak elektrik balıklarının ne hissettiğini bilemeyiz ama fizikçiler olarak onları anlayabiliriz.

Yemek masasında tabaktaki balığın iki yanında bölümler halindeki kaslar dizisini kolayca görebiliriz: kas birimlerinden oluşan bir *batarya*. Çoğu balıkta bu kaslar birbiri ardı sıra kasılarak balığın gövdesini sinüs dalgaları halinde ileriye doğru iter. Hem zayıf hem de kuvvetli elektrik balıklarında bu kaslar bir elektrik bataryası haline gelmiştir. Bataryanın her bir bölümü (pili) gerilim üretir. Bu gerilimler balığın gövdesi boyunca seri olarak birbirine eklenir; öyle ki, elektrikli yılanbalığında batar-

yanın tümünün ürettiği akım 1 amper 650 volta kadar çıkabilir. Bir elektrikli yılanbalığı bir insanı bayıltacak denli güçlüdür. Zayıf elektrik balıklarınınsa amaçları salt bilgi toplamak olduğu için, yüksek gerilim ya da akıma gereksinimleri yoktur.

Yankıyla yön bulma ilkesi, "Bir elektrik balığı olmak nasıl bir şeydir?" düzeyinde olmasa bile, fizik düzeyinde epey iyi bilinmekte. Hem Güney Amerika hem de Afrika'da yaşayan zayıf elektrik balıkları için aynı şeyler geçerli; bu balıklar aynı noktaya doğru evrilmişler. Akım, balığın ön yarısından çizgiler halinde suya veriliyor; bu çizgiler eğiliyor ve balığın kuyruğunun bulunduğu uca geri dönüyor. Aslında bunlar çizgiler değil, kesintisiz bir "alan": balığın vücudunu çevreleyen, görünmez bir elektrik kozası. Bununla birlikte, elektrik alanını gözümüzde canlandırabilmek amacıyla, vücudunun ön yarısı boyunca sıralanmış deliklerden çıkan, suda çember çizerek kuyruk ucundan balığa geri dönen bir dizi eğimli çizgi olarak düşünmek daha kolay olacak. Her delikte gerilimi izlemek üzere ufak bir "voltmetre" var. Balık açık suda, etrafında hiçbir engel olmadan asılı dururken, çizgiler düzgün eğriler halinde ve her delikteki voltmetre kendi çıkışı için gerilimin "normal" olduğunu gösteriyor. Fakat etrafta bir nesne varsa, diyelim ki bir kaya ya da bir yiyecek parçası, nesneye çarpan akım çizgileri değişiyor. Bu da akım çizgisi etkilenen delikteki gerilimi değiştiriyor ve voltmetre bunu algılıyor. Kuramsal olarak, tüm deliklerdeki voltmetrelerin okuduğu gerilimleri kıyaslayan bir bilgisayar, balığın etrafındaki nesnelerin biçimini saptayabilir. Balığın beyninin de bunu yaptığı çok açık. Bir kez daha yineleyeyim: Bu, balığın akıllı bir matematikçi olduğu anlamına gelmiyor. Tıpkı her top yakaladığımızda beynimizin bilinçsizce yaptığı gibi, balıkların da gereken denklemleri çözen bir düzenekleri var.

Balığın vücudunun hareketsiz durması çok önemli. Vücut normal bir balığınki gibi eğilip bükülürse, kafasındaki bilgisayar ortaya çıkacak bozukluklarla baş edemeyecektir. İşte, elektrik balıkları, birbirlerinden bağımsız olarak en azından iki kez

bu dahice yön bulma yöntemini evrimleştirmişler. Ama bedelini de ödemişler: Balıkların normalde kullandıkları o çok etkin yüzme yönteminden, vücudun yılansı hareketlerle kıvrılıp bükülmesinden vazgeçmek zorunda kalmışlar. Sorunlarını bir metal çubuk gibi kaskatı durarak çözmüşler, ama vücutları boyunca uzanan tek bir uzun yüzgeçleri var. Vücudu dalgalandırmak yerine yalnızca yüzgeç dalgalanıyor. Balık suda oldukça yavaş ilerliyor, ancak sonuç olarak hareket edebiliyor. Öyle anlaşılıyor ki, hızlı hareketi feda etmek işe yaramış ve yön bulma açısından kazandıkları, yüzme hızı açısından kaybettiklerinden fazla olmuş. Güney Amerika'da yaşayan elektrik balıkları da Afrika'dakilerin çözümünün hemen hemen aynısını kullanıyor, ama tıpatıp aynısı değil. Her iki grupta da vücut boyunca uzanan tek bir uzun yüzgeç var; fakat Afrika balığında yüzgeç sırt boyunca uzanırken, Güney Amerika balığında karın boyunca uzanıyor. Bu çeşit farklılıkların ortak bir noktaya doğru ilerleyen (yakınsayan) evrimin kendine özgü özelliklerinden biri olduğunu gördük. Kuşkusuz, bu, insan mühendislerin yaptığı ortak bir noktaya doğru ilerleyen tasarımların da kendine özgü bir özelliği...

Her iki gruptaki zayıf elektrik balıklarının çoğunluğu, elektriği kesik atımlarla boşaltıyorlar ve bunlara "atımlı" türler deniyor. Ancak, azınlığı oluşturan diğerleri (her iki grupta da bu tür balıklar var) farklı bir yol kullanıyor ve "dalga" türleri olarak adlandırılıyorlar. Bu farkı daha ayrıntılı tartışmayacağım. Bu bölüm için ilginç olan nokta, atım/dalga ayrımının birbiriyle ilişkisiz Eski Dünya ve Yeni Dünya gruplarında, birbirinden bağımsız olarak iki kez evrilmiş olması.

Bildiğim en tuhaf ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrim örneklerinden biri de dönemli ağustosböceklerine ilişkin. Ortak nokta konusuna girmeden önce biraz bilgi vermeliyim. Çoğu böceklerde, beslenme işlevinin yürütüldüğü gençlik dönemiyle -ki, yaşamlarının büyük kısmı bu dönemde geçer- üreme işlevinin yürütüldüğü görece kısa erişkin dönemi arasında kesin bir

ayrım vardır. Örneğin, mayıs sinekleri yaşamlarının çoğunu su altında beslenen larvalar olarak geçirir; sonra da tek bir günlüğüne havaya çıkar ve yetişkin yaşamlarının tümünü bu tek güne sıkıştırırlar. Yetişkin mayıs sineğini, akçaağaç benzeri bir bitkinin kısa ömürlü, kanatlı tohumuna; larvayı da ana bitkiye benzetebiliriz. Aralarındaki fark, akçaağaç çok sayıda tohum yapar ve birbirini izleyen birçok yıl boyunca bunları ortalığa saçarken, mayıs sineği larvasının yaşamının ta sonunda tek bir yetişkin ortaya çıkarmasıdır. Dönemli ağustosböcekleri de mayıs sineğinin eğilimini uç noktaya taşımıştır. Ağustosböceğinin yetişkinleri birkaç hafta yaşar, fakat "gençlik" dönemleri (teknik açıdan bunlar larva değil, nemftir) bazı çeşitlerinde 13 yıl, bazılarındaysa 17 yıl sürer. Bu yetişkinler 13 (ya da 17) yıllarını toprak altında inzivada geçirdikten sonra, hemen hemen aynı anda toprak üstüne çıkar. Bir bölgede tam tamına 13 (ya da 17) yıl arayla görülen ağustosböceği baskınları görülesi patlamalardır. Bu patlamalar yerel Amerikan dilinde ağustosböceklerinin yanlış olarak "çekirge" olarak adlandırılmalarına yol açmıştır. Dediğim gibi, 13 yıllık ve 17 yıllık çeşitleri olduğu bilinmektedir.

İşte, şaşırtıcı nokta da burada. Anlaşılıyor ki, yalnızca tek bir 13 yıllık ve tek bir 17 yıllık ağustosböceği türü yok. Üç tür var ve her bir türün hem 13 hem de 17 yıllık çeşitleri ya da ırkları var. 13 ve 17 yıllık ırklara ayrılma bu türlerde birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleşmiş; hem de en az üç kez. Öyle görünüyor ki, hepsinde 14, 15 ve 16 yıllık ara dönemlerden kaçınılmış; hem de en az üç kez. Nedenini bilmiyoruz. Bu konuda öne sürülen tek düşünce, 14, 15 ve 16 ile kıvaslandığında, 13 ve 17'nin asal sayılar olması. Asal bir sayı hiçbir başka sayıya tam olarak bölünemeyen bir sayıdır. Ana fikir şu: Düzenli baskınlar halinde ortaya çıkan bir hayvan ırkı, düşmanlarını, avcılarını veya asalaklarını "silip süpürme" ve açlıktan öldürme üstünlüğü kazanır. İki baskın arasında geçen yıl sayısı dikkatle asal bir sayı olacak biçimde ayarlanırsa, düşmanların kendi yaşam dön-

gülerini bu döngüye uydurmaları çok daha zor olacaktır. Örneğin, ağustosböcekleri her 14 yılda bir baskın veriyorlarsa, yaşam döngüsü 7 yıl olan bir asalak türüne maruz kalabilirler. Bu tuhaf bir düşünce, ama olayın kendisinden daha tuhaf değil. 13 ve 17 sayılarının özelliğinin gerçekte ne olduğunu bilemiyoruz. Bizim amaçlarımız çerçevesinde önemli olan, bu sayılarda özel *bir şey* olması gerektiği, çünkü üç farklı ağustosböceği türü birbirlerinden bağımsız olarak bu sayılara ulaşmış.

İki ya da daha fazla anakara uzun bir süre birbirlerinden yalıtıldıklarında, büyük ölçekte ortak bir noktaya doğru evrimleşme örnekleri görülür ve bu anakaraların her birinde yaşayan ilişkisiz hayvanlar birbirine koşut "işler" benimseyebilir. "İş" sözcüğüyle, yaşamı sürdürme yollarını kastediyorum: solucan ya da karınca bulmak için toprağı kazmak, büyük otçulları uzaklaştırmak ağaç yaprakları yemek gibi. Bunun güzel bir örneği, birbirlerinden ayrı olan Güney Amerika, Avustralya ve Eski Dünya anakaralarında memelilerin benimsedikleri yaşam biçimlerinin benzerliğidir.

Bu anakaralar geçmişte ayrı değillerdi. Bizim yaşamlarımız onyıllarla ölçüldüğünden ve uygarlıklarımızla hanedanlarımız yüzyıllarla ölçüldüğünden, dünya haritasını, anakaraların biçimlerini hep sabitmiş gibi düşünmeye alışmışız. Anakaraların kayması kuramını yıllar önce Alman jeofizikçi Alfred Wegener ortaya atmıştı, fakat çoğu insan İkinci Dünya Savaşı ertesine dek bu kurama güldü. Güney Amerika ve Afrika'nın bir yapbozun ayrı parçalarına benzemesiyse, eğlendirici bir rastlantı olarak görüldü. Bilimin geçirdiği en hızlı devrim sonunda, önceleri tartışmalı olan "anakara kayması" kuramı günümüzde tüm dünyada levha tektonoği olarak benimsendi. Artık anakaraların kaydığına, örneğin, Güney Amerika'nın gerçekten de Afrika'dan koptuğuna ilişkin çok sayıda kanıt var elimizde, fakat bu bir jeoloji kitabı değil ve bunları anlatmama gerek yok. Bizim için önemli olan, anakaraların kaydığı zaman ölçeğiyle hayvan soylarının evrildiği o yavaş zaman ölçeğinin aynı olma-

sıdır. Eğer anakaralar üzerindeki hayvanların evrimini anlamak istiyorsak, anakaraların kayması gerçeğini göz ardı edemeyiz.

100 milyon yıl öncesine kadar, Güney Amerika doğuda Afrika'ya, güneyde de Antarktika'ya bağlıydı. Antarktika Avustralya'ya, Hindistan'la Madagaskar da Afrika'ya bağlıydı. Güneyde, Gondvana dediğimiz, kocaman ve günümüzün Güney Amerika, Afrika, Madagaskar, Hindistan, Antarktika ve Avustralyasının bir araya gelmesiyle oluşmuş tek bir anakara vardı. Kuzeyde de, Lavrasya dediğimiz, günümüz Kuzey Amerika, Grönland, Avrupa ve Asyasından (Hindistan hariç) oluşan bir tek büyük anakara vardı. Kuzey Amerika, Güney Amerika'yla bağlantılı değildi. 100 milyon yıl önce, bu kara kütlelerinde büyük bir kopma oldu ve bundan sonra anakaralar yavaş yavaş bugünkü konumlarına doğru hareket etmeye başladılar (kuşkusuz gelecekte de bu hareket sürecek). Afrika, Arabistan yoluyla Asya'ya bağlandı ve bugün Eski Dünya dediğimiz büyük anakaranın bir parçası oldu. Kuzey Amerika, Avrupa'dan uzaklaştı; Antarktika güneye, bugünkü buzullu konumuna sürüklendi. Hindistan, Afrika'dan ayrıldı ve güney Asya'ya yapıştı; araya Hint Okyanusu girdi ve Himalayalar oluştu. Avustralya, Antarktika'dan uzaklaştı; açık denize sürüklendi ve her yerden kilometrelerce uzakta bir adakara oldu.

Büyük güney anakarası Gondvana'nın kopuşu dinozorlar çağında gerçekleşti. Güney Amerika ve Avustralya dünyanın geri kalan kısmından kopup uzun sürecek yalıtılma dönemlerine girdiklerinde, dinozorlar ve günümüz memelilerinin ataları olacak daha az baskın hayvanlardan oluşan kendi kargolarını da taşıdılar. Bir süre sonra, dinozorların soyu henüz bilinmeyen nedenlerle -ve günümüzde oldukça yararlı kurgulara yol açaraktükendi (şimdi kuş olarak adlandırdığımız dinozorlar grubunun dışında); hem de tüm yerküre üzerinde tükendi. Bu durum karada yaşayan hayvanların tutabileceği "işlerde" bir boşluk yarattı. Milyonlarca yıllık bir evrim sürecinde bu boşluk çoğun-

lukla memeliler tarafından doldurulduğu. Burada bizim için önemli olan nokta şu: Birbirinden bağımsız üç boşluk vardı; Avustralya, Güney Amerika ve Eski Dünya'daki bu boşluklar birbirlerinden bağımsız olarak memelilerle doldu.

Dinozorlar bu üç alanda hemen hemen aynı zamanda yaşama alanlarını boşalttıklarında ortalıkta olan ilksel memelilerin hepsi oldukça ufak ve önemsiz hayvanlardı; dinozorların gölgesinde, onların gücünün etkisinde kalmışlardı ve büyük olasılıkla geceleri yaşıyorlardı. Bu üç alanda kökten farklı yönlerde gelişebilirlerdi; bir dereceye kadar da öyle oldu. Güney Amerika'da yaşamış ancak ne yazık ki günümüzde soyu tükenmiş olan dev yakalı tembelhayvana benzer bir canlı Eski Dünya'da yok. Güney Amerika'da yaşamış geniş hayvan çeşitliliğine, günümüzde yine soyu tükenmiş olan, bugünkü gergedan büyüklüğündeki kobaylar da dahil ("bugünkü" gergedan demek zorundayım çünkü Eski Dünya hayvanları arasında iki katlı bir ev büyüklüğündeki dev gergedanlar da var). Fakat ayrı anakaraların her birinde oraya özgü memeliler üremiş olmasına karşın, bu üç alandaki genel evrim süreci aynı olmuştur. Her üç alanda da başlangıçta var olan memeliler evrimle yayıldılar ve her iş için bir uzman ürettiler. Birçok örnekte bu uzmanlar, diğer iki alandaki kendilerine karşılık gelen uzmana şaşırtıcı biçimde benzedi. Her iş, toprak kazma, avcılık, otlama, vs, iki ya da üç ayrı anakarada evrimin birbirlerinden bağımsız olarak ulaştığı noktalar oldu. Bu üç alana ek olarak, Madagaskar benzeri daha küçük adalarınsa, kendilerine özgü, benzer öyküleri oldu, ama bu konuya girmeyeceğim.

Avustralya'nın yumurtlayan tuhaf memelileri -ornitorenk ve dikenli karıncayiyen- bir yana, günümüz memelileri iki büyük grupta toplanır. Bu iki grup, keseliler (yavrular çok küçük doğar ve annenin kesesinde büyütülürler) ve eteneliler (geri kalanların hepsi). Keseliler Avustralya öyküsünün, eteneliler de Eski Dünya öyküsünün baş kahramanları oldu; Güney Amerika'da ise, başrolü paylaştılar. Öte yandan, zaman zaman Kuzey

Amerika'dan gelerek Güney Amerika'yı istila eden memelilerse, Güney'in öyküsünü daha da karmaşık hale soktular.

Sahneyi böylece kurduktan sonra, hayvanların tuttukları işlerden bazılarına ve ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrim örneklerine bakabiliriz. Önemli işlerden biri, pampa, savana, çayırlık gibi çeşitli isimlerle bilinen büyük otlak alanlarının kullanımıyla ilgili. Bu işle uğraşanlar arasında atlar (Afrika türlerine zebra, çöl modellerine de eşek diyoruz) ve Kuzey Amerika bizonu (ne yazık ki, avlana avlana neredeyse tükenme noktasına geldiler) gibi büyükbaş hayvanlar var. Ot düşük kaliteli ve sindirilmesi zor bir yiyecek olduğu için, otoburlarda besini mayalayarak geçinen çeşitli bakteriler içeren, çok uzun, kendine özgü bir sindirim yolu vardır. Bu hayvanlar belirli zamanlarda yemek yemek yerine, neredeyse hiç durmadan yerler. Bütün gün boyunca, bitkilerden oluşan büyük miktarda yiyecek bir ırmak gibi vücutlarından akar, durur. Otoburlar genellikle kocamandır ve çoğu kez sürüler halinde dolaşır. Bu koca otoburların her biri, avlayabilenler için değerli bir besin dağıdır. Bunun bir sonucu olarak, birazdan göreceğimiz gibi, bu hayvanları kovalayıp öldürmek üzerine koca bir işkolu kurulmuştur: avcılık. Aslında "bir" işkolu dediğimde, bir sürü alt-işlerden söz ediyorum: Aslanlar, leoparlar, çitalar, yabanıl köpekler ve çakallar; her biri kendisine özgü yöntemlerle avlanır. Aynı alt-bölümleme otçullarda da, tüm diğer "işlerde" de geçerlidir.

Otçul hayvanların keskin duyuları vardır ve bu sayede avcılara karşı sürekli tetikte olurlar; genellikle onlardan kaçabilmek için çok hızlı koşma yetenekleri gelişmiştir. Bu amaçla çoğunlukla ince ve uzun bacakları vardır; kendilerine özgü olarak, evrim sürecinde uzamış ve güçlenmiş olan ayak parmaklarının uçlarında koşarlar. Bu özelleşmiş ayak parmaklarının uçlarındaki tırnaklar büyümüş ve sertleşmiştir; bunlara toynak diyoruz. Sığırlarda, her bacağın ucunda iki büyük parmak vardır: bildiğimiz yarık-toynaklar. Atlar da, büyük olasılıkla tarihsel bir kaza nedeniyle iki yerine tek ayak parmağı üzerinde koşmaları dışın-

da, tıpkı böyledir. Bu tek parmak, başlangıçta beş tane olan ayak parmaklarının ortasındaki parmaktan türemiştir. Diğer parmaklar, zaman zaman "hilkat garibesi" atlarda ortaya çıkmalarına karşın, evrim süreci içerisinde tümüyle yok olmuştur.

Biraz önce de anlattığım gibi, dünyanın diğer taraflarında atlar ve büyükbaş hayvanlar evrilmekteyken, Güney Amerika diğer yerlerden yalıtılmıştı. Fakat Güney Amerika'da da otlak alanları var; bu kaynakları kullanmak üzere bu kara parçasında da büyük otçullar evrimleşmiştir. Bunlar gerçek gergedanlarla hiçbir ilgisi olmayan gergedan benzeri koca canavarlardı. Bazı ilksel Güney Amerika otçullarının kafatasları, bu hayvanların gerçek fillerden bağımsız olarak hortumu "keşfettiklerini" düşündürüyor. Bazıları deveye benziyordu; bazıları (günümüzde) yeryüzünde var olan hiçbir şeye benzemiyordu; bazıları da günümüz hayvanlarının tuhaf karışımlarına benziyordu. Litopterna adı verilen takımın bacakları inanılmaz derecede atlarınkine benziyordu, ama atlarla hiçbir akrabalıkları yoktu. Bu yapay benzerlik, on dokuzuncu yüzyılda, hoşgörebileceğimiz bir milli gururla litopternaların dünyanın geri kalan kısmındaki tüm atların ataları olduğunu düşünen Arjantinli bir uzmanı bile aldattı. Ancak atlarla olan bu benzerlik yapaydı ve ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrimden kaynaklanıyordu. Otlaklardaki yaşam dünyanın her yerinde aynıdır ve atlarla litopternalar otlak yaşamının sorunlarıyla başa çıkabilmek için birbirlerinden bağımsız olarak aynı nitelikleri evrimleştirdiler. Özellikle, tıpkı atlar gibi litopternalar da ayaklarındaki parmakların orta parmak dışındakilerini kaybettiler ve bu orta parmak bacağın alt mafsalı olarak büyüyerek bir toynak oluşturdu. Bir litopternanın bacağı bir atın bacağına ayırt edilemeyecek kadar benzer ama bu iki hayvan ancak çok çok uzaktan akrabadır.

Avustralya'da, otlayan büyük hayvanlar çok farklıdır: kangrular. Kangrularda da hızlı hareket etme gereksinimi vardı ama bu sorunu farklı bir biçimde çözdüler. Atların (ve litopternaların) yaptığı gibi, dört bacakla koşmayı mükemmellik düzeyine

getirmek yerine, farklı bir koşma yöntemini mükemmelleştirdiler: denge bulmaya yarayan koca bir kuyrukla iki bacak üzerinde zıplamak. Bu iki yöntemin hangisinin "daha iyi" olduğunu tartışmanın bir anlamı yok. Vücut yeteneklerini sonuna dek kullanabilecek biçimde evrildiğinde, her iki yöntem de son derece etkindir. İşler öyle gelişti ki, atlar ve litopternalar dört bacakla koşmayı benimsediler ve sonuçta da bacakları hemen hemen aynı oldu. Kangrularsa, iki bacakla zıplamayı benimsediler ve sonuçta başka hiçbir hayvana benzemeyen (en azından dinozorlardan bu yana) koca arka ayakları ve kuyrukları oldu. Kangrular ve atlar, büyük olasılıkla başlangıç noktalarındaki rastlantısal bir farklılıktan dolayı, "hayvanlar uzamında" farklı noktalara geldiler.

Otlayan bu koca hayvanların köşe bucak kaçtığı etoburlara gelirsek, ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrimin büyüleyici örneklerini görebileceğiz. Eski Dünya'da, kurtlar, köpekler, çakallar ve büyük kediler (aslan, kaplan, leopar, çita) gibi büyük avcılar olduğunu biliyoruz. Yakın zamanlarda soyu tükenmiş olan büyük bir kedi de, "kılıç dişli" kaplandır; bu isim, üst çenesinden (herhalde müthiş bir ağız açıklığı vardı) aşağı doğru inen kocaman köpek dişleri nedeniyle verilmiş. Yakın zamanlara değin, Yeni Dünya'da ve Avustralya'da gerçek kedi ve köpekler yoktu (pumalar ve jaguarlar son zamanlarda Eski Dünya kedilerinden evrilmiştir). Fakat bu anakaraların her ikisinde de eşdeğer özellikleri olan keseliler vardı. Avustralya'da, keseli "kurt"un zararlı diye ve "spor" olsun diye çok sayıda avlanması sonucu trajik tükenişi hatırlardadır (Avustralya'da tükendikten sonra, Tasmanya'da bir süre daha yaşamayı sürdürdüğü için bu hayvana tasmanyakurdu da denilir; az da olsa, Tasmanya'nın gözden ırak köşelerinde hâlâ yaşıyor olması umudu var ama şimdi de bu alanlar insanlara "iş" bulmak amacıyla yok edilme tehlikesiyle karşı karşıya). Yeri gelmişken, keseli kurt Avustralya'ya daha da yakın bir zamanda yerliler tarafından getirilmiş gerçek bir köpek olan dingo ile karıştırılma-

malı. Bilinen en son keseli kurda ilişkin, 1930'larda çekilmiş bir film, hayvanat bahçesindeki yapayalnız kafesini durmadan arşınlayan, köpeğe benzeyen bir hayvanı gösteriyor; keseli yapısını ele veren tek şey, kalça bölgesinin ve art ayaklarındaki duruşun pek az da olsa farklılığı. Büyük olasılıkla, bu duruş farklılığı keseyi taşımakla ilgili. Köpekleri seven birisi için, köpek tasarımına getirilen bu alternatif yaklaşım, 100 milyonlarca yılla ayrılmış koşut bir yol üzerindeki bu evrim gezgini, bu kısmen tanıdık ama yine de yabancı başka-dünya köpeği dokunaklı bir deneyim. Evet, belki insanlar için zararlıydılar, ama insanların onlara daha çok zararı dokundu; artık keseli kurtlar yok ve oldukça fazla insan var.

Sözünü etmekte olduğumuz uzun yalıtım dönemi boyunca, Güney Amerika'da da gerçek kedi ve köpekler yoktu, ama tıpkı Avustralya'da olduğu gibi, keseli benzerleri vardı. Herhalde bunların en görülesi olanı, Eski Dünya'nın "kılıç dişli kaplanına" tıpatıp benzeyen *Thylacosmilus*'tu. *Thylacosmilus*'un ağız açıklığı daha da genişti ve sanırım daha da korkutucuydu. Adına bakarak kılıç dişliyle (*Smilodon*) ve tasmanyakurduyla (*Thylacinus*) olan yüzeysel benzerliğini anlayabilirsiniz, ama ataları açısından her ikisine de çok uzaktır. Keseli olduğu için tasmanyakurduna biraz daha yakındır; tasmanyakurdu ve *Thylacosmilus* büyük etobur tasarımlarını farklı anakaralarda, birbirlerinden ve eteneli etoburlardan (ki bunlar Eski Dünya'nın gerçek kedi ve köpekleridir) bağımsız olarak evrimleştirmiştir.

Avustralya, Güney Amerika ve Eski Dünya'da ortak bir noktaya doğru ilerleyen sayısız çoklu evrim örneği vardır. Avustralya'da yaşayan keseli "köstebek" yüzeysel bakıldığında diğer anakaralardaki bildik köstebeklerden ayırt edilemez; yaşam savaşımını diğer köstebekler gibi inanılmaz bir güce sahip önpençeleriyle toprağı kazarak sürdürür ama keselidir. Avustralya'da keseli bir fare vardır, ancak bu örnekte benzerlik diğerleri kadar fazla ve yaşam biçimi de tümüyle aynı değildir. Karınca ye-

me, ortak bir noktaya doğru evrimleşen çeşitli memelilerin çalıştığı bir "işkoludur" (karıncalar arasına termitleri de katıyorum, ki bu da göreceğimiz gibi bir başka ortak bir noktaya doğru ilerleme örneğidir). Toprağı kazan, ağaçlara tırmanan, toprağın üstünde yaşayan karıncayiyenler vardır. Tahmin edeceksiniz, Avustralya'da keseli bir karıncayiyen var. *Myrmecobius* adlı bu hayvanın karınca yuvalarına sokmak için uzun bir hortumsu burnu, avını yakalamak için de uzun yapışkan bir dili var; toprağın üstünde yaşıyor. Avustralya'da ayrıca, toprağı kazan bir karıncayiyen de var: dikenli karıncayiyen. Dikenli karıncayiyen bir keseli değil; ataları bize çok uzak olan *Monotremata* (tekdelikliler) takımının, yani yumurtlayan memelilerin bir üyesi (öyle ki, bunlarla kıyaslandığında keseliler yakın kuzenlerimiz sayılabilir). Dikenli karıncayiyenin de uzun, sivri bir burnu var, fakat dikenleri nedeniyle tipik bir karıncayiyenden çok bir kirpiye benziyor.

Güney Amerika'da da, keseli kılıç dişli kaplanın yanı sıra keseli bir karıncayiyen olabilirdi pekâlâ, ama öyle görünüyor ki, karınca yeme işini eteneli memeliler daha önce kapmış. Günümüz karıncayiyenlerinin en büyüğü Güney Amerika'da yaşayan, toprağın üstünde dolaşan, büyük *Myrmecophaga* (bu sözcük Yunanca ve karınca yiyen anlamına geliyor) ve bu hayvan büyük olasılıkla yeryüzündeki karınca yiyen uzmanların en aşırı örneği. Tıpkı Avustralya keselisi *Myrmecobius* gibi, *Myrmecophaga*'nın da uzun ve sivri bir burnu -hatta daha uzun ve sivri- ve çok uzun, yapışkan bir dili var. Güney Amerika'da ağaçlara tırmanan, *Myrmecophaga*'nın kuzeni sayılabilecek, fakat küçük bir karıncayiyen de var. Minyatür bir karıncayiyen olan bu hayvan üçüncü, ara bir biçim oluşturuyor. Bu karıncayiyenler, eteneli memeliler olmalarına karşın, diğer Eski Dünya memelilerinden çok farklı. Armadillo ve tembelhayvanı da içeren bir Güney Amerika familyasından geliyorlar. Bu çok eski eteneli familyası, anakaranın diğerlerinden yalıtıldığı ilk günlerden beri keselilerle yan yana yaşıyor.

Eski Dünya karıncayiyenleri içinde, Afrika ve Asya'da yaşayan, ağaçlara tırmananlardan tutun da toprağı kazanlara kadar çeşitli biçimler gösteren, hepsi de uzun hortum-burunlu ve köknar kozalaklarına benzeyen çeşitli pangolin türleri de var. Ayrıca, Afrika'da tuhaf, kısmen toprağı kazmada uzmanlaşmış yerdomuzu da var. İster keseli ister *Monotremata* ister memeli olsun, tüm karıncayiyenleri niteleyen ortak özellik metabolizma hızlarının son derece düşük olmasıdır. Metabolizma hızı bir hayvanın kimyasal "ateşinin" yanma hızıdır ve en kolay vücut sıcaklığıyla ölçülür. Memelilerde genel olarak metabolizma hızı vücut büyüklüğüne bağlıdır. Küçük hayvanların metabolizma hızı yüksektir; tıpkı küçük otomobillerin motor devrinin büyük otomobillerinkinden fazla olması gibi. Fakat bazı hayvanların metabolizma hızı büyüklüklerine kıyasla yüksektir; ve ataları ne olursa olsun ya da neye benzerlerse benzesinler, karıncayiyenlerin metabolizma hızı büyüklüklerine kıyasla düşüktür. Bunun nedeni pek açık değil, ancak karınca yeme davranışından başka ortak yönleri olmayan hayvanların hepsinde görülen bir özellik olması, düşük metabolizma hızının bu davranışla bir biçimde ilişkili olduğunu gösteriyor.

Karıncayiyenlerin yediği "karıncalar" çoğu kez gerçek karınca değil, hamamböcekleriyle akraba olan "termitler"dir. Karıncalarsa, arılarla akrabadır. Termitler yüzeysel olarak karıncalara benzer çünkü onlarla aynı davranışları benimsemişlerdir. Aslına bakarsanız, aynı davranışlar dizisini demeliyim, çünkü karınca/termit yaşam biçiminin birçok farklı yönü vardır ve hem karıncalar hem de termitler bunların çoğunu birbirlerinden bağımsız olarak benimsemişlerdir. Ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrim örneklerinde sık sık görüldüğü gibi, farklılıklar da en az benzerlikler kadar anlamlıdır.

Karıncalar da, termitler de çoğunluğu kanatsız, kısır işçilerden oluşan büyük koloniler halinde yaşar. İşçi karıncalar kendilerini yuvadan uçarak yeni koloniler kurmaya giden kanatlı, döl verebilen sınıfların üretilmesine adarlar. İki tür arasındaki

ilginç bir farklılık, karıncalarda işçilerin hepsinin kısır dişiler; termitlerdeyse, kısır erkekler ve kısır dişiler olmasıdır. Hem karınca hem de termit kolonilerinde, diğerlerinden büyük bir "kraliçe" vardır (bazen birkaç tane); bazen de kraliçenin abartılı bir büyüklüğe ulaştığı görülür (hem karıncalarda, hem de termitlerde). Her iki türde de, işçiler arasında askerler gibi özel sınıflar görülebilir. Bazen askerler öylesine adanmış, öylesine makineleşmişlerdir ki (karıncalarda koca bir çene, termitlerdeyse kimyasal savaş için silahları vardır), kendi kendilerine yemek yiyemezler ve asker olmayan işçiler tarafından beslenmek zorunda kalırlar. Belirli karınca türleri, belirli termit türlerine koşuttur. Örneğin, mantar yetiştirme davranışı karıncalarda (Yeni Dünya'da) ve termitlerde (Afrika'da) birbirlerinden bağımsız olarak ortaya çıkmıştır. Karıncalar (ve termitler) sindiremedikleri halde bitki parçaları toplar ve bunları gübre yaparak üzerinde mantar yetiştirirler. Yedikleri, kendi yuvalarından başka yerde yetişmeyen işte bu mantarlardır. Mantar yetiştirme davranışı birkaç kınkanatlı türünde de bağımsız olarak keşfedilmiş ve evrim bu ortak noktaya ulaşmıştır (bir kereden fazla).

Karıncalar arasında da ortak bir noktaya doğru evrimleşmenin ilginç örnekleri var. Karınca kolonileri sabit bir yuvada yerleşik yaşar, ancak öyle anlaşılıyor ki, kocaman yağmacı ordular halinde durmadan gezerek de yaşam başarıyla sürdürülüyor. Buna lejyoner davranışı deniyor. Tüm karınca türleri etrafta dolanır ve yiyecek toplar, ama çoğu karınca türü kraliçeyle damadın bulunduğu sabit bir yuvaya beraberlerindeki ganimetle döner. Oysa, gezginci lejyoner davranışının temel özelliği, ordunun kraliçeyle damadı yanlarında taşımasıdır. Yumurta ve larvalar işçilerin çenesinde taşınır. Afrika'da "sürücü karıncalar" olarak adlandırılan karıncalar da lejyoner davranışını benimsemiştir. Orta ve Güney Amerika'daysa, "ordu karıncaları" davranış ve görünüm olarak sürücü karıncalara çok benzer. Bu iki karınca çeşidinin yakın akrabalıkları olmadığı ve "ordu" oluşturmayı birbirlerinden bağımsız benimsedikleri kesin.

Sürücü karıncalar ve ordu karıncaları büyük koloniler halinde yaşarlar; karınca sayısı ordu karıncalarında bir milyona, sürücü karıncalarda 20 milyona kadar çıkar. Her ikisinde de göçebe ve durağan evreler (görece istikrarlı ordugâhlar) birbirini izler. Bu karıncalar -ya da amip benzeri birimler halinde düşünülmesi gereken kolonileri- acımasız ve kendi ormanlarında ürkünç avcılardır. Yolları üzerindeki hayvanları paramparça ederler. Terör havası estirmekle nam salmışlardır. Güney Amerika'nın bazı bölgelerinde köylüler büyük bir karınca ordusunun yaklaştığını haber aldıklarında, gelenek olarak, her şeylerini fiçılara doldurur, kilitler ve köylerini boşaltırlar. Ordular, hamamböceklerinin, örümceklerin ve akreplerin tümünü, hatta damlardakileri bile temizleyip gittikten sonra geri dönerler. Çocukluğumda Afrika'dayken sürücü karıncaların beni aslanlar ya da timsahlardan daha çok korkuttuğunu anımsarım. *Sociobiology*'nin (Sosyobiyoloji) yazarı ve dünyanın en önde gelen karınca otoritesi Edward O. Wilson'un şu sözleri bu korkunç ünü daha iyi anlatacak:

> Karıncalarla ilgili olarak bana çok sık sorulan tek bir soru var ve yanıtım şu: Hayır, sürücü karıncalar ormanın teröristleri değil. Sürücü karınca kolonisi ağırlığı 20 kilogramı geçen, 20 milyon kadar ağız ve iğneye sahip bir "hayvan"; ve böcekler dünyasının en korkunç yaratığı olmasına karşın, aslında kendisi için anlatılan dehşet öykülerini hak etmez. Bu sürü bir metre yolu ancak ve ancak üç dakikada gidebilir. Değil bir insan ya da bir fil, işini bilen bir çalı faresi bile kenara çekilip, otların köklerindeki bu çılgınlığı rahat rahat seyredebilir. Ürkünçlüğünden çok, tuhaf, insanı hayrete düşüren bir nesne; memelilerinkinden farklı bir evrim öyküsü; yeryüzünde böyle bir öyküyü tasarlamak ne kadar olanaklıysa...

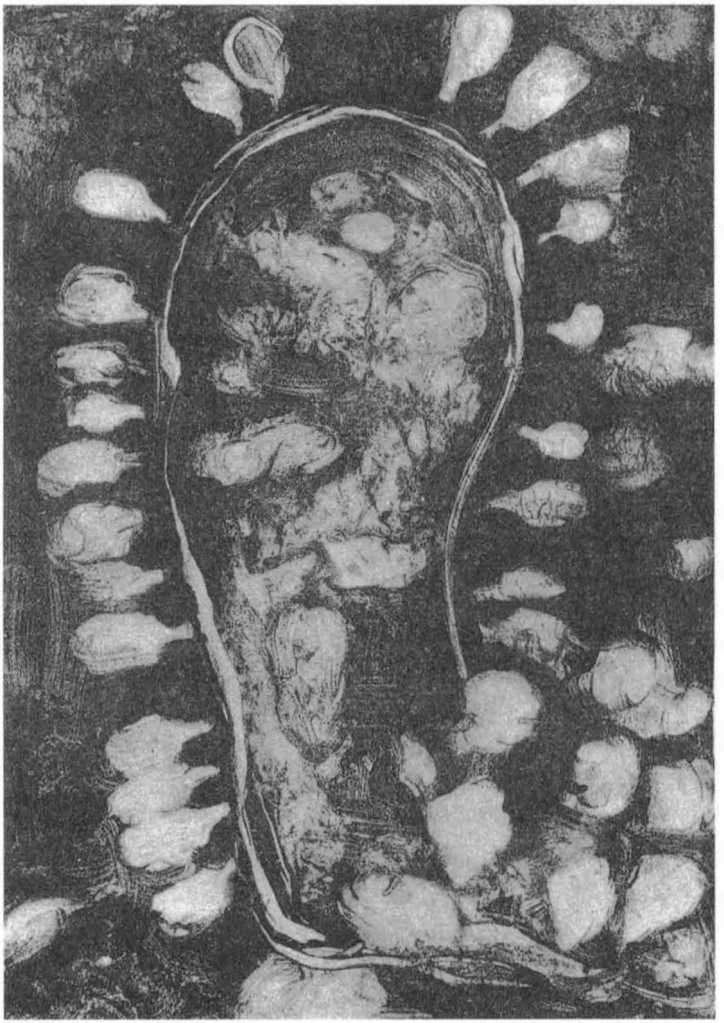
Artık bir yetişkin olduğumda, Panama'da, bir kenara çekildim ve Afrika'dayken çok korktuğum o sürücü karıncaların

Yeni Dünya'daki karşılıklarının çatırdayan bir nehir gibi yanımdan akıp gitmesini seyrettim. Tuhaf, insanı hayrete düşüren bir şey olduğuna yemin edebilirim. Saatler boyu ordular toprağın ve birbirlerinin üstünden yürüyerek geçtiler ve ben kraliçeyi bekledim. Sonunda geldi; görkemliydi. Vücudunu görmek imkânsızdı. Yalnızca çılgın bir işçi dalgası olarak görünüyordu, kolları birbirine geçmiş karıncaların oluşturduğu, kaynayan bir sığamsal bir top. Kraliçe kaynaşan bu topun ortasında bir yerdeydi. Etrafı da tehditkâr yüzlerini dışarıya dönmüş, çenelerini sonuna dek açmış, kraliçelerini savunmak üzere öldürmeye ve ölmeye hazır dizi dizi askerlerle sarılmıştı. Dayanamadım: Kraliçeyi ortaya çıkarmak amacıyla -heyhat!- elime uzun bir sopa alarak işçiler topunu dürtükledim. Anında, 20 asker o müthiş kaslı çenelerini sopama gömdü, asla bırakmamak üzere; ve onlarcası yukarı tırmanmaya başladı. Hemen sopayı attım elimden.

Kraliçeyi bir an olsun göremedim, ama orada, o kaynayan topun içerisindeydi, biliyorum: merkez veri bankası, tüm kolonin DNA hazinesi. Bu askerler kraliçeleri için ölmeye hazırdılar, analarını çok sevdiklerinden değil, vatanseverlikle dolu olduklarından da değil, yalnızca ve yalnızca çeneleri ve beyinleri kraliçenin tuğrasıyla mühürlenmiş genler tarafından yapıldığı için. Cesur askerlerdi, çünkü atalar boyu hayatları ve genleri kendileri kadar cesur askerler tarafından korunmuş kraliçeler soyunun genlerini miras almışlardı. O eski askerler genlerini kendi kraliçelerinden almıştı, benim gördüğüm askerler de aynı genleri kendi kraliçelerinden almışlardı. Benim askerler, koruma görevlerini yapmalarını sağlayan talimatların asıl kopyalarını koruyorlardı. Atalarının bilgeliğini, Ahit Sandığı'nı koruyorlardı. Bu tuhaf sözler bir sonraki bölümde açıklanacak.

Orada tuhaflığı duyumsadım, şaşkınlığı yaşadım; duygularım yarım yamalak anımsadığım korkuların canlanmasıyla karıştı. Çocukluğumda, Afrika'da, nedenini niyesini bilemediğim gösterinin yaşattığı korku değişmiş, olgun bir anlayışla zenginleşmiş-

ti. Üstelik biliyordum ki, orduların bu öyküsü aynı evrimsel noktaya bir değil, iki kez ulaşmıştı. Bunlar çocukluk kâbuslarımın sürücü karıncaları değil, onların Yeni Dünya'daki uzak ama benzer kuzenleriydi. Sürücü karıncalarla aynı şeyleri, aynı nedenlerle yapıyorlardı. Sonunda gece oldu, eve döndüm: şaşkın, fakat karanlık Afrika korkularını silip atan yeni bir anlayışla mutlu...



Güç ve Arşivler

Gökten DNA yağıyor. Oxford kanalının kıyısında, bahçemin dibinde koca bir söğüt ağacı var ve havaya tüylü tohumlar saçıyor. Esintinin yönü değişip duruyor ve tohumlar her yana dağılıyor. Kanal boyunca yukarı ve aşağı doğru, dürbünümün erişebildiği her yerde, su bembeyaz, yüzen pamukçuklarla bezenmiş. Diğer yönlerde, toprağın da pamukçuklarla kaplandığına şüphe yok. Büyük oranda selülozdan yapılmış bu pamukçuklar DNA'yı, yani genetik bilgiyi içeren ufacık kapsülü koruyor. DNA içeriği bu toplamın küçücük bir parçası. Öyleyse neden selüloz değil de DNA yağıyor dedim? Önemli olan DNA da ondan. Selüloz pamukçuklar, daha hacimli olmalarına karşın, sonradan çöpe atılacak bir paraşüt. Tüm gösteri, pamukçuklar, söğüdün çiçekleri, ağaç, hepsi tek

bir işe yarıyor: DNA'nın etrafa dağıtılması. Herhangi bir DNA değil, yeni bir pamuklu tohum nesli üretecek söğüt ağaçları oluşturmak için gereken özel, şifrelenmiş talimatları içeren DNA. Bu pamukçuklar sözcüğün tam anlamıyla kendilerini yeniden üretmek için talimat dağıtıyor. Pamukçuklar var çünkü ataları aynı işi yapmada başarılı olmuş. Gökten talimat yağıyor; program yağıyor; ağacın büyümesi, pamukçukların dağıtımı, algoritmalar yağıyor. Bu metafor değil, gerçeğin ta kendisi, aşikâr gerçek. Gökten bilgisayar disketleri yağsaydı daha aşikâr olamazdı.

Apaçık ve gerçek, ama bu gerçek anlaşılalı çok uzun zaman olmadı. Çok değil, birkaç yıl önce, cansızlarla kıyaslandığında canlıların hangi açıdan özel olduğunu bir biyoloğa sorduğunuzda, hemen hepsi protoplazma denilen özel bir maddeden söz açardı. Protoplazma, derlerdi, başka maddelere benzemez; canlıdır, titreşir, uzar, kalp gibi atar, tepki verir; canlı bir vücudu alıp gittikçe küçülen parçalara ayırırsanız, sonunda saf protoplazmaya ulaşırsınız. Geçen yüzyılda, Arthur Conan Doyle'un roman kahramanlarından Profesör Challenger'ın gerçek hayattaki bir benzeri okyanus dibindeki balçığın saf protoplazma olduğunu düşünmekteydi. Ben ilkokuldayken, büyüklerin ders kitaplarının yazarları hâlâ protoplazma anlatırdı. Aslına bakarsanız, o zamanlar doğruyu bilmeleri gerekiyordu. Artık bu sözcüğü görmüyor, duymuyorsunuz. Protoplazma, flojiston ve evrensel esir kadar ölü. Canlıların yapıldığı maddelerin hiçbir özelliği yok. Canlılar, bütün diğer şeyler gibi, moleküllerden oluşuyor.

Özel olan, bu moleküllerin cansız nesnelerin moleküllerinden çok daha karmaşık düzenlemelerle bir araya gelmeleri ve bunun organizmaların kendi içlerinde taşıdıkları, gelişimin nasıl olacağını belirleyen programları, talimatları izleyerek yapılması. Belki gerçekten titriyor, uzuyor, kalp gibi atıyor ve tepki veriyorlar ve "yaşayan" bir sıcaklıkla parıldıyorlar; ama bu özelliklerin hepsi doğal olarak ortaya çıkıyor. Tüm canlıların

merkezinde yatan bir ateş, sıcak bir nefes ya da "yaşam kıvılcımı" değil. Tüm canlıların merkezinde yatan şey bilgi, sözcükler, talimatlar. Bir metafor arıyorsanız ateş, kıvılcım ve nefesi boş verin. Bunların yerine, kristal tabletler üzerine kazınmış birbirinden ayrı, bir milyar sayısal karakter düşünün. Yaşamı anlamak istiyorsanız, titreyen, uzayan pelteler ve balçıklar düşünmeyin; bilişim teknolojisini düşünün. İşte bir önceki bölümde, kraliçe arıdan merkez veri bankası diye söz ederken ima ettiğim buydu.

İleri bir bilişim teknolojisinin temel gereği, çok sayıda bellek konumu olan bir çeşit depolama ortamıdır. Her konum birbirinden farklı durumlardan bir tanesinde olabilmelidir. Bu, dünyada en fazla kullanılan *sayısal* bilgi teknolojisi için geçerli. *Analog* bilgiye dayalı bir başka bilişim teknolojisi daha var. Sıradan bir gramofon plağı üzerindeki bilgi, analogdur. Bu bilgi dalgalı bir oluk üzerine kaydedilir. Çağdaş bir lazer diske (buna ne yazık ki çoğu kez "kompakt disk" deniyor ama bu ad hiçbir şey ifade etmiyor) kaydedilen bilgiyse sayısaldır; her biri ya kesinlikle var olan ya da kesinlikle var olmayan bir dizi ufacık çukur biçiminde kaydedilmiştir, arası yoktur. Sayısal bir sistemin tanısal özelliği budur: Sistemin temel öğeleri, arada ara-yol veya ara-durumlar olmaksızın, ya kesinlikle bir durumda ya da kesinlikle bir başka durumdadır.

Genlerdeki bilgi teknolojisi sayısaldır. Bu, geçen yüzyılda Gregor Mendel tarafından bulundu; gerçi kendisi böyle ifade etmezdi ya, her neyse... Mendel bizim her bir özelliğimizin anne ve babamızın özelliklerinin bir karışımı olmadığını gösterdi. Bizler mirasımızı birbirinden ayrı parçacıklar halinde alıyoruz. Her bir parçayı miras olarak alırız ya da almayız. Aslında, yeni-Darwinciliğin kurucularından R. A. Fisher'in de dediği gibi, parçacıklı kalıtım gerçeği, eşey konusunu her düşündüğümüzde gözümüzün önündeydi, ama biz göremiyorduk. Cinsiyetimizi belirleyen ebeveynlerin biri erkek biri de dişidir, ama bizler bunları karıştırıp erdişi (hermafrodit) olmayız; ya erke-

ğizdir ya da dişi. Yeni doğan her bebeğin dişi ya da erkek olma *olasılığı* eşittir, fakat bebekler bu özelliklerin yalnızca birini alır, ikisini birleştirmez. Artık kalıtsal parçacıklarımızın her biri için aynı şeyin doğru olduğunu biliyoruz. Kalıtsal parçacıklar birleşmiyor, karışmıyor; nesiller boyunca düzenlenir ve yeniden düzenlenirken ayrı ayrı olma özelliklerini koruyorlar. Genetik birimlerin vücut üzerindeki etkilerini gözlediğimizde sık sık bir karışma varmış gibi görünüyor elbette. Uzun birisi kısa birisiyle ya da bir zenci bir beyazla çiftleştiğinde, çocukları genelde ikisinin arasında bir yerde oluyor. Fakat bu karışma görünümü yalnızca vücut üzerindeki etkilerde gözleniyor ve nedeni de çok sayıda parçacığın etkilerinin toplanıyor olması. Parçacıkların kendileri bir sonraki nesle ayrı ayrı aktarılıyorlar.

Karışımla kalıtım ve parçacıklı kalıtım arasındaki ayrım evrim yaklaşımlarında hep çok önemli olmuş. Darwin'in zamanında herkes (manastırında inzivada yaşayan ve ölümünden çok sonraya dek göz ardı edilen Mendel dışında) kalıtımın karışımla olduğunu düşünüyordu. Fleeming Jenkin adında bir İskoç mühendis karışmalı kalıtım kuramının, evrim kuramında doğal seçilim olamayacağını gösterdiğine işaret etti. Ernst Mayr, Jenkin'in makalesinin "fen bilimcilerin olağan önyargılarını ve yanlış anlamalarını temel aldığını" söylüyor -hem de hiç nazik olmayan bir biçimde. Ancak, Jenkin'in savı Darwin'i yine de epey huzursuz etti. Bu sav, bir deniz kazası sonucu "zenci yerlilerin" yaşadığı bir adaya düşen beyaz adam öyküsünde çok renkli bir biçimde anlatılıyor:

> beyaz adama yerli karşısında sahip olabileceği tüm üstünlükleri verelim; yaşam mücadelesinde beyaz adamın uzun bir hayat sürdürme şansının yerli şeflerden çok daha fazla olacağını düşünelim; yine de bu varsayımlar bizi, sınırlı ya da sınırsız sayıda nesil sonrasında adadakilerin tümünün beyaz olacağı sonucuna götürmez. Kazazede kahramanı-

mız büyük olasılıkla kral olacaktır; hayatta kalabilmek için bir sürü yerli öldürmek zorunda kalacaktır; uyruğundakiler birer bekar olarak yaşayıp ölürken onun bir sürü karısı ve çocuğu olacaktır... Beyaz adamımızın nitelikleri onu uzun yıllar yaşatacaktır, ancak kaç nesil geçerse geçsin uyruğunun çocukları beyaz olmayacaktır. İlk nesilde, ortalama zenciden daha üstün zekâlı birkaç düzine melez olacaktır. Birkaç nesil boyunca tahtta buğday tenli krallar oturmasını bekleyebiliriz. Fakat adanın tüm nüfusunun yavaş yavaş beyaz, hatta buğday tenli olacağına; ya da adalıların kahramanımızın çok sayıda zenci öldürmesini ve çok sayıda çocuk sahibi olmasını mümkün kılan enerji, yüreklilik, zekâ, sabır, özdenetim, dayanıklılık gibi niteliklerini edineceğine kim inanır? O nitelikler ki, yaşam mücadelesince seçilmiştir; tabii bir şeyler seçiliyorsa...

Beyazların üstünlüğüne ilişkin ırkçı varsayımlara takılıp kalmayın. Tıpkı günümüzde *insan hakları, insanın asaleti* ve *insan yaşamının* kutsallığı gibi türcü varsayımlarımızın tartışmasız kabul edildiği gibi, Jenkin ve Darwin'in zamanında da beyazların üstünlüğü tartışılmazdı. Jenkin'in savını daha yansız bir benzeşimle yeniden sözcüklere dökmeye çalışalım. Beyaz boyayla siyah boyayı karıştırdığınızda, gri boya elde edersiniz. Gri boyayla gri boyayı karıştırırsanız, başlangıçtaki beyazı ya da siyahı geri kazanamazsınız. Boyaların karıştırılması, Mendel-öncesi kalıtım görüşünden pek farklı değil; bugün bile popüler kültür, kalıtımı sık sık "kanların" karışması olarak ifade eder. Jenkin'in savı kanın bozulmasına ilişkin bir sav. Karışmalı kalıtım varsayımıyla, nesiller geçtikçe çeşitlilik bozulur. Birörneklik gittikçe yayılır. Sonunda, doğal seçilimin üzerinde çalışabileceği hiçbir çeşitlilik kalmaz.

Bu sav o zamanlar mantıklı görünmüş olmalı. Ancak yalnızca doğal seçilime değil, kalıtımın göz ardı edemeyeceğimiz gerçeklerine de karşı çıkıyor! Nesiller geçtikçe çeşitliliğin kaybol-

duğu *doğru değil.* İnsanlar bugün birbirlerine anneanne ve büyükbabalarının zamanındakinden daha çok benzemiyorlar. Çeşitlilik korunuyor. Seçilimin üzerinde çalışabileceği bir çeşitlilik havuzu var. 1908'de W. Weinberg bunu matematiksel olarak vurguladı. Sıradışı matematikçi G. H. Hardy de Weinberg'den bağımsız olarak aynı noktaya işaret etti. (Yeri gelmişken anlatayım; okuduğu üniversitenin -aynı zamanda benim de üniversitem- bahis kitabında yazılanlara göre, bir arkadaşı Hardy'yi iddiaya çağırmış: "Ölümüne dek kazanacaklarının tümüne karşı yarım peniye bahse girerim ki, yarın güneş doğacak!" Hardy bahsi kabul etmiş.) Ancak Mendel'in *parçacıklı* genetik kuramını kullanarak Fleeming Jenkin'e tam bir yanıt verebilenler, çağdaş popülasyon genetiğinin kurucuları R. A. Fisher ve çalışma arkadaşları oldu. Bu o zamanlar kaderin bir cilvesi olarak görüldü, çünkü, XI. Bölüm'de göreceğimiz gibi, yirminci yüzyılın başlarında Mendel'in önde gelen takipçileri kendilerini Darwin-karşıtı sayıyorlardı. Fisher ve arkadaşları Darwinci seçilimin mantıklı olduğunu gösterdiler. Evrim sürecinde değişen şey, birbirinden ayrı kalıtsal parçacıkların, yani her biri bireyin vücudunda ya var olan ya da olmayan genlerin göreli *sıklığı* olarak alındığında, Jenkin'in sorunu gayet kolayca çözülüyordu. Fisher sonrasında Darwinciliğe yeni-Darwincilik dendi. Bu sayısal yapı genetik bilgi teknolojisi için doğru olan rastlantısal bir gerçek değil yalnızca. Sayısallık büyük olasılıkla Darwinciliğin işleyişi için gerekli bir önkoşul.

Elektronik teknolojimizde, birbirinden ayrı sayısal noktaların yalnızca iki durumu vardır. Bunlar alışılagelmiş biçimde 0 ve 1 olarak gösterilir, ancak yüksek ve düşük, açık ve kapalı, aşağı ve yukarı olarak da düşünebilirsiniz. Önemli olan, birbirlerinden ayırt edilebilir olmaları ve bu durumların bir şeyleri etkileyebilmeleri için yapılarının "okunabilir" olmasıdır. Elektronik teknolojide 1'leri ve 0'ları kaydetmek için çeşitli ortamlar kullanılır: manyetik diskler, manyetik bant, delikli kart ve bantlar; içlerinde çok sayıda, küçük yarıiletken birimler bulunan entegre çipler...

Söğüt tohumları, karınca ve tüm diğer canlı hücrelerdeki ana kayıt ortamıysa elektronik değil kimyasaldır. Belirli tür moleküllerin "polimerleşme", yani uzunluğu belirsiz, uzun zincirler halinde birleşme yeteneği kullanılır. Birçok farklı polimer çeşidi vardır. Örneğin, "polietilen", etilen dediğimiz küçük bir molekülün uzun bir zinciridir: polimerleşmiş etilen. Nişasta ve selüloz polimerleşmiş şekerlerdir. Bazı polimerler, etilen gibi tek bir küçük molekülün birörnek zincirleri değil de, iki ya da daha fazla, farklı küçük molekülün oluşturduğu zincirlerdir. Böylesi bir zincirse heterojendir(ayrıcinsten) ve bilgi teknolojisi için kullanımı olanaklı hale gelmiştir. Zincirde iki çeşit küçük molekül varsa, bunları 1 ve 0 olarak düşünebilir ve zincirin yeterince uzun olması koşuluyla her türden, her çeşit bilgiyi kaydedebiliriz. Canlı hücrelerin kullandığı özel polimerlere polinükleotit diyoruz. Hücrede iki ana polinükleotit çeşidi var; kısa adlarıyla DNA ve RNA. Bunların ikisi de nükleotit adı verilen küçük moleküllerin zincirleridir. Hem DNA hem de RNA dört farklı nükleotitten oluşan heterojen zincirlerdir. İşte bilgi kaydının yapılmasını olanaklı kılan da budur. Canlı hücrelerin bilgi teknolojisi iki durum (1 ve 0) yerine, dört durum kullanır: Bunlara A, T, C ve G diyelim. İlke olarak, bizimki gibi ikili bir bilgi teknolojisiyle canlı hücreninki gibi dörtlü bir bilgi teknolojisi arasında pek az bir fark var.

1. Bölüm'ün sonunda belirttiğim gibi, tek bir insan hücresinde 30 ciltlik *Encyclopaedia Britannica*'nın tümünü üç dört kez kaydedebilecek bilgi kapasitesi vardır. Söğüt tohumu ya da karınca için söz konusu sayıyı bilmiyorum fakat aynı sersemletici mertebeden olacaktır. Tek bir zambak tohumunda ya da tek bir semender sperminde *Encyclopaedia Britannica*'yı baştan aşağı 60 kez kaydedecek depolama kapasitesi vardır. Haksız yere "ilkel" olarak anılan amiplerin DNA'sındaysa 1000 *Encyclopaedia Britannica*'daki kadar bilgi bulunur.

İnsan hücrelerindeki genetik bilginin yalnızca yüzde birinin kullanılıyor olması şaşırtıcıdır: kabaca *Encyclopaedia Britanni-*

ca'nın tek bir cildi kadar. Geri kalan yüzde 99'un neden orada olduğunu kimse bilmiyor. Daha önceleri yazdığım bir kitapta, bu yüzde 99'luk kısmın asalak olabileceği ve yüzde 1'lik kısmın harcadığı emekten otlanıyor olabileceği düşüncesini ortaya atmıştım. Moleküler biyologlar son yıllarda "bencil DNA" adını verdikleri bu kurama ilgi duymaya başladılar. Bir bakterinin bilgi kapasitesi insan hücresininkinden 1000 kez daha azdır; ve muhtemelen bakteri bu kapasitenin hepsini kullanır: Asalaklar için pek yer yoktur. Bakterinin kapasitesi Yeni Ahit'in yalnızca tek bir kopyasını taşıyabilir!

Günümüz genetik mühendisleri artık bir bakterinin DNA'sına Yeni Ahit'i ya da başka herhangi bir şeyi yazabilecek teknolojiyi ellerinde tutuyorlar. Bir bilgi teknolojisindeki simgelerin "anlamı" keyfi seçilir. Dolayısıyla, bizim 28 harfli alfabemizin harflerine (büyük ve küçük harflere ve hatta noktalama işaretlerine) DNA'nın 4 harfli alfabesindeki kombinasyonlardan -diyelim ki, üçlü kombinasyonlardan- simgeler belirlememiz için bir neden yok. Ne yazık ki, bakterinin içine Yeni Ahit'i yazmak beş yüzyıl kadar alacaktır; bu yüzden de kimsenin bu işle ilgileneceğini sanmıyorum. Varsayalım ki, birileri bunu yaptı; bakterinin üreme hızı o denli fazladır ki, tek bir günde Yeni Ahit'in 10 milyon kopyası çıkartılabilir. İnsanlar DNA alfabesini okumayı bilselerdi, bu bir misyonerin en büyük düşü haline gelirdi. Tabii bir de bakterideki karakterler öylesine küçük ki, Yeni Ahit'in 10 milyon kopyası bir topluiğne başının yüzeyinde aynı anda dans edebilirdi.

Alışılagelmiş yaklaşım elektronik bilgisayar belleğini ROM ve RAM olarak sınıflandırır. ROM, "read only memory", salt okunur bellek demektir; yani "bir kez yaz birçok kez oku" belleğidir. 0'ların ve 1'lerin düzeni imalat sırasında "yazılır" ve bundan sonra da değiştirilemez. Bellek ömrü boyunca aynı kalır ve buradaki bilgi sayısız kereler okunabilir. RAM adı verdiğimiz diğer bellek ise, hem "üzerine yazılabilir" hem de okunabilir (bu pek de zarif olmayan bilgisayar jargonuna oldukça ça-

buk alışılıyor). Dolayısıyla, RAM, ROM'un yaptığı her şeyi ve hatta daha fazlasını yapıyor. RAM kısaltmasının açık anlamı yanıltıcı, bu nedenle sözünü etmiyorum. RAM'de önemli olan, bu belleğin istediğiniz yerine, istediğiniz kadar, istediğiniz desende 0'lar ve 1'ler yerleştirebilmenizdir. Bilgisayar belleğinin büyük bir kısmı RAM'dir. Ben yazdıkça, bu sözcükler doğrudan RAM'a gidiyor. Her şeyi denetleyen sözcükişlemci program da RAM'de; fakat kuramsal olarak ROM'a yazılabilir ve sonra da değiştirilmez. ROM, tekrar tekrar gereksinme duyulacak, isteseniz bile değiştiremeyeceğiniz standart programlar için kullanılıyor.

DNA, ROM'dur. Milyonlarca kere okunabilir fakat üzerine bir kere yazılabilir -ilk imal edildiğinde, içinde bulunduğu hücrenin doğumunda. Bir bireyin hücrelerindeki DNA bir kez "yazılır" ve o bireyin hayatı boyunca, çok ender gelişigüzel bozunmalar dışında, değişmez. Fakat DNA kopyalanabilir. Bir hücrenin her bölünüşünde DNA kendisinin tıpkısını yapar. A, T, C ve G nükleotitlerinin düzeni, bir bebeğin büyümesi sırasında yapılan trilyonlarca yeni hücrenin her birinin DNA'sına aslına sadık kalınarak kopyalanır. Yeni bir birey döllendiğinde, yeni ve bir başka eşi olmayan veriler DNA ROM'una "yazılır"; birey bundan sonraki hayatını tüm hücrelerine kopyalanacak bu verilerle geçirecektir (DNA'sının gelişigüzel bir yarısının kopyalandığı eşey hücreleri dışında, ki bunu daha sonra göreceğiz).

Bilgisayardaki belleğin tümünün, ister RAM olsun ister ROM, belirli *bir adresi vardır*. Bu, bellekteki her konumun bir adı olduğu anlamına gelir: Adres, genellikle bir sayıdır, ama başka bir şey de olabilir. Belleğin bir konumunun *adresi* ile *içindekiler* arasındaki ayrımı anlayabilmek çok önemli. Her konum adresiyle belirlenir. Örneğin, bu bölümün adının ilk üç harfi "GÜÇ", toplam 65.536 RAM konumu olan bilgisayarımın 6446, 6447 ve 6448 konumlarında bulunuyor. Başka bir zamanda bu üç konumun içeriği farklı olacak. Bir konumun içe-

riği, o konuma en son yazılmış olan şeylerden oluşur. Her ROM konumunun da bir adresi ve bir içeriği vardır, ancak RAM ile arasındaki fark, ROM'da bu içeriğin asla değişmeyecek olmasıdır.

DNA, ipliksi kromozomlar üzerinde yerleşmiştir; tıpkı uzun bilgisayar bantları gibi. Hücrelerimizin her birindeki DNA'nın tamamının bilgisayar ROM'u ya da bandındaki gibi bir adresi vardır. Bilgisayar belleğinde olduğu gibi, DNA üzerinde bir adresi belirlemek için kullandığımız rakamlar ya da adlar keyfi seçilmiştir. Önemli olan, benim DNA'mdaki belirli bir konumun, sizin DNA'nızdaki belirli bir konuma karşılık gelmesidir: İki konumun adresleri aynıdır. Benim DNA'mın 321762 konumundaki içerik sizin DNA'nızın 321762 konumundakiyle aynı olabilir de, olmayabilir de. Fakat 321762 konumu benim hücrelerimde de, sizinkilerde de aynı yerdedir. Burada "yer" dediğimde, belirli bir kromozom üzerindeki bir yeri kastediyorum. Kromozomun hücre içindeki tam yeri önemli değildir. Aslında kromozom hücre içinde yüzer ve fiziksel yeri değişir, ama bilgisayar bandı düzenli sarılmayıp yerde dağınık durduğunda bile bant üzerindeki her konumun yerinin belli olması gibi, kromozom üzerindeki her konumun da çizgisel sırası bellidir. Biz insanların tümünde aynı DNA *adresleri* var, ancak bu adreslerin *içeriklerinin* aynı olması gerekmiyor. İşte, birbirimizden farklı olmamızın nedeni bu.

Diğer türlerin *adresleri* bizimkilerle aynı değil. Örneğin, bizde 46 kromozom varken şempanzelerde 48 tane var. Türler arasında kromozom konumlarının içeriklerini adreslerine bakarak karşılaştırmak mümkün değil, çünkü adresler bire bir karşılık gelmiyor. Bununla birlikte, şempanzeler ve insanlar gibi yakın akraba olan türlerde, birbirine bitişik konumlardan oluşan çok sayıda bölgenin ortak olduğu görülüyor. Bu ortaklıkların sayısı öylesine fazla ki, iki tür için aynı adres sistemini kullanamıyor olmamıza karşın, bu benzer bölgeleri temelde aynı kabul edebiliriz. Bir türü tanımlayan, tür üyelerinin tümü-

nün DNA'larında aynı adres sisteminin olmasıdır. Birkaç önemsiz istisna dışında, tüm üyelerin kromozom sayısı aynıdır ve bir kromozom üzerindeki her konumun adresi, türün tüm diğer üyelerinde aynı kromozomun aynı konumunun adresiyle aynıdır. Bir türün üyeleri arasındaki farklılık yalnızca bu konumların içeriği olabilir.

Şimdi farklı bireylerdeki DNA içeriği arasındaki farklılıkların nasıl oluştuğunu anlatacağım, fakat yalnızca bizim gibi eşeyli üreme yapan türlerden söz ettiğimi vurgulamalayım. Bizim sperm ve yumurtalarımızın her birinde 23 kromozom vardır. Benim spermlerimden bir tanesindeki adresli konumların her biri için, diğer spermlerimin ve sizin spermlerinizin (ve yumurtalarınızın) her birinde belirli adresli bir konum vardır. Diğer hücrelerimin hepsinde 46 kromozom vardır -çift sayı. Bu hücrelerin her birinde adresler iki kez kullanılır. Her hücrede iki tane kromozom 9 vardır; dolayısıyla kromozom 9 üzerindeki konum 7230'dan hücre içinde iki tane bulunur. Bu iki konumun içeriği aynı olabilir de, olmayabilir de; tıpkı türün diğer üyeleri için dediğimiz gibi. 46 kromozomlu bir vücut hücresinden 23 kromozomlu bir sperm yapıldığında, sperm her adresli konumun iki kopyasından yalnızca birini alır. Hangi kopyanın alındığı rastlantısaldır diyebiliriz. Aynı şey yumurtalar için de geçerlidir. Bunun sonucu olarak, üretilen her yumurta ve sperm, konumların adresleme sistemleri bir türün bütün üyelerinde aynı olmasına karşın, *içerikleri* açısından tektir ve bir benzeri yoktur (bizi ilgilendirmeyen istisnalar dışında). Sperm, yumurtayı döllediğinde, 46 kromozom tamamlanır; ve gelişmeye başlayan dölütün hücrelerinin hepsinde bu 46 kromozom kopyalanır.

ROM'a yalnızca ilk imal edildiğinde yazılabildiğini söylemiştim; bu, zaman zaman kopyalama sırasında görülen rastlantısal yanlışlıklar dışında DNA için de doğrudur. Fakat bir anlamda, türün tümünün ROM'larının oluşturduğu kolektif veri bankasına yazılabildiğini söyleyebiliriz. Tür bireylerinin hayatta kala-

bilmesi (ki bu rastlantısal bir olgu değildir) ve üreme işlevindeki başarıları sonucunda, nesiller geçtikçe, türün kolektif genetik belleğine iyileştirilmiş hayatta kalabilme talimatları "yazılır". Bir türün evrimsel değişimi, büyük oranda, her adresli DNA konumundaki çeşitli olası *içeriklerin* her birinin kopya sayısında nesiller geçtikçe oluşan değişimlerdir. Kuşkusuz, her kopyanın bir bireyin vücudunda olması gerekiyor. Fakat evrim sürecinde önemli olan, her adresin olası içeriklerinin *popülasyon* içindeki sıklıklarının değişmesidir. Adresleme sistemi aynı kalır, fakat yüzyılların geçmesiyle konum içeriklerinin istatistiksel profili değişir.

Kırk yılın başı, adresleme sisteminin de değiştiği olur. Şempanzelerde 24 çift, bizde de 23 çift kromozom var. Şempanzelerle bizim atamız ortak; öyleyse, bizim ya da şempanzelerin atalarının birinde kromozom sayısında bir değişiklik olmuş olmalı. Ya biz bir kromozom kaybetmişiz (iki kromozom birleşmiş) ya da şempanzeler bir kromozom kazanmış (bir kromozom ikiye ayrılmış): Kromozom sayısı ana babasınınkinden farklı en az bir birey ortaya çıkmış olmalı. Genetik sistemin bütününde zaman zaman başka değişimler de görülür. İleride göreceğimiz gibi, zaman zaman şifre tümüyle farklı kromozomlara kopyalanabilir. Bunu biliyoruz, çünkü kromozomların etrafına dağılmış, birbirinin aynısı, uzun DNA iplikleri buluyoruz.

Bilgisayar belleğinde belirli bir noktadaki bilgi okunduğunda, iki şeyden biri olur. Bu bilgi ya bir başka yere yazılabilir ya da bir biçimde "eyleme" geçirilir. Bir başka yere yazılması, bilginin kopyalanmasıdır. DNA'nın bir hücreden yeni bir hücreye, DNA üzerindeki bölgelerin de bir bireyden bir başka bireye, yani çocuğuna kopyalanabildiğini gördük. "Eylem" ise çok daha girift. Bilgisayarlarda, program talimatlarının yürütülmesi bir çeşit eylem biçimi. Benim bilgisayarımın ROM'unda, konum 64489, 64490 ve 64491, birlikte ele alınıp talimat olarak yorumlandıklarında bilgisayarın küçük hoparlöründe "bip" sesi

çıkartan belirli bir içerik -0'lar ve 1'ler- taşıyorlar: 10101101 00110000 11000000. Bu bit düzeninin gürültüye ilişkin içsel bir anlamı yok. Bu şifrede hoparlör üzerindeki etkisinin ne olacağını gösterecek hiçbir ipucu yok. Bilgisayarın geri kalan kısmının yapılış biçimi, bu etkiyi veriyor. Tıpkı bunun gibi, DNA'nın dört harfli şifresinin de etkileri var -örneğin, davranış ya da göz rengi üzerinde- fakat bu etkiler DNA şifresinin içsel bir özelliği değil. Bu etkiler dölütün gelişme biçiminin bir sonucu olarak kendini gösteriyor; gelişme biçimi de DNA'nın diğer kısımlarındaki şifreden etkileniyor. Genler arasındaki bu etkileşim, VII. Bölüm'ün konusu olacak.

DNA şifresinin eyleme geçebilmesi için önce simgelerinin bir başka ortama çevirisinin yapılması gerekiyor. DNA simgeleri önce kendilerine karşılık gelen RNA simgelerine dönüştürülüyor. RNA'nın da dört harfli bir alfabesi var. Buradan da polipeptit ya da protein adı verilen farklı bir polimere çevirisi yapılıyor. Bu polimere, poliaminoasit de diyebiliriz, çünkü temel birimleri aminoasitlerden oluşuyor. Canlıların hücrelerinde 20 çeşit aminoasit var. Biyolojik proteinlerin tümü bu 20 temel yapıtaşından yapılmış zincirler aslında. Aminoasit zincirleri olmalarına karşın, proteinlerin çoğu uzun, iplik gibi kalmıyor. Her zincir, girift bir düğüm halinde kıvrılıyor; bu düğümün biçiminiyse aminoasitlerin dizilişi belirliyor. Dolayısıyla, belirli bir aminoasit dizisi için bu düğümün biçimi hep aynı oluyor. Aminoasitlerin dizisini belirleyense, DNA'nın belirli bir parçasındaki şifre simgeleri (RNA ise arada şifreyi iletiyor). Öyleyse, bir proteinin üçboyutlu, kıvrılmış biçimi, DNA'nın şifre simgelerinin tek boyutlu dizilimi tarafından belirleniyor.

Çeviri işlemi, meşhur, üç harfli sözcüklerle yazılmış "genetik şifreyi" kapsıyor. Bu, 64 (4 x 4 x 4) olası DNA (ya da RNA) *üçlüsünün* her birinin 20 aminoasitten birine ya da "okumayı durdur" simgesine çevirisinin yapıldığı bir sözlük. "Okumayı durdur" simgelerinden -noktalama işaretleri- üç tane var. Amino-

asitlerin çoğuna birden fazla üçlü karşılık gelebiliyor (64 üçlüye karşılık yalnızca 20 aminoasit olmasından bunu tahmin etmişsinizdir). Değişmez bir dizilimi olan DNA ROM'dan kesinlikle değişmez üçboyutlu bir biçimi olan proteine dek tüm çeviri işlemi, müthiş bir sayısal bilgi teknolojisi şöleni. Genlerin vücudu etkileyişinin bundan sonraki adımlarıysa bilgisayara daha az benziyor.

Her canlı hücre, hatta tek bir bakteri hücresi bile, devasa bir kimyasal madde fabrikası olarak düşünülebilir. DNA düzeni, yani genler, protein moleküllerinin üçboyutlu biçimini değiştirerek bu kimya fabrikasındaki olayların akışını etkiler. Devasa sözcüğünün bir hücre için uygun olmadığı düşünülebilir, özellikle de bir topluiğnenin başına 10 milyon bakteri hücresinin sığıcağı düşünülünce. Fakat bu hücrelerin her birinin tüm Yeni Ahit metnini taşıyabileceğini de hatırlayacaksınız; bunun da ötesinde, içerdiği karmaşık makinelerin sayısıyla ölçüldüğünde, hücre gerçekten de devasadır. Her makine, belirli bir DNA parçasının etkisiyle yapılmış, büyük bir protein molekülüdür. Enzim adı verilen bu protein molekülleri için makine sözcüğünü kullanıyorum, çünkü her bir enzim belirli bir kimyasal tepkimenin oluşmasına neden olur. Her protein makinesi kendi kimyasal ürününü üretir. Bunu yapabilmek için hücre içinde dolanmakta olan hammaddeleri kullanır; hammaddeler de büyük olasılıkla başka protein makinelerinin ürünleridir. Bu protein makinelerinin büyüklüğü hakkında bir fikir verebilmek için şunları söyleyebilirim: Her biri yaklaşık 6000 atomdan yapılmıştır ki, bu moleküler standartlarda çok büyük bir sayı. Bir hücrede bu koca araçlardan bir milyon kadar var; 2000'den fazla çeşit oluşturuyorlar ve her enzim çeşidi kimya fabrikasında -hücrede- belirli bir işlemi yapmakta uzmanlaşmış. İşte, bir hücreye bireysel biçimini ve davranışını veren, enzimlerin karakteristik kimyasal ürünleridir.

Tümü aynı genleri taşıyan vücut hücrelerinin hepsinin aynı olmaması size garip gelebilir. Bunun nedeni, farklı çeşitlerdeki

vücut hücrelerinde farklı gen kümelerinin *okunarak* diğerlerinin göz ardı edilmesidir. Karaciğer hücrelerinde, DNA ROM'un böbrek hücrelerinin yapımına ilişkin bölümleri okunmaz; böbrek hücrelerinde de karaciğere ilişkin olanlar okunmaz. Bir hücrenin biçimi ve davranışı, o hücrede hangi genlerin okunarak protein ürünlerine çevirildiğine bağlıdır. Bu da, hücre içinde hazır bulunan kimyasal maddelere bağlıdır. Hücrede hangi kimyasalların olduğu da, kısmen daha önce hangi genlerin okunmuş olduğuna ve kısmen de komşu hücrelere bağlıdır. Bir hücre ikiye bölündüğünde oluşan iki yeni hücrenin birbirlerine benzemesi gerekmez. Örneğin, başlangıçtaki döllenen hücrede belirli kimyasal maddeler hücrenin bir ucunda, diğerleri de öbür uçta toplanır. Bu şekilde kutuplaşmış bir yumurta bölündüğünde, oluşan yeni hücreler farklı kimyasallar taşır. Bu, yeni hücrelerde farklı genlerin okunacağı anlamına gelir ve kendi kendini güdüleyen, güçlendiren bir ayrımlaşma başlar. Vücudun son biçimi, bacakların uzunluğu, beynin yapılanması, davranışların zamanlaması, hepsi, farklı genleri okuduğu için farklı çeşitlerde olan hücreler arasındaki etkileşimin dolaylı sonuçlarıdır. Bu farklılaşma süreçleri, ulvi bir merkezi tasarım yerine III. Bölüm'deki "tekrarlayan" işlem tarzında, yerel ve özerk süreçler olarak görülmeli.

Bu bölümde kullanılan anlamıyla "eylem", genetikçilerin bir genin "fenotipik etkisi" dediği şeydir. DNA'nın vücut, göz rengi, saçın kıvırcıklığı, saldırgan davranış derecesi ve binlerce başka özellik üzerindeki etkileri fenotipik etkiler olarak adlandırılır. DNA'nın bu etkileri başlangıçta yereldir: RNA tarafından okunması, protein zincirine çevirilmesi. Sonra da hücrenin biçimi ve davranışları etkilenir. Bu, DNA'daki bilgiyi okumanın iki yolundan biri. İkinci yolsa, DNA'nın kopyalanması.

DNA bilgisini aktarmanın bu iki yolu, yani dikey ve yatay iletim arasında temel bir ayrım var. Bilgi, sperm ve yumurta (başka hücreler) yapan hücrelerdeki DNA'lara dikey olarak

aktarılıyor. Dolayısıyla, dikey olarak bir sonraki nesle ve sonra yine dikey olarak belirsiz sayıda gelecek nesle aktarılıyor. Buna "arşivsel DNA" diyeceğim. Arşivsel DNA ölümsüz olma potansiyeli taşır. Arşivsel DNA'yı taşıyan ve bölünerek bir sonrakini oluşturan hücreler dizisine tohum hattı diyoruz. Tohum hattı, sperm veya yumurtanın -ve dolayısıyla gelecek nesillerin- atahücreleri olan, vücut içi hücreler dizisidir. DNA ayrıca yanlara doğru, yani yatay olarak da aktarılır: Karaciğer ya da deri hücreleri gibi tohum hattı olmayan hücrelerdeki DNA'lara; böylesi hücrelerdeki RNA'ya; dolayısıyla proteinlere ve dölüt gelişimiyle yetişkin biçimi ve davranışı üzerindeki çeşitli etkilere. Yatay ve dikey aktarımın III. Bölüm'deki GELİŞİM ve ÜREME alt-programlarının karşılığı olarak düşünebilirsiniz.

Doğal seçilim, rakip DNA'nın kendini tür arşivlerinde dikey olarak aktarmadaki başarısıyla ilgilidir. "Rakip DNA", türün kromozomlarındaki belirli bir adresin alternatif içerikleri anlamına gelir. Bazı genler arşivde kalma konusunda rakip genlerden daha başarılıdır. "Başarı" denen şey, sonuç olarak türün arşivlerinde aşağı doğru *dikey* aktarılmadır. Buna karşın, başarı ölçütü genelde genlerin *yanlamasına* aktarım yoluyla vücut üzerinde gösterdikleri *eylemdir*. Bu da tıpkı biyomorf bilgisayar modeline benziyor. Örneğin, kaplanlarda özel bir gen var diyelim; bu gen çene hücrelerinde yanlamasına etki yaparak, bir rakip gene kıyasla dişlerin biraz daha keskin olmasına yol açıyor. Dişleri daha keskin olan bir kaplan, normal kaplana kıyasla avını öldürmede daha etkili olacaktır; dolayısıyla daha çok döl verecektir; dolayısıyla dişleri keskin yapan genin daha çok kopyasını dikey olarak aktaracaktır. Kaplanın diğer genleri de aktarılacaktır kuşkusuz, ancak yalnızca özel "keskin-diş-geni", *ortalama olarak*, keskin dişli kaplanların vücudunda olacaktır. Bu gen, dikey aktarımı söz konusu olduğunda, vücut üzerindeki bir dizi ortalama etkiden yarar sağlamaktadır.

DNA bir arşiv ortamı olarak müthiş bir etkinliğe sahiptir. Bir iletiyi koruma yeteneği, taş tabletlerinkini çok çok aşar. İnek-

lerde ve bezelyede (aslında hepimizde) hemen hemen aynı olan bir gen vardır: histon H4 geni. Bu genin DNA metni 306 karakter uzunluğundadır. Tüm türlerde aynı adreste oturduğunu söyleyemeyiz, çünkü türler arasında adresleri pek de anlamlı bir biçimde kıyaslayamıyoruz. Söyleyebileceğimiz tek şey, bu genin ineklerde 306 karakter uzunluğunda, bezelyede de 306 karaktere eş bir uzunlukta olduğudur. İnekle bezelyenin H4 genlerinin yalnızca iki karakteri birbirinden farklıdır. İneklerle bezelyelerin ortak atalarının ne kadar süre önce yaşadığını tam olarak bilmiyoruz, fakat fosil kanıtlarına göre 1-2 milyar yıl öncesinde olmalı; diyelim ki, 1,5 milyar yıl önce. Bu (insanlar için) düşünülemeyecek kadar uzun süre boyunca, o uzak atadan dallanan her iki soy da 306 karakterden 305'ini korumuş (ortalama olarak: soylardan biri 306 karakterin hepsini, diğeri de 304'ünü korumuş olabilir). Mezar taşlarına yazılan yazılar birkaç yüzyıl içinde okunamaz hale geliyor.

Bir bakıma, histon H4 belgesinin korunması çok daha etkileyicidir, çünkü taş tabletlerin tersine, metni koruyan ve dayanıklı olan hep aynı fiziksel yapı değildir. DNA metni nesiller boyu durmadan kopyalanır; eskimelerini önlemek için 80 yılda bir yazıcıların kopyaladıkları İbrani yazıtları gibi. Histon H4 belgesinin inek-bezelye ortak atasından ineklere gelene dek kaç kere kopyalandığını kestirebilmemiz çok zor, ama herhalde 20 milyar kadar vardır. Ayrıca, birbiri peşi sıra 20 milyar kere kopyalanan bilginin yüzde 99'undan fazlasının korunmasını değerlendirecek bir ölçüt bulmak çok zor. Belki "kulaktan kulağa" oyunu oynayabiliriz. 20 milyar sekreterin bir sıra halinde oturduğunu düşünün. Bu sekreterler sırası, Yerküre'nin etrafını 500 kez dolanacaktır. Birinci sekreter bir belgenin bir sayfasını yazar ve yanındakine verir. İkinci sekreter metni kopyalar ve yazdığını bir sonrakine verir. Üçüncü sekreter tekrar kopyalar ve kendi yazdığını bir sonrakine verir; böylece sürer gider. Sonunda, ileti sekreterler sırasının sonuna gelir ve biz okuruz (daha doğrusu, sekreterlerin işlerinde çok hızlı olduklarını varsayar-

sak, bizim on iki bininci torunlarımız okur). Okuduğumuz metin aslına ne kadar sadık kalabilmiştir dersiniz?

Bu soruyu yanıtlayabilmek için sekreterlerin işlerini ne denli doğru yaptıkları hakkında bir varsayım yapmamız gerekiyor. Soruyu tersine çevirip soralım. DNA'nın etkinliğine erişebilmek için her sekreter ne kadar iyi yazıyor olmalı? Yanıt, sözcüklere dökülemeyecek denli gülünç! Her sekreterin hata oranı trilyonda bir olmalı; yani Kitabı Mukaddes'i 250.000 kere hiç durup dinlenmeden yazıp, yalnızca tek bir hata yapacak kadar iyi olması gerekiyor. Gerçek hayatta iyi bir sekreter sayfada bir hata yapar. Bu histon H4 geninin hata oranının 500 milyon katı. Gerçek hayattaki 20 milyar sekreterden oluşan bir sırada, 20. sekreterde, bir metnin içerdiği asıl harflerin yüzde 99'u bozulmuş olacaktır. 10.000. sekreterde, asıl metnin yüzde 1'inden azı doğru olacaktır. Sekreterlerin yüzde 99,9995'i metni görmeden metin hemen hemen tümden bozulmuş olacaktır.

Bu kıyaslamada küçük bir hile var, ama ilginç ve açıklayıcı bir hile. Ölçtüğümüz şeyin kopyalama hataları olduğu izlenimini verdim. Fakat histon H4 belgesi sadece kopyalanmakla kalmıyor; aynı zamanda doğal seçilimin eleğinden de geçiyor. Histon hayatta kalabilmek için son derece gerekli; kromozomların yapı mühendisliğinde kullanılıyor. Belki de, histon H4 geninin kopyalanmasında çok fazla hata yapılmıştır, fakat mutasyon geçiren bu organizmalar hayatta kalmamışlar, en azından üreyememişlerdir. Daha adil bir kıyaslama yapabilmek için, her sekreterin sandalyesine bir tabanca tutturulmuş olduğunu varsaymalıyız; öyle ki, sekreter hata yaptığında vuruluyor ve yerini yedek bir sekreter alıyor (bundan hoşlanmayan okuyucular, sandalyedeki yaylı bir düzeneğin hatalı sekreterleri nazikçe sıradan dışarı fırlattığını düşünmeyi yeğleyebilirler, fakat tabanca doğal seçilim için daha gerçekçi bir benzetme).

Öyleyse, DNA'nın metni korumasını ölçmek için kullandığımız bu yöntem, yani jeolojik zaman boyunca gerçekleşen değ-

şikliklerin sayısına bakmak, kopyalamadaki aslına sadık kalmayı doğal seçilimin eleme etkisiyle birlikte ölçer. Yalnızca başarılı DNA değişimi geçirenlerin nesillerini görebiliriz. Ölüme yol açan değişimleri görmemizin mümkün olmadığı çok açık. Doğal seçilimin işe karışmasının öncesinde yapılan hataları, yani asıl kopyalama doğruluğunu ölçebilir miyiz? Evet, bu mutasyon oranı dediğimiz şeyin tersidir ve ölçülebilir; herhangi bir kopyalama işleminde bir harfin yanlış kopyalanması olasılığı, milyarda birden biraz fazla çıkar. Bununla, yani mutasyon oranıyla, evrim sırasında histon geninde oluşan ve kalıtılan değişimin oranı -ki bu daha düşük olan orandır- arasındaki fark ise, doğal seçilimin bu antik belgeyi korumada ne denli etkili olduğunun bir ölçütüdür.

Genetik standartlarda bile, histon geninin çağlar boyunca süren bu tutuculuğu sıradışıdır. Başka genlerde değişim hızı daha yüksektir; büyük olasılıkla, doğal seçilim bu genlerdeki değişimlere karşı daha hoşgörülüdür. Örneğin, fibrinopeptit olarak bilinen proteinleri kodlayan genler evrim sürecinde hemen hemen mutasyon oranına yakın bir oranda değişir. Bu, büyük olasılıkla, fibrinopeptitlerin (bunlar kanın pıhtılaşması sırasında üretiliyor) ayrıntılarındaki hataların organizma için pek de önemli olmadığı anlamına geliyor. Hemoglobin genlerinin değişim hızıysa histonlarla fibrinopeptitlerinki arasında. Hemoglobinin kandaki işlevi ve ayrıntıları önemli, ancak bu proteinin alternatif çeşitlerinin de aynı işlevi yürütebildikleri görülüyor.

Burada ilk bakışta bir paradoks varmış gibi görünüyor. Histon benzeri moleküller, en yavaş evrilen ve doğal seçilime en çok takılan moleküllerdir. Fibrinopeptitler en hızlı evrilen moleküllerdir çünkü doğal seçilim onları neredeyse tamamen göz ardı eder; mutasyon oranında evrilmelerine engel yoktur. Bunun paradoks gibi görünmesinin nedeni, doğal seçilimi evrimin itici gücü olarak fazlasıyla önemsememiz. Doğal seçilimi önemsiyoruz; doğal seçilim olmayınca evrimin de olmayacağını düşü-

nürüz. Tam tersi, güçlü bir "seçilim baskısının" ise hızlı evrimleşmeye neden olmasını bekleriz. Ancak, bunun yerine, doğal seçilimin evrimi frenlediğini görüyoruz; doğal seçilim olmadığında, evrim hızı mümkün olan en yüksek hızdır; yani mutasyon hızıyla aynıdır.

Aslında bu bir paradoks değil. Dikkatlice düşündüğümüzde, başka türlü olamayacağını anlarız. Doğal seçilim yoluyla evrim, mutasyon hızından daha hızlı olamaz, çünkü mutasyon son kertede yeni çeşitliliklerin türe gireceği tek yoldur. Doğal seçilimin yapabileceği tek şey, yeni çeşitliliklerin bir kısmını kabul etmek, diğerleriniyse reddetmektir. Mutasyon oranı evrimin ilerleyişine bir üst sınır koyar. Aslına bakarsanız, doğal seçilim çoğu kez evrimi desteklemek yerine köstekler. Bunun, doğal seçilimin tümüyle yıkıcı bir süreç olduğu anlamına gelmediğini ısrarla vurgulamalıyım. Doğal seçilim birçok açıdan yapıcıdır da ve VII. Bölüm'de bu konu üzerinde duracağız.

Hatta mutasyon hızı bile bir ölçüde yavaştır. Başka bir deyişle, doğal seçilim olmasa bile, DNA şifresinin arşivini sadakatle koruma konusundaki işlevselliği bizi hayrete düşürebilir. Temkinli bir tahminle, doğal seçilim olmadığını düşünsek bile, DNA öylesine kesin bir doğrulukla kendi eşini yapar ki, karakterlerin yüzde 1'ini yanlış kopyalamak için beş milyon kopyalama nesli geçmesi gerekir. Doğal seçilim olmasaydı bile, bizim varsayımsal sekreterlerimiz DNA'nın çok gerisinde kalırlardı. Doğal seçilimsiz DNA'ya yetişmek için her birinin Yeni Ahit'in tümünü sadece tek bir hatayla kopyalaması gerekirdi; yani, her birinin gerçek hayattaki bir sekreterden 450 kere daha iyi olması gerekirdi. Bunun, *doğal seçilim sonrasında* tipik bir sekreterle DNA'yı kıyasladığımız sayı olan yarım milyardan çok daha az olduğu çok açık; ama yine de etkileyici bir sayı.

Galiba sekreterlere adil davranmadım. Yaptıkları yanlışları fark edemediklerini ve düzeltmediklerini varsaydım. Hiç düzeltme yapılmadığını varsaydım; tabii ki, gerçekte bu yapılıyor.

Bu yüzden, sekreterler sırası asıl iletinin benim çizdiğim basit yoldan bozulmasına izin vermeyecektir. DNA kopyalama mekanizması aynı tür hata düzeltimini otomatik olarak yapar. Eğer yapmıyor olsaydı, anlattığım o müthiş hatasızlık düzeyine erişemezdi. DNA kopyalama mekanizmasında çeşitli "düzelti" yolları vardır. Bu gerekli çünkü DNA şifresinin harfleri hiç de granit üzerine kazınmış hiyeroglifler gibi statik değil. Tam tersine, şifreyi oluşturan moleküller öylesine ufak ki -topluiğne başındaki Yeni Ahitleri hatırlayın- ısı nedeniyle durmadan oraya buraya çarpan moleküller bile bu molekülleri tehlikeye sokabilir. İletideki moleküller durmaksızın düzeltilir; her gün, her insan hücresinde yaklaşık 5000 DNA harfi bozulur ve tamir mekanizmaları tarafından anında değiştirilir. Bu tamir mekanizmaları olmasaydı ve durmaksızın çalışmasalardı, ileti kısa zamanda bozulurdu. Yeni kopyalanmış bir metinde "düzelti" normal tamirat işlerinin özel bir örneği yalnızca. DNA'da böylesine müthiş bir hatasız bilgi depolama yeteneğinin olmasının nedeni işte bu düzelti işlemidir.

DNA moleküllerinin ileri düzeyde bir bilgi teknolojisinin merkezinde olduğunu gördük. Bu moleküllerin çok büyük miktarlardaki kusursuz sayısal bilgiyi küçücük bir mekâna sıkıştırabildiğini ve bu bilgiyi çok uzun bir süre, milyonlarca yılla ölçülen bir süre -ve yok sayamayacağımız ama bizi hayretlere düşürecek kadar az hatayla- saklayabildiğini gördük. Bu bizi nereye götürecek? Dünya üzerindeki hayata ilişkin temel gerçeğe götürecek; bu bölümün ilk paragrafındaki söğüt tohumlarıyla ima ettiğim gerçeğe. Bu gerçek, DNA'nın canlılar yararlansın diye var olmadığı, DNA yararlansın diye canlı organizmaların var olduğu... Bu henüz açıkça görülmüyor ama sizleri ikna edebilmeyi umuyorum. Birey ömürlerinin zaman ölçeğinde bakıldığında, DNA moleküllerinin içerdiği iletilerin ömrü neredeyse sonsuzdur. DNA iletilerinin ömrü (birkaç mutasyonu bir kenara bırakırsak) milyonlarca yılla, yüz milyonlarca yılla ölçülür; başka bir deyişle, birey ömrünün on bin-bir

trilyon katıyla ölçülür. Her organizma, DNA iletilerinin jeolojik ömürlerinin ufacık bir kısmını geçirdiği geçici bir araç olarak görülmelidir.

Dünya var olan şeylerle dolu...! Bu noktada bir anlaşmazlık yok, ama bu bizi bir yere götürecek mi? Nesneler vardır, çünkü ya yakın bir zamanda varlık bulmuşlardır ya da geçmişte yok edilmelerini güçleştiren nitelikleri olmuştur. Kayaçlar sık sık oluşmaz, fakat bir kez var oldular mıydı katı ve dayanıklı olurlar. Böyle olmasalardı kayaç olmaz, kum olurlardı. Aslında bazıları olmuştur; bu yüzden kumsallar var! Kayaç olarak var olanlarsa dayanıklı olanlar. Öte yandan, çiy damlaları dayanıklı oldukları için değil, çok kısa zaman önce oluştukları ve henüz buharlaşmadıkları için vardır. İki türlü "varoluş değerliği" var gibi görünüyor: "oluşma olasılığı yüksek ama pek kalıcı değil" olarak özetlenebilecek çiy tanesi türü ve "oluşma olasılığı düşük ama bir kez var olduktan sonra uzun süre dayanma olasılığı yüksek" olarak özetlenebilecek kayaç türü. Kayaçların dayanıklılığı, çiy tanelerininse "oluşabilirliği" var (daha az çirkin bir sözcük kullanmaya çalıştım ama bulamadım).

DNA her iki türün de özelliklerini taşıyor. DNA molekülleri fiziksel varlıklar olarak, çiy tanelerine benziyor. Doğru koşullarda, büyük bir hızla oluşuyorlar ama hiçbiri kalıcı değil ve birkaç ay içerisinde hepsi bozunuyor; kayaçlar gibi kalıcı değiller. Ancak DNA dizilerinde taşınan *düzenlemeler* en sert kayaçlar kadar kalıcı ve dayanıklı. Milyonlarca yıl var olacak nitelikteler ve günümüzde hâlâ varlıklarını sürdürüyor olmalarının nedeni bu. Çiy taneleriyle aradaki fark, eski çiy tanelerinin yeni çiy tanelerine babalık yapmaması. Kuşkusuz, çiy taneleri birbirlerine benziyor, fakat özellikle benzedikleri "ebeveyn" çiy taneleri yok. DNA moleküllerinin tersine soy oluşturmuyorlar; bu yüzden de mesaj iletemiyorlar. Çiy taneleri, kendiliğinden oluşumla var oluyor; DNA iletileri ise kopyalanma yoluyla yaparak var oluyor.

"Dünya, var olmak için gereken niteliklere sahip nesnelerle dolu" türünden, gerçekliği apaçık önermeler, onlara özel bir tür dayanıklılık, çok sayıda kopyadan oluşan soylar biçiminde bir dayanıklılık atfetmediğimiz sürece önemsiz, hatta aptalca kalıyor. DNA molekülleri için "var olmak için gerekenler" nitelemesinin anlamı hiç de açık değil. "Var olmak için gerekenlerin" bilebildiğimiz evren içerisindeki en karmaşık nesneler olan sizin, benim gibi makineler yapabilme yeteneğini de içerdiği ortaya çıkacak. Şimdi bunun nasıl olabildiğine bakalım.

DNA'nın var olması için gerekenlerin makineler yapabilme yeteneğini içermesinin nedeni, temelde, tanımladığımız DNA özelliklerinin her birikimli seçilim süreci için gereken ana bileşenler olmasıdır. III. Bölüm'deki bilgisayar modellerimizde, bilgisayara birikimli seçilimin ana bileşenlerini bilinçli olarak yükledik. Eğer yeryüzünde birikimli seçilim gerçekten olacaksa, özellikleri bu ana bileşenlerden oluşan birtakım varlıklar olmalıdır. Şimdi, bu bileşenlerin neler olduğuna bakalım. Bunu yaparken, bu bileşenlerin, en azından kaba biçimlerde, ilksel Dünya üzerinde kendiliğinden ortaya çıkmış olması gerektiğini hatırda tutmalıyız; aksi takdirde, birikimli seçilim, dolayısıyla da yaşam asla başlamazdı. Burada özellikle DNA'dan değil, evrenin herhangi bir yerinde yaşamın ortaya çıkması için gereken ana unsurlardan söz etmekteyiz.

Hezekiel peygamber kemikler vadisinde keramet gösterdi ve kemiklerin birleşmesini sağladı. Sonra yine keramet gösterdi ve kemiklerin etrafını etle sararak güç verdi. Fakat hâlâ soluk alamıyorlardı. Yaşam unsuru yoktu. Ölü bir gezegende atomlar, moleküller ve daha büyük madde öbekleri vardır ve bunlar fizik yasaları uyarınca birbirlerine gelişigüzel çarpar durur. Bazen, fizik yasaları atom ve moleküllerin birleşmesine neden olur -Hezekiel'in kuru kemikleri gibi- bazen de atom ve moleküller yasalar uyarınca birbirlerinden ayrılır. Oldukça büyük atom öbekleri oluşabilir, sonra da kopup ayrılabilir. Fakat yine de soluk alamazlar.

Hezekiel kuru kemiklere yaşam soluğu vermesi için dört rüzgârı yardıma çağırdı. İlksel Dünyamız gibi ölü bir gezegenin canlanması için gereken unsur nedir? Soluk mu, rüzgâr mı, bir tür hayat iksiri mi? Hiçbiri. Gerekli olan şey bir madde değil; bir *özellik,* kendinin bir eşini yapabilme, kendini kopyalayabilme özelliği. Birikimli seçilimin ana unsuru bu. Bir biçimde, bildiğimiz fizik yasaları uyarınca, *kendini kopyalayan,* varlıkların ortaya çıkması gerek; bunlara *kopyalayıcılar* diyeceğim. Günümüzde bu işlevi, hemen hemen yalnızca, DNA yerine getiriyor, fakat başlangıçta kopyalanabilen herhangi bir şey olabilirdi. İlksel Dünya üzerindeki ilk kopyalayıcıların DNA molekülleri olup olmadığını sorabiliriz kendimize. Tümüyle gelişmiş bir DNA molekülünün, normalde yalnızca canlı hücrelerde bulunan başka moleküllerin yardımı olmaksızın ortaya çıkıvermesi pek olası değil. İlk kopyalayıcılar, büyük olasılıkla, DNA'dan daha yalın ve kabaydı.

İlk bileşenin, yani kendini kopyalamanın sonucunda kendiliğinden ortaya çıkan iki gerekli bileşen daha var. Kendini kopyalama işleminde zaman zaman yanlışlıklar olacaktır; DNA sistemi bile nadiren de olsa hata yapar ve olasıdır ki, yeryüzündeki ilk kopyalayıcılar daha fazla hata yapıyordu. Ve, kopyalayıcıların en azından bazıları gelecekleri üzerinde erk sahibi olmalıydı. Bu bileşen kulağa olduğundan daha kötü geliyor. Sadece, kopyalayıcıların bazı özelliklerinin kopyalanabilme özellikleri üzerinde etkisi olması gerektiği anlamına geliyor. Bu özellik, ilkel bir biçimde de olsa, kendini kopyalama işleminin kaçınılmaz bir sonucu.

Demek ki, her kopyalayıcı kendisinin kopyalarını yapıyor. Her kopya aslına benziyor ve aslıyla aynı özellikleri taşıyor. Bu özellikler içerisinde kendisinin daha fazla kopyalarını yapmak var elbette (bazıları hatalı da olsa). Sonuç olarak, her kopyalayıcı belirsiz, uzak bir geleceğe uzanan, son derece fazla sayıda kopyalayıcı soyu üretmek üzere dallanan, uzun bir soyun "atası" olma potansiyeli taşıyor. Her yeni kopyanın,

hammaddelerden, etrafta dolanan küçük yapıtaşlarından yapılması gerekiyor. Olasıdır ki, kopyalayıcılar bir tür kalıp ya da şablon işlevi görüyor. Küçük bileşenler kalıba öyle yerleşiyor ki, kalıbın aynısı üretilmiş oluyor. Sonra da, yapılan kopya özgür kalıyor ve kendisi bir kalıp olabiliyor. Elimizde artma potansiyeline sahip bir kopyalayıcılar popülasyonu var. Bu popülasyon sonsuza dek artmayacak, çünkü hammaddeler, kalıba yerleşen küçük bileşenler, eninde sonunda sınırlayıcı olmaya başlayacak.

Şimdi akıl yürütmemize ikinci bileşeni katacağız. Bazen kopyalama mükemmel olmayacak; hatalar yapılacak. Hata yapılma olasılığı düşük düzeylere çekilebilirse de, hiçbir kopyalama işleminde asla tümüyle ortadan kaldırılamaz. Duyarlı ses cihazlarının yapımcıları da durmadan kopyalama hatalarını azaltmaya uğraşıyorlar. DNA'nın kopyalanma işlemiyse, gördüğümüz gibi, hataları azaltmada son derece etkin. Günümüzdeki DNA kopyalanması, birikimli seçilime tabi olmuş sayısız nesil boyunca mükemmelleştirilmiş, incelikli hata bulma ve düzeltme yöntemleri içeren bir yüksek-teknoloji işi. Dediğimiz gibi, ilk kopyalayıcılar büyük olasılıkla günümüzdekilere kıyasla kabaydılar ve daha fazla hata yapıyorlardı.

Şimdi kopyalayıcı popülasyonumuza geri dönelim ve kopyalama yanlışlarının etkisinin ne olacağını görelim. Yanlışlıklar sonucu, birbirinin eşi kopyalayıcılardan oluşan birörnek bir popülasyon yerine, karma bir popülasyon olacağı çok açık. Büyük olasılıkla, hatalı kopyalama ürünlerinin çoğu, "ebeveynlerinde" olan kendini kopyalayabilme özelliğini kaybetmiş olacak. Ancak birkaçı ebeveynlerinden başka bir açıdan farklı olup, kendini kopyalama özelliğini koruyacaklar.

"Hata" kelimesini okuduğunuzda aklınıza gelen olumsuz anlamları bir tarafa atın. Burada hata, aslına sadık kalarak kopyalama açısından bakıldığında yapılan yanlışlıktır. Yapılan hatanın organizma açısından bir iyileşmeyle sonuçlanması da mümkün. Birçok yeni yemek ahçının bir tarifi denerken yanlışlık

yapmasıyla ortaya çıkmıştır. Şimdiye dek yeni bilimsel fikirlerim olmuşsa, bunların bazıları da başka insanların düşüncelerini yanlış anlamam sonucu doğmuştur. İlksel kopyalayıcılarımıza dönersek, hatalı kopyalamaların çoğu kopyalama verimliliğinin azalmasıyla ya da toptan yitirilmesiyle sonuçlanırken, birkaçı da kendisini yapan ebeveyn kopyalayıcıdan daha iyi bir kopyalayıcı yaratmış olabilir.

"Daha iyi" ne demek? Son kertede, kendini kopyalama konusunda daha verimli olmak anlamına geliyor, ama uygulamadaki anlamı ne olabilir? Bu, bizi üçüncü "bileşenimize" getiriyor. Bunu "erk" olarak adlandırmıştım; bunun nedenini birazdan anlayacaksınız. Kopyalamanın bir kalıplama işlemi olduğunu söylerken, işlemdeki son adımın, yeni kopyanın eski kalıptan ayrılması olması gerektiğini görmüştük. Bu adımın süresi, eski kalıbın "yapışkanlığı" diyeceğim bir özellikten etkileniyor olabilir. Diyelim ki, atalarından gelen kopyalama hataları nedeniyle değişken olan kopyalayıcı popülasyonumuzda bazı çeşitler diğerlerinden daha yapışkan olsunlar. Çok yapışkan bir çeşit her yeni kopyaya, ayrılıp yeni bir işleme başlamadan önce ortalama bir saatten uzun bağlanıyor olsun. Daha az yapışkan bir çeşitse, her yeni kopyayı oluşur oluşmaz bırakıyor olsun. Bir süre sonra, kopyalayıcı popülasyonunda bu iki çeşitten hangisi daha fazla olacaktır? Yanıt su götürmez; eğer iki çeşit arasındaki tek fark bu özellikse, popülasyon içerisindeki yapışkan kopyalayıcıların sayısı çok daha az olacaktır. Yapışkan olmayan kopyalayıcılar yapışkan kopyalayıcıların yapışkan kopyalar yapma hızının binlerce katı bir hızla, yapışkan olmayan kopyalayıcılar yapacaktır. Yapışkanlığı arada bir yerde olanlarsa, ikisinin arasında bir hızla kendilerini çoğaltacaklardır. "Evrimsel eğilim" yapışkanlığın azalması yönünde olacaktır.

Bu tür bir ilksel doğal seçilim, deney tüpünde taklit edilmiş. Sindirim sistemi bakterilerinden *Escherichia coli*'nin asalağı olarak yaşayan, Q-beta adlı bir virüs var. Q-beta'nın DNA'sı

yok, ama tek iplikli RNA molekülü var -aslına bakarsanız bu asalak büyük oranda RNA'dan oluşuyor. RNA da, DNA'nınkine benzer bir yolla kendi kopyasını yapabiliyor.

Normal hücrede, protein molekülleri RNA planlarında yazılanlara göre bir araya getiriliyor. Bu planlar, hücrenin o çok kıymetli arşivlerinde saklanan DNA asıllarından çekilmiş çalışma kopyaları. Fakat başka RNA kopyalarından RNA kopyaları çeken özel bir makine -tıpkı diğer hücresel makineler gibi bir protein molekül- yapmak kuramsal olarak mümkün. Böylesi bir makine var ve adı da RNA-replikaz molekülü. Bakteri hücresi normalde bu makineleri kullanmıyor ve yapmıyor. Ancak bu replikaz da bir protein molekülü olduğuna göre, bakteri hücresinin verimli protein yapma makineleri kolaylıkla RNA-replikaz yapımına geçebilir; tıpkı bir otomobil fabrikasındaki imalat aletlerinin savaş zamanında silah yapmaya geçivermesi gibi: Gereken tek şey doğru planların devreye girmesidir. İşte bu noktada işe virüs burnunu sokuyor.

Virüsün işler kısmı bir RNA planı. Yüzeysel bakıldığında, bu plan DNA aslından çekildikten sonra ortalıkta dolanmaya başlayan diğer RNA çalışma planlarından ayırt edilemiyor. Fakat virüs RNA'sını okursanız, orada iblisce bir şey yazılı olduğunu görürsünüz: RNA-replikaz yapmak için bir plan; RNA planlarının kopyalarını yapacak makineler yapacak RNA-replikaz yapmak için bir plan; RNA planlarının kopyalarını yapacak makineler yapmak için planlar yapacak makineler yapacak RNA-replikaz yapmak için bir plan...

Ve fabrika bu kendileriyle çok ilgili planlar tarafından işgal edilir. Bir anlamda işgali kendisi davet etmiştir. Eğer fabrikanızı, her planın dediği her şeyi yapabilecek karmaşık makinelerle doldurursanız, eninde sonunda bu makinelere kendilerini kopyalamalarını söyleyen bir plan çıkacaktır. Fabrika, her biri kendilerini kopyalayacak makineler yapmak için haşarı planlar üreten bu haşarı makinelerle dolar taşar. Sonunda, zavallı bakteri patlar ve yeni bakterilere bulaşacak milyonlarca virüs saçar et-

rafına. Virüslerin doğadaki normal yaşam döngüleri üzerine bu kadar konuşmak yeterli.

RNA-replikaza imalat aleti, RNA'ya da plan dedim. Bir anlamda öyledirler (daha sonraki bir bölümde başka nedenlerle buna karşı çıkacağım), ama aynı zamanda birer moleküldürler ve kimyacıların onları arıtması, şişelere koyması ve raf üstünde saklaması mümkündür. Amerika'da, Sol Spiegelman ve çalışma arkadaşlarının 1960'larda yaptığı da buydu. Sonra da iki molekülü bir çözeltide bir araya getirdiler ve şaşırtıcı bir şey oldu. Deney tüpünün içerisinde, RNA molekülleri RNA-replikazın da yardımıyla kendi kopyalarının yapılması için şablon oldular. İmalat aletleri ve planlar birbirlerinden ayrılmışlar, soğukta depolanmışlardı. Sonra da, hammadde olarak gereken küçük molekülleri de içeren sulu bir ortamda bir araya getirilir getirilmez, canlı bir hücrede değil de bir deney tüpünde olmalarına karşın, eski işlerine geri dönmüşlerdi.

Bu noktadan laboratuvarda doğal seçilime ve evrime geçmek için küçük bir adım yeterli. Bu adım, bilgisayar biyomorflarının kimyasal bir çeşitlemesi yalnızca. Deneysel yöntem temelde şöyle: Her biri RNA-replikaz çözeltisi ve hammadde (RNA sentezinde kullanılacak küçük moleküller) içeren çok sayıda deney tüpü sıralanır. Her deney tüpünde imalat aletleri ve hammaddeler vardır ama henüz hareketsizdirler, çünkü plan yoktur. Sonra, birinci tüpe az bir miktar RNA konur. Replikaz hemen işe başlar; tüpe yeni konan RNA moleküllerinin bir sürü kopyasını yapar; yapılan RNA molekülleri bütün tüpe dağılır. Sonra, birinci tüpteki çözeltiden bir damla alınır ve ikinci tüpe konur. İkinci deney tüpünde de aynı şeyler olur; buradan bir damla alınır; üçüncü tüp tohumlanır; vs...

Zaman zaman, rasgele kopyalama hataları nedeniyle, biraz farklı, mutasyona uğramış bir RNA molekülü kendiliğinden ortaya çıkar. Eğer herhangi bir nedenle yenisi eskisine göre daha üstünse -belki de daha az yapışkan olduğu için- daha hızlı ya da daha verimli kopyalamaya başlar. Yeni molekül içinde

bulunduğu deney tüpünün her yerine dağılır ve sayıca kendini oluşturan eski molekülü aşar. Sonra, bu tüpten bir damla çözelti alıp ikinciye koyduğumuzda, tohumlamayı yapan mutasyona uğramış yeni molekül olacaktır. Bu şekilde birbirini izleyen çok sayıda tüpteki RNA'ları incelersek, göreceğimiz şey ancak ve ancak evrimsel bir değişim olarak adlandırılabilir. Çok sayıdaki deney tüpü "nesli" sonunda elde edilen, diğerlerine kıyasla daha üstün RNA çeşitleri belirlenir ve daha sonra kullanılmak üzere şişelere konup saklanır. Bu üstün çeşitlerden biri olan V2 RNA, normal Q-beta RNA'dan çok daha hızlı kopyalanıyor -büyük olasılıkla daha küçük olduğu için. Q-beta RNA'nın tersine replikaz yapma planları için "endişelenmesine" de gerek yok; replikaz, deneyi yapanlar tarafından sağlanır. Kaliforniya'da, Leslie Orgel ve çalışma arkadaşları yaptıkları ilginç bir deneyde V2 RNA'sını başlangıç noktası olarak aldılar. Bu deneyde "zorlu" bir ortam oluşturmuşlardı.

Orgel ve arkadaşları deney tüplerine RNA sentezini engelleyen, etidyum bromür adlı bir zehir koydular: etidyum bromür imalat aletlerini bozuyordu. Zayıf bir zehir çözeltisiyle işe başladılar. Önceleri zehir, sentez hızını yavaşlattı. Fakat dokuz kadar tüp aktarmalı "nesil" sonra zehire dirençli yeni bir RNA çeşidi seçilmişti. Artık RNA sentezi hızı, normal V2 RNA'sının zehirsiz ortamdaki hızıyla kıyaslanabilir düzeydeydi. Bu noktada, Orgel ve arkadaşları zehir derişimini iki katına çıkardılar. RNA kopyalanma hızı tekrar düştü; fakat 10 kadar aktarma yapıldıktan sonra, daha da yüksek zehir derişimlerinden bile etkilenmeyen bir RNA çeşidi evrildi. Zehir derişimi tekrar iki katına çıkarıldı. Orgel ve arkadaşları bu yolla, zehir derişimini sürekli artırarak, çok yüksek etidyum bromür derişimlerinde, başlangıçtaki atasal V2 RNA'yı engelleyenin 10 katı derişimde, kendini kopyalayabilen bir RNA çeşidi evrimleştirmeyi başardı. Bu yeni dirençli RNA'ya V40 adını verdiler. V2'den V40 evrimleştirmek 100 kadar tüp aktarmalı "nesil" sürmüştü (tabii ki,

her tüpte aktarımdan önce RNA kopyalanmasının yapıldığı çok sayıda nesil de geçiyordu).

Orgel tüplere enzim koymadan da deneyler yaptı. RNA moleküllerinin, çok yavaş da olsa, bu koşullarda kendilerini kopyalayabildiklerini buldu; ancak başka bir katalizöre gerek duyuyorlardı, çinko gibi. Bu önemli, çünkü yaşamın ilk günlerinde, kopyalayıcılar ilk ortaya çıktıklarında, etrafta kopyalanmalarına yardımcı olacak enzimlerin olduğunu varsayamayız. Fakat büyük olasılıkla çinko vardı.

Tamamlayıcı deneylerse, on yıl kadar önce, yaşamın kökeni üzerine çalışan tanınmış Alman okulunun laboratuvarlarında Manfred Eigen önderliğinde yapıldı. Bu araştırmacılar deney tüplerine replikaz ve RNA'nın yapıtaşlarını koydular, fakat çözeltiyi RNA ile tohumlamadılar. Yine de deney tüpünde büyük bir RNA molekülü kendiliğinden evrildi ve bunu izleyen bağımsız deneylerde aynı molekülün tekrar ve tekrar evrildiği görüldü! Dikkatli kontroller tüplere RNA bulaşması olasılığının olmadığını gösterdi. Aynı koca molekülün iki kez kendiliğinden ortaya çıkmasının istatistiksel olasılığının ne denli düşük olacağını düşünürseniz, bu müthiş bir sonuç. BENCE BİR GELİNCİĞE BENZİYOR tümcesinin kendiliğinden yazılmasından daha da düşük bir olasılık. Bilgisayar modelimizdeki bu tümce gibi, bu belirli RNA molekülü de yeğlenmiş, kerte kerte ilerleyen *birikimli* evrim tarafından oluşturulmuştur.

Bu deneylerde tekrar tekrar üretilen RNA çeşidi, Spiegelman'ın ürettiği moleküllerle aynı yapıda ve aynı büyüklükteydi. Fakat Spiegelman'ınkiler doğada bulunan, daha büyük Q-beta virüsü RNA'sının "bozulması" sonucu evrimleşirken, Eigen grubununkiler kendilerini hemen hemen sıfırdan başlayarak yapmışlardı. Bu belirli RNA molekülü içine hazır replikaz konmuş deney tüplerinin oluşturduğu bir ortama iyi uyum sağlıyor. Bu nedenle de, birikimli seçilim iki çok farklı başlangıç noktasından hareketle aynı noktaya geliyor. Daha büyük olan Q-beta molekülleriyse, deney tüpü ortamına daha az uyum

sağlamış, fakat *E. coli* hücrelerinin oluşturduğu ortamla daha uyumlu.

Böylesi deneyler doğal seçilimin tümüyle kendiliğinden ve bilinçli olmayan doğasını anlamamıza yardımcı oluyor. Replikaz "imalat aletleri" neden RNA molekülleri yaptıklarını "bilmiyorlar": Bunu yapmaları yalnızca biçimlerinin getirdiği bir yanürün. RNA molekülleri de kendilerinin kopyalanması için bir strateji geliştirmiyorlar. Düşünebiliyor olsalardı bile, düşünebilen bir varlığın kendi kopyalarını yapmaya yönelmesi için açık bir neden yok. Ben kendi kopyalarımı nasıl yapacağımı bilseydim, bu projeye yapmak istediğim diğer şeylerin yanında bir öncelik vereceğimden hiç de emin değilim; neden böyle bir şey isteyeyim ki? Moleküllerdeyse, istek, güdü yok. Çok basit: Virüs RNA'sının öyle bir yapısı var ki, bu yapı hücresel makinelerin kopyalar üretmesine neden oluyor. Ve evrenin herhangi bir yerindeki bir varlık kendini kopyalama işinde iyiyse, bu varlığın kopyalarının sayısı gittikçe artacaktır. Yalnızca bu kadarla kalmayacak: Kendiliklerinden soy oluşturdukları ve zaman zaman hatalı kopyalandıkları için, daha sonraki kopyalar, güçlü birikimli seçilim süreci nedeniyle, kendilerini kopyalama işinde "daha da iyi" olacaklardır. İşte her şey bu kadar basit ve kendiliğinden; hatta kaçınılmaz.

Deney tüpünde "başarılı" bir RNA molekülü başarılıdır, çünkü doğrudan, yapısından gelen bir özelliği vardır; benim varsayımsal örneğimdeki "yapışkanlık" benzeri bir şey. Ama "yapışkanlık" gibi özellikler de pek sıkıcı. Bunlar kopyalayıcıların temel özellikleri; kopyalayıcının kopyalanma olasılığını doğrudan etkileyen özellikler. Peki, eğer kopyalayıcının başka bir şey üzerinde bir etkisi olsaydı, bu başka bir şey de bir başka şeyi etkileseydi, bir başka şey de ... etkileseydi ve son başka bir şey de kopyalayıcının kopyalanma olasılığını etkileseydi? Bunun gibi uzun neden zincirleri olsaydı bile, temeldeki gerçeğin yine de geçerli olacağını görebilirsiniz. Kopyalanmak için gereken şeye sahip olan kopyalayıcılar kendi kendilerini kop-

yalama olasılığını etkileyen nedensel bağlantılar zinciri *ne denli uzun ve dolaylı olursa olsun*, yeryüzünü kaplayacaklardı. Aynı şekilde düşünürsek, yeryüzü bu nedensel zincirdeki bağlantılarla dolacaktı. Şimdi, bu bağlantılara bakacak ve hayran kalacağız.

Bu bağlantıları günümüz organizmalarında hep görüyoruz: gözler ve deriler ve kemikler ve ayak parmakları ve beyinler ve içgüdüler... Bunlar DNA kopyalanmasının araçları. Bunlara DNA neden oluyor: Göz, deri, kemik, içgüdü, vs. farklılıklarının nedeni, DNA'daki farklılıklar. Bunlar, kendilerini yapan DNA'nın kopyalanmasını etkiliyor, çünkü vücutlarının, yani o DNA'yı içeren ve bu yüzden de o DNA ile aynı kaderi paylaşan vücudun hayatta kalmasını ve üremesini etkiliyorlar. İşte böylece, DNA'nın ta kendisi, içinde bulunduğu vücudun özellikleri yoluyla kendi kopyalanmasını etkiliyor. DNA'nın kendi geleceği üzerinde erk sahibi olduğunu söyleyebiliriz; ve vücut, vücudun organları ve davranış biçimleri bu erkin araçlarıdır.

Erkten söz ederken, kopyalayıcıların kendi geleceklerini etkileyen ürünlerinden söz ediyoruz; bu ürünler ne denli dolaylı olursa olsun. Nedenden etkiye uzanan zincirde kaç bağlantı olduğu önemli değil. Eğer neden, kendi kendini kopyalayabilen bir varlıksa, bunun etkisi -isterse çok uzak ve dolaylı olsun- doğal seçilime tabi olabilir. Bu genel fikri kunduzlar hakkında bir öyküyle özetleyeceğim. Öykünün ayrıntıları varsayımsal, ama gerçekten çok uzak olmadığı da kesin. Kunduzda beyin bağlantılarının gelişimi hakkında kimse araştırma yapmadı, ama başka hayvanlarda, örneğin solucanlarda bu tür araştırmalar yapıldı. Bu araştırmaların sonuçlarını ödünç alacak ve kunduzlara uygulayacağım, çünkü kunduzlar çoğu insana daha ilginç ve cana yakın geliyor.

Kunduzda mutasyona uğramış bir gen oluşması milyar harfli bir metnin tek bir harfindeki değişikliktir; diyelim ki, özel bir G geninde oluşan değişim. Yavru kunduz büyüdükçe, bu gen metindeki diğer tüm harflerle birlikte kunduzun bütün hücre-

lerine kopyalanır. G geni hücrelerin çoğunda okunmaz; diğer hücre çeşitlerinin çalışmasına ilişkin başka genlerse okunur. Fakat G, gelişmekte olan beynin bazı hücrelerinde okunur; okunduktan sonra da RNA kopyalarına dönüştürülür. RNA çalışma kopyaları hücrelerin içerisinde dolanmaya başlar ve sonunda, bazıları ribozom adını verdiğimiz protein yapan makinelere çarpar. Protein yapan makineler RNA çalışma planlarını okur ve bu planların belirttiği yeni protein molekülleri yapar. Bu protein molekülleri kıvrılarak aminoasit dizilerinin -ki, bu dizi G geninin DNA şifresinde yazılıdır- belirlediği belirli bir biçimi alırlar. G mutasyon geçirdiğinde, bu değişim normalde G geni tarafından belirlenen aminoasit dizisinde ve dolayısıyla protein molekülünün kıvrılmış biçiminde, önemli bir farka neden olur.

Bu hafifçe değişmiş protein molekülleri gelişmekte olan beyin hücrelerinin içerisinde çok sayıda üretilir ve enzim görevi üstlenerek hücre içinde başka bileşikleri -G geninin ürünlerini- yapan makineler haline gelir. G geninin ürünleri hücreyi çevreleyen zara ulaşır ve hücrenin diğer hücrelerle bağlantı kurmasına yarayan işlemlerde yer alır. Orijinal DNA planlarındaki hafif değişiklik yüzünden, bu zar bileşiklerinin yapım hızı değişir. Buysa, gelişmekte olan bazı beyin hücrelerinin birbirleriyle bağlantı kurma yöntemini değiştirir. DNA metnindeki dolaylı, gerçekten de uzak bir değişikliğin sonucunda, kunduzun beyninin belirli bir kısmındaki bağlantı ağında nazik bir değişim oluşmuştur.

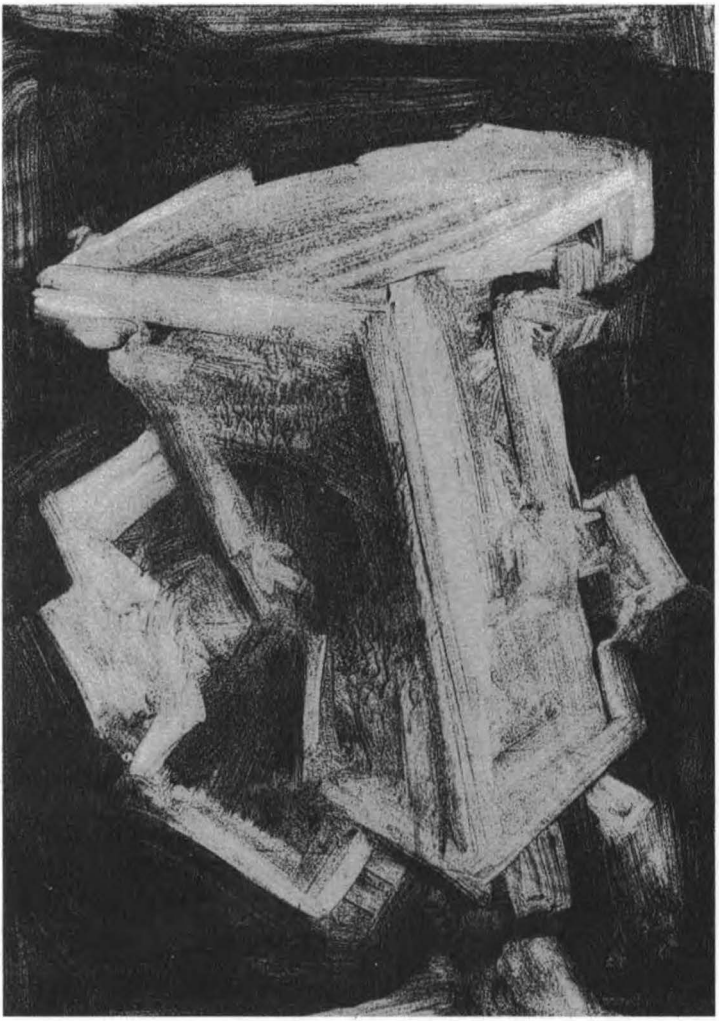
Şimdi, kunduz beyninin bu özel kısmı, beynin bağlantı ağı içerisindeki yeri nedeniyle, kunduzun baraj kurma davranışıyla ilgili olsun. Kuşkusuz, kunduz baraj kurarken beynin birçok bölümü işe karışır, fakat G mutasyonu beyin ağının bu özel bölümünü etkilediğinde davranış üzerinde belirli bir etki görülüyor: Değişim, kunduzun çeneleri arasında bir kütükle suda yüzerken kafasını mutasyon geçirmemiş bir kunduzdan daha yüksekte tutmasına neden oluyor. Bu da, kütüğe yapışmış olan ça-

murun sudaki gezinti sırasında yıkanıp akma olasılığını azaltıyor. Kütüğe yapışmış çamur kütüğün yapışkanlığını artırıyor. Kunduz kütüğü baraja fırlattığında, kütüğün yerinde kalma olasılığı artıyor. Özel mutasyonumuzu geçiren her kunduz için bu geçerli. Kütüklerin yapışkanlığının artması, DNA metnindeki bir değişimin çok dolaylı bir sonucu.

Kütüklerin yapışkanlığının artması barajın daha sağlam yapılı ve bozulma olasılığının daha düşük olmasını sağlıyor. Buysa, barajın oluşturduğu gölün daha büyük ve gölün ortasındaki yuvanın avcılara karşı daha güvenli olmasına yol açıyor. Bu durum kunduzun başarıyla büyütülen yavrularının sayısını artırıyor. Kunduzlar popülasyonuna bakarsak, mutasyon geçirmiş geni taşıyanlar, ortalama olarak, taşımayanlardan daha fazla sayıda döl yetiştirecek. Bu döller ebeveynlerinden değişmiş genlerin arşiv kopyalarını miras alacaklar. Dolayısıyla, nesiller geçtikçe popülasyonda genin değişmiş biçiminin sayısı artacak. Sonunda da, norm haline gelecek ve "mutasyon geçirmiş" nitelemesini artık hak etmeyecek. Kunduz barajları bir adım daha iyileşmiş olacak.

Bu öykü varsayımsaldır ve ayrıntıları yanlış olabilir, ancak bu bizi ilgilendirmiyor. Kunduz barajı, doğal seçilimle evrimleşti ve bu yüzden de, gerçek öykü benim anlattığımdan, ayrıntılar dışında, çok farklı olamaz. *The Extended Phenotype* (Yaygın Fenotip) adlı kitabımda bu yaşama bakış açısını açıkladım ve ayrıntılı olarak inceledim; aynı savları burada yinelemeyeceğim. Bu varsayımsal öyküde, değişim geçirmiş geni hayatta kalabilme şansının artışına bağlayan nedenler zincirindeki bağlantıların 11'den az olmadığını fark etmişsinizdir. Gerçek hayatta daha fazla bağlantı olabilir. Bu bağlantıların her biri, ister hücre kimyasının bir etkisi olsun, ister beyin hücrelerinin ağ kurma biçimi olsun, ister davranış üzerindeki bir etki olsun, ister göl büyüklüğü üzerinde bir etki olsun, DNA'daki bir değişim *nedeniyle* kurulur. 111 bağlantı olsaydı bile önemli olmazdı. Bir gendeki değişikliğin kendini kopyalama olasılığına getirdiği her-

hangi bir etki, doğal seçilim için üzerinde uğraşılacak bir şeydir. İşte her şey bu kadar yalın, sevimli bir tarzda kendiliğinden ve önceden tasarlanmamış. Birikimli seçilimin temel bileşenleri - kopyalama, hata ve erk- bir kez var olduktan sonra, böyle bir şey hemen hemen kaçınılmazdır. Peki ama, bu nasıl oldu? Yaşam Dünya'da yokken temel bileşenler nasıl var olabildiler? Bir sonraki bölümde, bu zorlu sorunun yanıtının ne olabileceğini göreceğiz.



Kökenler ve Mucizeler

Şans, talih, rastlantı, mucize. Bu bölümün ana konularından biri mucizeler ve mucizeyle ne kastettiğimiz. Benim tezim, genelde mucize dediğimiz olayların doğaüstü olmadığı, gerçekleşme olasılığı çok düşük, olasılık dışı doğal olaylardan oluşan bir yelpazenin bir parçası olduğudur. Başka bir deyişle, eğer bir mucize oluyorsa, bu müthiş bir rastlantının gerçekleşmesidir. Doğal olaylarla mucizeler arasında kesin bir ayrım yapılamaz.

Bazı olaylar üzerinde düşünülmeye değmeyecek kadar olasılık dışıdır, fakat bunu hesaplamadan bilemeyiz. Hesaplamayı yapabilmek içinse, ne kadar süre verildiğini bilmeliyiz; daha da genelde olayın gerçekleşmesi için kaç *fırsatın* ortaya çıktığını bilmeliyiz. Sonsuz zaman, sonsuz fırsat verildiğinde, her şey

mümkündür. Astronominin ortaya koyduğu büyük sayılar ve jeolojinin özelliği olan geniş zaman aralıkları, beklenti ve mucize hakkındaki tahminlerimizi altüst ediyor. Bu bölümün diğer ana teması olan özel bir örnek vererek bu noktaya geleceğim. Bu örnek, yeryüzünde yaşamın nasıl başlamış olduğu sorusudur. Söylemek istediklerimi açıkça anlatabilmek için, yaşamın başlangıcına ilişkin belirli bir kuram üzerinde yoğunlaşacağım; aslında günümüz kuramlarının herhangi biri de aynı oranda işe yarardı.

Açıklamalarımızda bir miktar rastlantıya yer verebiliriz, ancak bu çok fazla olamaz. İşte sorumuz da bu: *Ne kadar?* Jeolojik zamanın enginliği, bir mahkemenin kabul edebileceğinden daha olasılık dışı rastlantılara yer vermemize izin veriyor; fakat hal böyleyken bile sınırlar var. Yaşamın çağdaş açıklamalarının tümünün anahtarı, birikimli seçilimdir. Birikimli seçilim, olasılığı kabul edilebilir bir dizi olayı (gelişigüzel mutasyonlar) gelişigüzel olmayan bir sırada bir araya getirir; öyle ki, gelişigüzel olmayan bu dizinin sonundaki tamamlanmış ürün çok çok şanslı olduğu görüntüsünü verir; Evren'in bugünkü yaşından milyonlarca kere uzun bir süre verilse bile salt rastlantı eseri gerçekleşmesi olasılığı çok çok düşük bir ürün görüntüsüdür bu. Birikimli seçilim anahtardır fakat başlatılması gerekir ve birikimli seçilimin kökeninde *tek adımlık* bir rastlantı olduğunu varsayma gereğinden kaçamayız.

Bu can alıcı adım zorlu bir adım çünkü ta derininde bir paradoks varmış gibi görünüyor. Bildiğimiz kopyalama işlemlerinin çalışması için karmaşık makinelere gerek var gibi. Ortamda replikaz (imalat aleti) varsa, RNA parçaları aynı son noktaya doğru (ki, birikimli seçilimin gücünü hesaba katmadığımız takdirde bu son noktanın "olasılığı" yok denecek kadar düşüktür) tekrar ve tekrar evrilecektir. Fakat birikimli seçilimin işe başlaması için yardım gerekiyor; bir önceki bölümün imalat aleti replikaz gibi bir katalizör sağlamazsak süreç başlamayacak. Ve, öyle görünüyor ki, bu katalizörün başka RNA moleküllerinin

yönlendirmesi olmaksızın, kendiliğinden ortaya çıkma olasılığı çok düşük. DNA molekülleri hücrenin karmaşık makineler ortamında kopyalanıyor, kâğıt üzerinde yazılı sözcüklerse fotokopi makinelerinde. Ancak ikisi de destek makineleri olmadan kendi kendilerine kopyalanamıyor. Bir fotokopi makinesi pek çok şeyi kopyalayabilir, fakat bir anda kendiliğinden ortaya çıkamaz. Biyomorflar doğru yazılmış bilgisayar programlarının oluşturduğu ortamlarda kolaylıkla kendilerini kopyalar, fakat kendi programlarını yazamaz veya bu programları çalıştıracak bir bilgisayar yapamazlar. Kör saatçi kuramı, kopyalamayı ve dolayısıyla birikimli seçilimin işlerliğini varsaydığımızda son derece güçlü bir kuramdır. Fakat kopyalama karmaşık makineler gerektiriyorsa, karmaşık makinelerin var olabilmesi için bildiğimiz tek yol birikimli seçilim olduğundan, bir sorunumuz var demektir.

Şurası kesin ki, günümüz hücre makineleri, yani DNA kopyalaması ve protein sentezi yapan aletler son derece gelişmiş, özel tasarlanmış bir makinenin tüm özelliklerini taşımaktadır. Ne denli doğru bir veri depolama düzeneği olduğunu hayretler içinde gördük. Hücrenin kendi minyatür düzeyindeki inceliği ve tasarım karmaşıklığı, insan gözünün daha büyük düzeydeki incelik ve karmaşıklığından aşağı kalmaz. Bu konuda düşünen herkes, insan gözü gibi karmaşık bir düzeneğin tek-basamaklı seçilim yoluyla ortaya çıkmasının mümkün olmadığı konusunda anlaşmaktadır. Ne yazık ki, bu, DNA'nın kendi eşini yapmasına yarayan makinelerin en azından bazıları için de doğru görünüyor. Üstelik, yalnızca biz ve amipler gibi gelişmiş yaratıklar için değil, bakteriler ve mavi-yeşil algler gibi görece daha ilkel yaratıklar için de geçerli.

Öyleyse, tek-basamaklı seçilim karmaşıklık üretemezken, birikimli seçilim üretebilir. Fakat en alt düzeyde de olsa, kopyalama imalat aletleri ve kopyalayıcı erki olmaksızın, birikimli seçilim çalışamaz; ve bildiğimiz yegâne kopyalama makinesi çok sayıda birikimli seçilim neslinden geçmeksizin ortaya çıka-

mayacak denli karışık! Bazıları bunu kör saat yapımcısı kuramının temel açığı olarak görüyor. Başlangıçta bir tasarımcı, kör bir saat yapımcısı değil de uzak görüşlü, doğaüstü bir saat yapımcısı olması gerektiğinin nihai kanıtı olarak alıyorlar. Belki de, diyorlar, Yaradan, evrimsel olayların gün be gün ilerlemesini denetlemiyor; belki de kaplanı ve kuzuyu O çizmedi, belki ağacı yapmadı; fakat başlangıçtaki kopyalama makinelerini ve kopyalayıcı erkini, birikimli seçilimi ve dolayısıyla evrimin tümünü olanaklı kılan ilk DNA ve protein makinelerini kurdu.

Bunun zayıf bir sav olduğu çok açık; aslına bakarsanız kendi kendini çürütüyor. Düzenli karmaşıklık, açıklamakta zorlandığımız bir şey. DNA/protein kopyalama makinesinin düzenli karmaşıklığını, kanıtlamaksızın gerçek kabul edersek, bunun daha fazla düzenli karmaşıklık üreteceğini söyleyivermek görece kolay olur. Aslında elinizdeki kitap büyük ölçüde bu konu hakkında. Fakat, DNA/protein kopyalama makinesi kadar karmaşık bir şey tasarlayabilen bir Tanrı, elbette en azından tasarladığı makine kadar karmaşık ve düzenli olmalıdır. Bu Tanrı'nın duaları dinlemek ve günahları affettmek gibi ileri işlevleri de olduğunu varsayarsak, makineden de karmaşık ve düzenli olduğunu kabul etmeliyiz. DNA/protein makinesinin başlangıcını doğaüstü bir Tasarımcı'ya başvurarak açıklamak, hiçbir şey açıklamamaktır, çünkü Tasarımcı'nın başlangıcı açıklanmaksızın ortada kalmaktadır. "Tanrı hep vardı" gibi bir şeyler söylemeniz gerek ve eğer böyle tembelce bir yol seçerseniz, aynı kolaylıkla, "DNA hep vardı" ya da "Yaşam hep vardı" diyebilirsiniz. Böylece de, soruyu yanıtladığınızı düşünüp kendinizi rahat hissedersiniz.

Mucizelerden, temeldeki düşük olasılıklardan, fantastik rastlantılardan, büyük tesadüflerden ne kadar uzaklaşabilir ve büyük rastlantıları parçalayıp küçük rastlantılardan oluşan birikimli dizilere ne kadar dönüştürebilirsek, açıklamalarımız akılcı zihinler için o kadar doyurucu olacaktır. Fakat bu bölümde

sorduğumuz, kanıtsız varsayabileceğimiz tek bir olayın *ne kadar mucizevi*, ne kadar olasılık dışı olabileceğidir. Kuramlarımızda kullanabileceğimiz ve kullandıktan sonra hâlâ yaşamın doyurucu bir açıklamasını yaptığımızı öne sürebileceğimiz, salt rastlantıdan, salt katışıksız mucizevi şanstan oluşan en büyük tek olay nedir? Bir maymunun şans eseri "Bence bir gelinciğe benziyor" yazabilmesi için çok fazla rastlantıya gereksinimi var, ama bu şansın miktarı yine de ölçülebilir. Bunun 10 milyar kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyonda (10^{40}) 1 olduğunu hesapladık. Kimse böylesine büyük bir sayıyı tam olarak anladığını veya düşünebildiğini söyleyemez. Bu denli düşük bir olasılık derecesini, olanaksız ile aynı anlamda düşünürüz. Fakat bu olasılık düzeyini algılayamasak da, ürküp kaçmamamız gerekir. 10^{40} sayısı çok büyük olabilir ama bu sayıyı yazabiliyor ve hesaplarımızda kullanabiliyoruz. Aslına bakarsanız, daha da büyük sayılar var: Örneğin, 10^{46} sayısı daha büyük olmakla kalmıyor; bu sayıyı elde etmek için, 10^{40} sayısını milyon kere kendisiyle toplamamız gerek. Peki, her birinde bir daktilo olan 10^{46} maymunu bir araya getirebilseydik, ne olurdu? Ne olacak, içlerinden biri ağırbaşlı bir tavırla "Bence bir gelinciğe benziyor" yazardı; bir diğerinin de "Düşünüyorum, öyleyse varım" yazacağı neredeyse kesin. Burada sorun, bu kadar maymunu bir araya getirmenin olanaksız olması. Evrendeki tüm maddeyi maymun etine dönüştürseniz bile, maymunların sayısı yeterli olmaz. Bir maymunun daktiloda "Bence bir gelinciğe benziyor" yazması, olan biteni açıklayacak kurama dahil edilmeyecek kadar büyük bir mucize; *ölçülemeyecek kadar* büyük bir mucize... Fakat oturup hesaplamaları yapmadan bunu bilemezdik.

Öyleyse, salt bizim çelimsiz hayal gücümüze değil, yaşamın kökenine ilişkin yaptığımız, duygulara asla yenilmeyen hesaplamalara bile fazla gelecek rastlantı düzeyleri var. Fakat, sorumuzu yineleyelim: Kuramımızda kanıtlamaksızın doğru kabul edebileceğimiz rastlantı düzeyi, mucize büyüklüğü nedir? Çok bü-

yük sayılar var diyerek bu sorudan kaçmayalım. Bu tümüyle geçerli bir soru; ve en azından oturup, yanıtı hesaplayabilmek için neler gerekeceğini yazabiliriz.

İşte size büyüleyici bir düşünce. Sorumuzun yanıtı başka bir soruya bağlı: Gezegenimiz yaşam barındıran tek yer midir, yoksa Evren'in her yerinde yaşam var mıdır? Kesin olarak bildiğimiz tek şey, yaşamın bu gezegen üzerinde bir kez doğmuş olduğu. Evren'in başka bir yerlerinde yaşam olup olmadığını bilmiyoruz; olmaması pekâlâ mümkün. Bazı kişiler şöyle bir hesaplama yapmış ve başka yerlerde de yaşam olması gerektiğine karar vermişler (buradaki yanlışlığa daha sonra değineceğim): Evren'de yaşam için uygun denebilecek en azından 10^{20} (100 milyar kere milyar) gezegen var; yaşamın bir kez gezegenimizde doğduğunu biliyoruz, o halde o kadar da olasılık dışı olamaz; dolayısıyla, bu milyar kere milyar gezegen arasında en azından bazılarında yaşam olması kaçınılmazdır.

Bu savdaki yanlışlık, "yaşam bir kez gezegenimizde ortaya çıktığına göre o kadar da olasılık dışı olamaz" çıkarsamasında yatıyor. Bu çıkarsamanın, yeryüzünde ne olduysa, Evren'in başka bir yerlerinde de olmuştur, varsayımını içerdiğini fark etmişsinizdir. Ama bu sorduğumuz soruyu kanıtlanmış saymaktan başka bir şey değil. Başka bir deyişle, bu tür bir istatistiksel sav, yani burada yaşam olduğu için Evren'in başka bir yerlerinde de yaşam olması gerektiği, kanıtlamaya çalıştığı şeyi bir varsayım olarak sunuyor. Bütün bunlar, Evren'de başka yerlerde de yaşam olduğu sonucunun yanlışlığını göstermiyor; bence bu büyük olasılıkla doğru. Yalnızca, bu sonuca varmakta kullanılan kanıtın aslında bir kanıt olmadığı, bir varsayım olduğu anlamına geliyor.

Tartışmayı başlatmak için, diyelim ki, yaşam yalnızca tek bir kere ortaya çıkmıştır ve bu yeryüzünde olmuştur. İnsanın bu varsayıma salt duygusal nedenlerle karşı çıkası geliyor: Bu, ortaçağ kokmuyor mu? Kilisenin bize Dünyamızın Evren'in merkezi ve yıldızların da bizim haz duymamız için göğe asılmış ışık-

çıklar olduğunu (hatta küstahlık ve komikliği sürdürüp, yıldızların bizim küçük yaşamlarımız üzerinde astrolojik etkiler göstermek için yön değiştirdiklerini) öğrettiği zamanları anımsatmıyor mu? Nasıl bir kibir ki, Evren'deki milyarlarca ve milyarlarca gezegen arasından kenarda köşede kalmış gökadamızdaki, kenarda köşede kalmış Güneş sistemimizin kenarda köşede kalmış Dünya'sını yaşam için seçilmiş varsayar? Tanrı aşkına, neden *bizim* gezegenimiz?

Ortaçağ kilisesinin darkafalılığından kaçabildiğimize yürekten minnet duyduğum ve çağdaş astrologları hor gördüğüm için kusuruma bakmayın; ayrıca korkarım, bir önceki paragrafta kullandığım kenarda köşede kalmak deyimi salt belâgat olsun diye söylenmiş, içi boş bir deyim. Kenarda köşede kalmış gezegenimizin gerçekten de yaşam barındıran tek gezegen olması da mümkün. Eğer yaşam barındıran tek bir gezegen olsaydı, işte o zaman bunun bizimki olması gerekirdi; çok iyi bir neden var: "Biz" burada bu soruyu tartışıyoruz! Yaşamın kökeni Evren'de yalnızca tek bir gezegende gerçekleşecek kadar olasılık dışı bir olaysa, o zaman o gezegen bizimki olmalı. Öyleyse, yeryüzünde yaşam olduğu gerçeğini, yaşamın başka bir gezegende de doğacak kadar yüksek olasılıklı olması gerektiği sonucuna varmak için kullanamayız. Bu bir kısır döngü olur. Evren'de başka kaç gezegende daha yaşam olduğu sorusunu yanıtlamaya başlamazdan önce, yaşamın bir gezegende ortaya çıkmasının ne kadar kolay ya da ne kadar zor olduğu konusunda bağımsız yaklaşımlar geliştirmemiz gerek.

Ama bu bizim başlangıçtaki sorumuz değil. Başlangıçtaki sorumuz, yeryüzünde yaşamın kökeni kuramında ne kadarlık bir rastlantı kullanabileceğimizdi. Yanıtın yaşamın tek bir kere mi, yoksa defalarca mı ortaya çıktığına bağlı olduğunu söylemiştim. Yaşamın gelişigüzel seçilmiş, belirli bir tür gezegende doğması olasılığına (ne denli düşük olursa olsun) bir ad vererek başlayalım. Bu sayıya kendiliğinden oluşum olasılığı, KOO diyelim. Kimya kitaplarımızın başına oturup ya da laboratuvarımızda at-

mosfer gazı karışımlarının içinden kıvılcımlar geçirip, tipik bir gezegen atmosferinde kendi eşini yapabilen moleküllerin kendiliğinden oluşuvermesi olasılığını hesapladığımızda bulacağımız sayı KOO'dur. Diyelim ki, KOO'ya ilişkin yapabileceğimiz en iyi tahmini yaptık ve çok küçük bir sayı elde ettik: örneğin, milyarda bir. Bu o kadar küçük bir sayı ki, böylesine müthiş rastlantısal, mucizevi bir olayı laboratuvar deneylerimizde tekrarlayabilmek konusunda en ufak bir umudumuz bile olamaz. Yine de, sırf tartışmayı sürdürmek amacıyla, yaşamın Evren'de tek bir kez ortaya çıktığını varsayarsak -ki böyle bir hakkımız var- bir kuramda çok büyük bir rastlantıyı kanıtlamaksızın kabullenmiş oluruz çünkü Evren'de yaşamın ortaya çıkabileceği çok sayıda gezegen vardır. Bir tahmine göre bu sayı 100 milyar kere milyar; bizim varsaydığımız KOO'nun 100 milyar katı. Sonuç olarak, yaşamın kökenine ilişkin bir kuramı reddetmezden önce varsayabileceğimiz kabul edilebilir rastlantı miktarı N'de birdir; burada N, Evren'deki uygun gezegenlerin sayısıdır. "Uygun" sözcüğünde çok şey gizli, fakat diyelim ki, bu akıl yürütmede vardığımız rastlantı sınırı 100 milyar kere milyarda 1 olsun.

Bunun ne anlama geldiğini bir düşünelim. Bir kimyacıya gidiyor ve şöyle diyoruz: "Kimya kitaplarını ve hesap makineni al; kurşun kaleminin ucunu ve zekânı sivrilt; kafanı formüllerle, cam kaplarını metan, amonyak, hidrojen, karbon dioksitle ve canlı barındırmayan ilksel bir gezegende bulunduğunu düşündüğümüz gazlarla doldur; bunları güzelce pişir; taklit atmosferinden şimşekler, beyninden ilham perileri geçir; tüm kimya yöntemlerini yardıma çağır ve bize tipik bir gezegenin kendi eşini yapabilen bir molekülü kendiliğinden üretebilmesi olasılığı için yapabileceğin en iyi tahmini söyle. Ya da, başka bir deyişle, bu gezegenin üzerindeki gelişigüzel kimyasal olaylar, yani atom ve moleküllerin ısıyla oraya buraya gelişigüzel savrulması sonucu, kendi eşini yapabilen bir molekül oluşması için ne kadar beklememiz gerekir?"

Kimyacılar bu sorunun yanıtını bilmez. Günümüz kimyacılarının çoğu insan ömrü ölçeğinde çok uzun olan, fakat kozmolojik ölçekte pek de uzun sayılmayacak bir süre beklememiz gerektiğini söyleyeceklerdir. Yeryüzündeki fosil geçmişi, yanıtı bir milyar yıl civarında arayabileceğimizi söylüyor; bu, 4,5 milyar yıl önce Dünya'nın oluşmasıyla ilk fosil canlılarının bulunuşu arasındaki süre. İşte, "gezegen sayısı" yaklaşımımızın püf noktası da burada: Kimyacımız bir "mucize" olmasını, milyar kere milyar yıl -ki bu Evren'in oluşmasından bu yana geçen süreden bile çok çok uzun- beklememizi söylese de, bu sonucu sakin sakin kabullenebiliriz. Evren'de milyar kere milyardan daha fazla uygun gezegen var. Bu gezegenlerden her biri Dünya kadar yaşasa, milyar kere milyar kere milyar yıl demektir. Bu da bize yeter! Çarpma işlemini kullanarak bir mucizeyi uygulamaya dönüştürdük.

Bu yaklaşımda gizli bir varsayım var. Aslında çok var da, ben özellikle birinden söz etmek istiyorum. O da şu: Yaşam (yani kopyalayıcılar ve birikimli seçilim), bir kez başladıktan sonra, canlıların kendi başlangıçlarını sorgulayacak kadar evrimleştikleri noktaya doğru ilerler. Eğer bu doğru değilse, kanıtlamaksızın kabullenebileceğimiz rastlantı miktarını azaltmamız gerekir. Daha açık olmak gerekirse, bir gezegende yaşamın başlama olasılığı (kuramlarımızın kanıtlamaksızın kabul edebileceği en yüksek olasılık), yaşamın bir kez başladıktan sonra kendi başlangıcını sorgulayacak yeterli zekâyı evrimleştirmesi olasılığının Evren'de yaşamın başlaması için uygun gezegenlerin sayısına bölümüdür.

"Kendi başlangıcını sorgulayacak yeterli zekâ" deyiminin konumuza ilişkin bir değişken olması size biraz tuhaf gelebilir. Neden böyle söylediğimi anlayabilmek için alternatif bir varsayım ele alalım. Diyelim ki, yaşamın başlangıcı epey olasılıklı bir olaydı, fakat bundan sonra zekânın evrilme olasılığı son derece düşüktü ve müthiş bir rastlantı gerekiyordu. Birçok gezegende yaşam başlayabilmesine karşın, zekâ Evren'de tek bir gezegen-

de gelişebildi. Öyleyse, bu soruyu tartışacak kadar zeki olduğumuza göre, bu tek gezegen Dünya'ydı. Şimdi diyelim ki, hem yaşamın başlangıcı hem de yaşam başladıktan sonra zekânın başlangıcı, gerçekleşme olasılığı son derece düşük olaylardır. Bu iki olayın aynı gezegende (örneğin, Dünya'da) meydana gelmesiyse iki çok düşük olasılığın çarpımıdır ve bu çarpım çok çok daha küçüktür.

Öyle görünüyor ki, nasıl var olduğumuza ilişkin kuramda rastlantıya belirli bir oranda yer verebileceğiz. Rastlantı hakkımızın üst sınırını Evren'deki uygun gezegenlerin sayısı belirliyor. Şimdi bu hakkı kendi varlığımızın açıklanması için sınırlı bir biçimde "harcayabiliriz". Eğer rastlantı hakkımızın hepsini bir gezegende yaşamın nasıl başlayacağını açıklayacak kuramımızın en başında kullanırsak, geri kalan kısmında -örneğin, beynin ve zekânın birikimli evriminde- rastlantıya pek az yer vermemiz gerekir. Rastlantı hakkımızın hepsini yaşamın nasıl başladığını açıklamak için kullanmazsak, yaşam başladıktan, birikimli seçilim işe koyulduktan sonra harcayabileceğimiz bir miktar kalır elimizde. Rastlantı hakkımızın büyük bir kısmını zekânın başlangıcı kuramımızda kullanmak istiyorsak, yaşamın başlangıcı kuramımıza harcayacak pek bir şey kalmaz; bu takdirde, yaşamın başlangıcını neredeyse kaçınılmaz kılan bir kuram ortaya atmalıyız. Öte yandan, kuramımızın bu iki aşaması için rastlantı hakkımızın hepsi gerekmiyorsa, geri kalanını Evren'de başka bir yerde yaşam olduğunu varsaymada kullanabiliriz.

Benim düşüncem şu: Birikimli seçilim bir kez işe koyulduktan sonra, yaşam ve zekânın evrimi için gereken rastlantı miktarı görece az olacaktır. Bence, birikimli seçilim zekânın evrimini kaçınılmaz değilse de mümkün kılacak kadar güçlüdür. Bu, eğer istersek, kanıtlamaksızın kabullenebileceğimiz rastlantı hakkımızın hemen hepsini tek bir seferde, bir gezegen üzerinde yaşamın başlangıcı kuramımızda kullanabileceğimiz anlamına geliyor. Öyleyse, yaşamın başlangıcı kuramımızda kullanmak

istediğimiz takdirde elimizde üst sınır olarak 100 milyar kere milyarda (ya da kaç tane uygun gezegen olduğunu düşünüyorsak, o kadarda) 1'lik bir rastlantı hakkımız var. Bu, kuramımızda kanıtlamaksızın varsayabileceğimiz en yüksek rastlantı miktarı. Örneğin, diyelim ki, DNA ve protein-esaslı kopyalama makineleri kendiliklerinden rastlantı eseri var olduklarında yaşamın başladığı düşüncesini ortaya atmak istiyoruz. Bir gezegende bu rastlantının gerçekleşmesinin olasılığı 100 milyar kere milyarda 1'i aşmadığı sürece, böylesine müsrif bir kuramı benimseyebiliriz.

Bu pay fazla görünebilir. DNA ya da RNA'nın kendiliğinden ortaya çıkışını karşılayabileceğimiz rastlantı hakkımız büyük olasılıkla epey çok. Fakat bu, bizi birikimli seçilim olmaksızın yol alabileceğimiz bir noktaya getirmiyor. Bir kırlangıç kadar iyi uçabilen ya da bir şahin kadar keskin gözleri olan ya da bir yunus kadar iyi yüzebilen, iyi tasarlanmış bir canlının tek bir rastlantı darbesiyle -tek basamaklı seçilim- ortaya çıkıverme olasılığı müthiş az: Bu olasılığı hesaplamak için bırakın uygun gezegen sayısını, Evren'deki atomların sayısını kullanmak gerekir. Yaşamı açıklarken birikimli seçilime gerek duyduğumuz kesin.

Öte yandan, yaşamın başlangıcı kuramımızda, -diyelim ki- 100 milyar kere milyarda 1'lik bir rastlantı kullanma hakkımız olmasına karşın, bu hakkın ancak çok küçük bir parçasına gerek duyacağız. Bir gezegende yaşamın başlaması bizim günlük ölçülerimizle ya da kimya laboratuvarının ölçüleriyle gerçekten de çok düşük olasılıklı bir olay olabilir; fakat yine de tüm Evren'de, hem de defalarca gerçekleşmeye yetecek kadar olasıdır. Gezegen sayısı yaklaşımımıza son çare olarak bakabiliriz. Bu bölümün sonunda, aradığımız kuramın bizim öznel yargılarımızla (bizim öznel yargılarımızın yapısı gereği) çok düşük olasılıklı, hatta mucizevi görünmesi gerektiği yolunda bir paradoks atacağım ortaya. Her şeye karşın, yaşamın başlangıcını açıklayan, olasılık derecesi en yüksek kuramı arayarak işe koyulmak

hâlâ en mantıklısı. DNA ve kopyalama makinelerinin kendiliklerinden ortaya çıkmalarının olasılığı bizi yaşamın evrende çok ender, hatta yalnızca Dünya'ya özgü olduğunu varsaymaya zorlayacak denli düşükse, yapacağımız ilk şey daha olası bir kuram bulmaktır. Öyleyse, birikimli seçilimin başlamış olabileceği görece *olası* yollarla ilgili tahmin yürütebilir miyiz?

"Tahmin" sözcüğünün olumsuz çağrışımları var, fakat burada bu çağrışımlardan arınık halde kullanıyorum. Sözünü ettiğimiz olaylar dört milyar yıl önce ve bugünkü dünyamızdan tümüyle farklı bir dünyada olunca, söyleyeceğimiz şeyler tahminden başka bir şey olamaz. Örneğin, o zamanlarda, atmosferde serbest oksijen olmadığından eminiz. Dünya'nın kimyası değişmişse de, kimya yasaları değişmemiştir (bu yüzden onlara yasa diyoruz). Günümüz kimyacıları da kimya *yasalarını* gayet iyi tanıyorlar ve bunların gerektirdiği zorlu akla uygunluk denemelerinden geçecek, bilgiye dayalı tahminler yapabiliyorlar. Çılgınca ve sorumsuzca, düş gücünüzün iplerini koparıp her derde deva "hipergüç", "zaman bükülmesi" ya da "sonsuz olanaksızlık itişi" benzeri bilimkurgu klişelerle tahmin yapamazsınız. Yaşamın başlangıcına ilişkin yapılan tahminlerin çoğu kimya yasalarına uymaz ve bir kenara bırakılabilir -gezegen sayısı yaklaşımımızı işin içine katsak bile. Sonuç olarak, dikkatli ve seçerek yapılan tahminler yapıcı birer alıştırmadır, ancak bunu yapabilmek için kimyacı olmak gerekiyor.

Ben kimyacı değil, biyoloğum ve öne sürdükleri kuramlar konusunda kimyacılara güvenmem gerekiyor. Kimyacıların tercih ettikleri kuramlar farklı farklı olabilir ve inanın bu kuramların sayısı hiç de az değil. Bu kuramları size tarafsız kalarak anlatabilirim; bir ders kitabında yapılması gereken budur. Fakat elinizdeki bir ders kitabı değil. *Kör Saatçi*'deki temel düşünce, yaşamı ya da evrendeki herhangi bir şeyi anlamak için bir tasarımcının varlığını kabullenmek zorunda olmadığımızdır. Burada, karşı karşıya olduğumuz soruya *uygun* bir çözüm arıyoruz. Bence bunu açıklayabilmek için, bir sürü kurama bak-

mak yerine, temel sorumuzun -birikimli seçilimin nasıl başladığı sorusunun- nasıl *çözülebileceğine* örnek olabilecek tek bir kurama bakmalıyız.

Peki, bir çözüm örneği olarak hangi kuramı almalı? Ders kitaplarının çoğunda, ağırlık, organik bir "ilksel çorba"yı temel alan kuramlar grubuna verilir. Olasılıkla, yaşamın doğuşundan önce Dünya atmosferi günümüzde hâlâ yaşam barındırmayan diğer gezegenlerinkine benziyordu. Oksijen yoktu; bol bol hidrojen, su ve karbon dioksit vardı; muhtemelen amonyak, metan ve başka basit organik gazlar da vardı. Kimyacılar böylesi oksijensiz atmosferlerin organik bileşiklerin kendiliğinden sentezlenmesi için uygun olduğunu bilirler; ve cam kaplar içerisinde ilksel Dünya koşullarını taklit eden laboratuvar düzenekleri kurmuşlardır. Bu cam kaplar içinden yıldırım taklidi elektrik kıvılcımları ve morötesi ışınlar (ki bu ışınlar Dünya'yı güneş ışınlarından koruyan ozon tabakasının oluşumundan önce çok daha etkiliydi) geçirirler. Bu deneylerin sonuçları heyecen vericidir. Bu cam kaplarda, normalde yalnızca canlılarda bulunanlarla aynı cinsten organik moleküller kendiliğinden oluşmuştur. DNA ya da RNA elde edilememiş, fakat bu büyük moleküllerin yapıtaşları olan pürin ve pirimidinler bulunmuştur. Proteinlerin yapıtaşları olan aminoasitler de gözlenmiştir. Bu türden kuramlarda henüz açıklanamayan bağlantı, kopyalamanın başlamasıdır. Elde edilen yapıtaşları, RNA gibi kendinin aynısını yapabilen bir zincir yapmak üzere birleşmemiştir.

Her neyse, organik ilksel çorba, aramamız gereken çözüm türüne örnek olarak seçtiğim kuram değil; bu kuramı ilk kitabım *Gen Bencildir*[*]de kullanmıştım. Bu yüzden de, bu kitapta, daha az tanınmış, ama bence doğruluk şansı oldukça yüksek görünen bir başka kuramı ele alacağım (aslında son günlerde epey taraftar kazanmaya başladı). Cüretli bir kuram ve tatmin edici bir yaşamın başlangıcı kuramında olması gereken özellikleri çok iyi ortaya koyuyor. Bu, Glasgowlu kimyacı Graham Cairns-Smith'in

[*] Gen Bencildir, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Mayıs 2001

ilk olarak 20 yıl önce ortaya attığı ve o zamandan günümüze geliştirerek, üç kitapta incelediği "inorganik mineral" kuramı. Bu üç kitabın sonuncusu olan *Seven Clues to the Origin of Life*'da (Yaşamın Kökenine İlişkin Yedi İpucu) Cairns-Smith, yaşamın başlangıcını Sherlock Holmesvari bir çözüm gerektiren bir sır olarak ele alıyor.

Cairns-Smith DNA/protein makinelerinin büyük olasılıkla görece yakın bir geçmişte, üç milyar yıl önce oluştuğunu düşünüyor. Bundan önce, kendini kopyalayan farklı varlıkları temel almış birçok birikimli seçilim nesli var. DNA ortaya çıktıktan sonra, kopyalayıcı olarak o denli verimli ve kendini kopyalaması üzerindeki etkileri öylesine güçlü oldu ki, onu doğuran ilk kopyalama sistemi gölgede kaldı ve unutuldu. Cairns-Smith'e göre, günümüz DNA düzeneği daha sonra ortaya çıkıp, ana kopyalayıcının yerini gasp etti; ana kopyalayıcı da daha ilksel ve kaba bir kopyalayıcının yerine geçmişti zaten. Hatta böyle bir gasplar dizisi gerçekleşmiş olabilir; fakat en baştaki kopyalama işlemi benim "tek-basamaklı seçilim" dediğim yolla ortaya çıkacak kadar yalın olmuş olmalıydı.

Kimyacılar konularını iki ana dala ayırır: organik ve inorganik kimya. Organik kimya, özel bir elementin, karbonun kimyasıdır. Geri kalanı, inorganik kimyadır. Karbon önemlidir; bunun iki nedeni var. Yaşamın kimyası tümüyle karbon-kimyasıdır. Ayrıca, karbon-kimyası yaşam için olduğu kadar endüstriyel süreçler için de (örneğin plastik endüstrisi) uygundur. Karbon atomlarını yaşam ve endüstriyel sentezler için bu denli önemli kılan temel özellik, bu atomların birbirlerinden farklı, çok büyük molekül çeşitlerini kapsayan sınırsız bir dağarcık oluşturacak biçimde birleşebilmeleridir. Aynı özellikleri taşıyan bir başka element de silisyumdur. Günümüz Dünyasında yaşam kimyası tümüyle karbon-kimyasıysa da bu, Evren'in her yeri için geçerli olmayabilir; ve belki de Dünyamızda da her zaman geçerli değildi. Cairns-Smith, gezegenimiz üzerindeki ilk yaşamın kendinin aynısını yapabilen, inorganik kristaller -örne-

ğin silikatlar- üzerine kurulduğuna inanıyor. Eğer bu doğruysa, organik kopyalayıcılar ve DNA, bu rolü sonradan devralmış olmalılar.

Cairns-Smith bu "devralma" düşüncesinin akla uygunluğunu gösterecek bazı yaklaşımlar geliştiriyor. Örneğin, taş bir kemer, taşları birleştirecek çimento olmasa da yıllarca ayakta kalabilecek, istikrarlı bir yapıdır. Evrim süreciyle karmaşık bir yapı oluşturmak, çimentosuz bir kemer yapmaya benzer -eğer her seferinde tek bir taş koyuyorsanız. Bu işe naifçe yaklaşın, yapılamayacağını göreceksiniz. Son taş da yerine konduktan sonra kemer ayakta kalacaktır, fakat ara aşamalar istikrarsızdır. Ancak, taşları hem ekleyip hem de çıkarabiliyorsanız, kemeri yapmak oldukça kolay olacaktır. Bir taş yığını yaparak işe başlayın; sonra da bu sağlam temelin üzerine kemeri yerleştirin. En tepedeki o can alıcı anahtar taşı da konup kemer tamamlandığında, destekleyici taşları dikkatle yerlerinden alın. Bir nebze de şansın yardımıyla, kemer olduğu gibi kalacaktır. Stonehenge taş abideleri, inşacılarının *artık orada olmayan* bir tür yapı iskelesi, belki de toprak rampalar kullandığı düşünülürse, anlaşılmaz olmaktan çıkar. Yalnızca son ürünü görebiliriz; ortadan kaybolmuş yapı iskelesini üründen hareketle çıkarsamamız gerekir. Tıpkı bunun gibi, DNA ve protein de, bir kez tüm kısımları aynı anda var olduktan sonra yerinde kalan kararlı ve zarif bir kemerin iki sütunudur. Önceleri var olan bir yapı iskelesi olmaksızın, DNA'nın adım adım ilerleyen bir süreçte oluştuğunu hayal edebilmek çok zor. Bu yapı iskelesinin kendisi de doğasını yalnızca tahmin edebileceğimiz, ilksel bir birikimli seçilim biçimi tarafından yapılmış, kendini kopyalayabilen ve gelecekleri üzerinde erk sahibi olan varlıkları temel almış olmalı.

Cairns-Smith'in tahmini, başlangıçtaki kopyalayıcıların kil ve çamurda bulunanlara benzeyen inorganik maddelerin kristalleri olduğu yönünde. Kristal, katı halde bulunan, büyük ve düzenli atom ya da molekül kümeleridir. "Biçimleri" olarak dü-

şünebileceğimiz özellikleri nedeniyle, atom ve küçük moleküller belirli ve düzenli bir biçimde bir araya gelirler. Sanki okul törenlerinde çocukların yaptığı gibi hizaya girmeye "çalışmaktadırlar"; ancak bu kasıtlı bir şey değil, yalnızca özelliklerinin bir sonucudur. "Hizaya girmek", kristalin tümünün biçimini belirler. Bu, elmas gibi büyük bir kristalde bile, kristalin herhangi bir kısmının, hataların olduğu yerler dışında, diğer kısımlarla tümüyle aynı olduğu anlamına gelir. Eğer atomik boyutlara küçülebilseydik, göreceğimiz, ufuğa doğru uzanan, ucu bucağı olmayan atom safları, geometrik tekrarlardan oluşan koridorlar olurdu.

Asıl ilgi alanımız kopyalama olduğuna göre, bilmemiz gereken ilk şey, kristallerin kendi yapılarının aynısını yapıp yapamadıkları olmalı. Kristaller, sayısız atom (veya eşdeğeri) tabakalarından yapılmıştır ve her tabaka alttaki tabakanın üzerine yapılanır. Atomlar (ya da iyonlar, fakat bu fark bizi ilgilendirmiyor) çözelti içindeyken özgürce dolanırlar, fakat bir kristalle karşılaştıklarında, kristalin yüzeyinde hizaya girme eğilimindedirler. Bildiğimiz tuzun çözeltisinde, kaotik bir halde oraya buraya çarpıp duran sodyum iyonları ve klorür iyonları vardır. Bu tuzun kristalindeyse, sodyum ve klorür iyonları birbirleri ardınca, aralarında dik açı yaparak düzenli olarak sıralanmış bir paket oluştururlar. Suda yüzmekte olan iyonlar kristalin sert yüzeyine çarptıklarında, oraya yapışırlar. Ve tam da, kristale bir alttaki tabakaya benzer yeni bir tabaka eklenmesine neden olacak yerlere yapışırlar. Sonuç olarak, bir kristal oluşmaya başladıktan sonra, her yeni tabaka bir alttakine benzeyecek biçimde büyümeye başlar.

Bazen çözeltide kristaller kendiliklerinden oluşur. Bazen de, toz parçacıklarıyla veya çözeltiye atılan küçük kristallerle "tohumlanmaları" gerekir. Cairns-Smith, bizi şöyle bir deney yapmaya davet ediyor: Fotoğrafçıların kullandığı "hipo" sabitleyiciden çok miktarda alıp bunu çok sıcak suda çözün. Sonra çözeltiyi soğumaya bırakın; içine toz düşmemesine dikkat edin. Şim-

di çözelti "aşırı doymuştur"; kristal oluşturmak için hazır beklemektedir. Ancak süreci başlatması gereken kristal tohumu yoktur. Bundan sonrasını Cairns-Smith'in *Seven Clues to the Origin of Life* (Yaşamın Kökenine İlişkin Yedi İpucu) adlı kitabından alıyorum:

> Beherin kapağını dikkatle kaldırın, çözeltinin yüzeyine küçük bir "hipo" kristali bırakın ve ne olacağını seyredin. Hayretler içinde kalacaksınız. Kristaliniz gözle görünür bir biçimde büyüyecektir. Arada sırada parçalanacak, parçalar da büyüyecektir... Kısa bir süre sonra beheriniz, bazıları santimetrelerce uzunluktaki kristallerle dolacaktır. Birkaç dakika sonra ise, her şey duracaktır. Büyülü çözeltiniz gücünü kaybetmiştir -eğer bir gösteri daha istiyorsanız, beheri tekrar ısıtın ve soğumaya bırakın... aşırı doygunluk, olması gerekenden daha fazlasını çözmek demektir... soğumuş aşırı doygun çözelti, kelimenin tam anlamıyla, ne yapacağını bilemez. İçine birimleri (milyarlarca ve milyarlarcası) "hipo" kristallerine özgü bir biçimde paketlenmiş bir kristal parçası atarak, bunu ona "söylemek" gerekir. Çözeltinin tohumlanması gerekir.

Bazı kimyasal maddeler iki farklı yoldan kristal oluşturur. Örneğin, grafit ve elmas, arı karbonun kristalleridir. Her ikisinde de aynı atomlar vardır. Bu iki madde birbirlerinden yalnızca karbon atomlarının paketlenişindeki düzen bakımından ayrılırlar. Elmasta, karbon atomları son derece kararlı olan düzgün dörtyüzlü deseninde paketlenmiştir. Elmasın çok sert olmasının nedeni budur. Grafitte ise, karbon atomları birbiri üstüne tabakalanmış düz altıgenler biçiminde düzenlenmiştir. Tabakalar arasındaki bağlar zayıftır, bu yüzden de birbirlerinin üzerinde kayabilirler; bu, grafitin kaygan olmasına ve yağlama için kullanılmasına yol açar. Ne yazık ki, hipo ile yaptığımız gibi çözelti tohumlayarak elmas büyütemiyoruz. Eğer bunu yapabilseydi-

niz, zengin olurdunuz; gerçekten bu yolla zengin olur muydunuz? Hayır, hayır, o zaman herkes aynı şeyi yapabilirdi.

Şimdi, diyelim ki, elimizde bir maddenin aşırı doygun çözeltisi var; bu madde tıpkı hipo gibi çözeltide kristal büyütmeye hevesli ve tıpkı karbon gibi iki farklı biçimde kristalleşebiliyor. Bir seçenek atomların, grafitte olduğu gibi, tabakalar halinde düzenlenmesi ve küçük, düz kristaller oluşturması; diğeriyse, elmas benzeri kristal topakları meydana getirmesi. Şimdi, aşırı doygun çözeltimize aynı anda bir tane küçük, düz ve bir tane de küçük, topak kristal atalım. Ne olacağını Cairns-Smith'e öykünerek anlatmaya çalışalım. Hayretler içinde seyrediyoruz. Kristallerimiz gözle görünür bir biçimde büyüyor. Arada sırada parçalanıyorlar, parçalar da büyüyor... Düz kristaller, düz kristal kümeleri oluşturuyor; topaklar da, topak kristal kümeleri. Eğer kristal türlerinden biri diğerinden daha hızlı büyüyor ve parçalanıyorsa, basit bir doğal seçilim türümüz var demektir. Fakat, evrimsel değişim olabilmesi için hâlâ önemli bir eksiğimiz var: kalıtsal çeşitlilik ya da buna eşdeğer bir şey. Sadece iki tür kristal yerine, birbirlerinden biraz farklı bir çeşitler dizisi olmalı; bu çeşitler kendilerine benzer soylar oluşturmalı; ve zaman zaman da "mutasyon geçirerek" yeni biçimlerin ortaya çıkmasına yol açmalı. Gerçek kristallerde kalıtsal mutasyona karşılık gelen bir şey var mı?

Kil, çamur ve kayaçlar küçücük kristallerden yapılmıştır. Yeryüzünde bol bol bulunurlar ve büyük olasılıkla da her zaman var olmuşlardır. Bazı kil türlerinin ve başka minerallerin yüzeyine elektron tarama mikroskopuyla baktığınızda, baş döndürücü bir görünümle karşılaşırsınız. Kristaller, çiçek ya da kaktüse, yapay güllerin taçyapraklarına, bol su tutan bitkilerin kesitlerine, bir kilise orgunun borularına, minyatür bir origami gibi katlanmış karmaşık üçgen şekillere, sıkılmış diş macununa benzer diziler halinde büyümektedir. Mikroskopun büyütme düzeyini artırdığınızda, bu düzenli desenler sizi daha da şaşırtacaktır. Atomların gerçek konumunu açığa çıkartan düzeylerde,

kristalin yüzeyi tıpkı makinede dokunmuş balıksırtı tüvit kumaş gibi düzenlidir. Fakat, -işte can alıcı nokta burası- hatalar vardır. Bu düzenli balıksırtı desenin tam ortasında, diğerleriyle her bakımdan aynı ancak farklı açıda kıvrılmış bir parça olabilir; "dokuma" başka bir yönde ilerler. Belki de, yönü değişmez ama her sıra bir biçimde "kaymıştır". Doğal kristallerin hemen hepsinde hatalar vardır. Bir hata bir kez ortaya çıktıktan sonra, kopyalanır, çünkü bundan sonra gelen tabakalar hatanın üstüne yerleşecektir.

Bir kristalin yüzeyinin her yerinde hata olabilir. İsterseniz bilgi depolama kapasitesini düşünelim; kristalin yüzeyinde yaratılabilecek hataları hayal edelim: devasa bir sayıdır bu. Yeni Ahit'i tek bir bakterinin DNA'sına yazmakla ilgili hesaplamalarımızı anımsayalım. Hemen hemen bütün kristaller için benzer hesaplar yapabilir ve aynı şekilde şaşırtıcı sonuçlar elde edebiliriz. DNA'da olup da normal kristallerde olmayan şey bilginin okunabilmesidir. Bu okuma sorununu bir yana bırakırsak, kristalin atomik yapısındaki hataların ikili sistem sayılarını gösterdiği keyfi bir şifre tasarlamak çok kolay. Böylelikle, topluiğne başı büyüklüğündeki bir mineral kristaline bir sürü Yeni Ahit yerleştirebiliriz. Bir lazer ("kompakt") diskinin üzerine müzik bilgisinin yerleştirilmesi de -daha büyük bir ölçekte- temelde böyledir. Müzik notaları bir bilgisayarda ikili sistem sayılarına dönüştürülür. Lazer kullanılarak, normalde diskin camsı, düz yüzeyinde minicik hatalar oluşturulur. Açılan her küçük delik, ikili sistemdeki 1 rakamına (ya da 0, bu keyfidir) karşılık gelir. Siz diski çalarken, başka bir lazer ışını hata desenini "okur" ve setin içine yerleştirilmiş özel bir bilgisayar rakamları ses titreşimlerine dönüştürür; bu ses, duymanız için yükseltilir.

Günümüzde lazer diskleri aslında müzik için kullanılıyor, fakat bunlardan birinin üzerine *Encyclopaedia Britannica*'yı kaydedebilir ve aynı lazer tekniğiyle okuyabilirsiniz. Kristallerin atomik ölçekteki hataları lazer diskinin yüzeyine kazınan deliklerden çok daha küçüktür, yani kristallerin belirli bir alanda bil-

gi depolama kapasiteleri daha fazladır. Bilgi saklama kapasitesi bizi hayretlere düşürmüş olan DNA molekülleri de kristallere benzer. Kil kristalleri, kuramsal olarak, DNA veya lazer diskleri kadar bilgi depolama yeteneğine sahipse de, kimse bunu gerçekten yaptıklarını söylemiyor. Kil ve diğer minerallerin kuramımızdaki rolü en baştaki "düşük teknolojili" kopyalayıcılar olmaları, sonra da yerlerini DNA'ya bırakmalarıdır. Kristaller gezegenimizin sularında kendiliklerinden, karmaşık makinelere gerek duymadan oluşur; sonra da kendiliklerinden hatalar gelişir. Bu hataların bir kısmı sonraki tabakalarda kopyalanır. Eğer kristalden uygun parçalar koparsa, bu parçaların her biri yeni kristaller için "tohum" görevi görür; yeni kristallerin her biri "ebeveyninin" hata desenini miras olarak almıştır.

Sonuç olarak, elimizde, ilksel yeryüzünde bir çeşit birikimli seçilim biçimi başlatmak için gerekli kopyalama, çoğalma, kalıtım ve mutasyon özelliklerinin bazılarını taşıyan mineral kristallerin kurgusal bir resmi var. Hâlâ eksik bir unsur var: "erk". Kopyalayıcıların yapısı bir biçimde kendi kopyalanma olasılıklarını etkilemiş olmalı. Kopyalayıcılardan soyut anlamda söz ederken, "erk" dediğimiz şeyin kopyalayıcının "yapışkanlık" gibi içsel özellikleri olabileceğini görmüştük. Bu başlangıç düzeyinde, "erk" sözcüğü anlamını tam bulmuyor. "Erk" sözcüğünü yalnızca evrimin daha ileri aşamalarında olacakları düşünerek kullanıyorum: Örneğin, bir yılanın dişinin (yılanın hayatta kalmasını dolaylı yoldan etkileyerek) DNA'daki diş şifresini çoğaltma erki. İster mineral kristalleri ister doğrudan organik DNA öncüleri olsun, başlangıçtaki düşük teknolojili kopyalayıcıların sahip olduğu "erk"in doğrudan ve basit olduğunu söyleyebiliriz: tıpkı yapışkanlık gibi. Yılanın dişi ya da orkide çiçeği gibi daha ileri erk araçları çok daha sonraları ortaya çıktı.

Kil için "erk"in ne anlamı olabilir? Bir kilin hangi rastlantısal özellikleri bu kil çeşidinin çevrede çoğalması olasılığını etkileyebilir? Killer akarsuların akışı boyunca kayaçlardan çözüp -"aşındırıp"- çözelti halinde taşıdığı metal iyonları ve silisik asit

gibi yapıtaşlarından oluşur. Akarsuyun akış yönünde, aşağıda bir yerlerde doğru koşullar oluştuğunda, bu yapıtaşları tekrar kristalize olarak killeri oluşturur. (Aslında burada "akarsu" açık bir ırmak değil, daha çok yeraltı sularının sızması ve damlaması anlamındadır. Fakat yalın olabilmek amacıyla genel olan "akarsu" sözcüğünü kullanmayı sürdüreceğim.) Belirli bir kil çeşidinin birikip birikmeyeceği, birçok şeyin yanı sıra, akarsuyun hızına ve akış biçimine bağlıdır. Öte yandan, kil birikimleri de akarsuyun akışını etkileyebilir. Bunu, belirli bir amacı olmaksızın, suyun aktığı toprağın düzeyini, şeklini, dokusunu değiştirerek yapar. Toprağın yapısını yeniden şekillendirerek akışı hızlandırma özelliğine sahip bir kil çeşidi düşünün. Elde edilecek sonuç, bu kilin yeniden aşındırılarak taşınması olacaktır. Bu kil çeşidi, tanım gereği, pek "başarılı" değildir. Rakip bir kil çeşidi lehine akışı değiştiren bir kil çeşidi de başarısız olacaktır.

Killerin varlıklarını sürdürmeyi "istediklerini" söylemiyorum elbette. Biz hep kopyalayıcının sahip olduğu özelliklerin doğal ve ayrılmaz sonucu olan olaylardan söz ediyoruz. Bir başka kil çeşidi düşünelim. Bu kil, akışı yavaşlatsın; öyle ki, kendi çeşidinin ileride birikme olasılığı artsın. Bu ikinci çeşidin gittikçe bollaşacağı çok açık, çünkü akarsuyu kendi "üstünlüğü" doğrultusunda kullanıyor; bu başarılı bir kil çeşidi olacaktır. Şimdiye dek yalnızca tek basamaklı seçilimle uğraştık. Peki, birkimli bir seçilim biçimi başlayabilir mi?

Kurgumuzu sürdürelim. Diyelim ki, bir kil çeşidi akarsular üzerinde ketler oluşturarak kendi birikme olasılığını artırıyor. Bu, kilin kendine özgü hatalı yapısının kasıtsız, amaç gütmeyen bir sonucudur. Bu kil çeşidinden içeren bir akarsuda, baraj öncesinde büyük, durgun, sığ havuzlar oluşacak ve suyun ana akış yönü değişerek kendine yeni bir güzergâh bulacaktır. Bu durgun havuzlarda aynı kil çeşidi birikmeyi sürdürecektir. Bu kil çeşidinin kristal tohumlarının "bulaştığı" her akarsu boyunca böylesi sığ havuzlar birbiri ardınca çoğalacaktır. Akarsuyun ana akış yönü değiştiği için, kurak mevsim geldiğinde

sığ havuzlar kuruyacaktır. Kil de kuruyacak, güneşin altında çatlayacak ve üst tabakalar toz halinde savrulacaktır. Her toz parçacığı barajları oluşturan ebeveyn kilin hatalı yapısını, barajı yapmasını sağlayan yapıyı miras almıştır. Benim söğüt ağacımdan kanala yağan genetik bilgiyle bunun arasında bir benzetme yapacak olursak, tozun akarsu üzerinde nasıl baraj kurabileceğine ve sonuçta nasıl daha fazla toz yapabileceğine ilişkin "talimat" içerdiğini söyleyebiliriz. Toz rüzgârın yardımıyla daha uzaklara yayılır ve bazı toz parçacıklarının başka bir akarsuya, bu baraj-yapıcı kilin tohumlarının bulaşmamış olduğu bir akarsuya düşmesi olasılığı epey yüksektir. Tozun bulaşmasından sonra, yeni akarsuda baraj-yapıcı kil kristalleri büyüyecek; birikme, baraj yapma, kuruma, aşınma döngüsü yeniden başlayacaktır.

Bu anlattığıma bir "yaşam döngüsü" demek sorumuzu kanıtlanmış varsaymak olacaktır; fakat yine de bir döngüdür ve gerçek yaşam döngülerinin birikimli seçilim başlatabilme yeteneğini taşır. Diğer akarsulardan rüzgârla taşınan toz "tohumlar" bulaştığı için, akarsuları "ata" ve "döl" olarak ayırabiliriz. B akarsuyunda havuzlar oluşturan kil, rüzgârla taşınan toz kristaller halinde A akarsuyundan gelmiştir. B akarsuyunun havuzları daha sonra kuruyacak ve toz yapacaktır; bu toz da F ve P akarsularına bulaşacaktır. Baraj-yapıcı kilin kaynağını temel alırsak, akarsuları "aile ağacı" biçiminde düzenleyebiliriz. Tozun bulaştığı her akarsuyun bir "ebeveyn" akarsuyu vardır; bu ebeveynin birden fazla "çocuk" akarsuyu olabilir. Her akarsu, "gelişimi" toz tohum "genleri" tarafından etkilenen ve yeni toz tohumlar oluşturan bir canlıya benzer. Döngüdeki her nesil, kristal tohumlarının ebeveyn akarsudan toz biçiminde ayrılmasıyla başlar. Her toz parçacığının kristal yapısı ebeveyn akarsudaki kilden kopyalanmıştır. Bu kristal yapı çocuk akarsuya aktarılır, burada çoğalır ve sonunda tekrar etrafa "tohum" saçar.

Kristal büyürken atomların yerleştirilme düzeninde bir değişiklik, bir hata olmadığı sürece, eski kristal yapısı nesiller bo-

yunca korunur. Bir kristalde, birbiri üzerine yerleşen tabakalarda hata aynen kopyalanır; ve kristal ikiye parçalandığında, değişikliğe uğramış kristallerden oluşan bir alt-popülasyon doğar. Şimdi, eğer değişim kristalin baraj-yapma/kuruma/aşınma döngüsünde daha verimli -ya da daha verimsiz- olmasına yol açıyorsa, sonraki nesillerde kaç kopyasının yapılacağını da doğrudan etkiler. Örneğin, değişmiş kristallerin parçalanma ("üreme") olasılığı daha fazla olabilir. Değişmiş kristallerin oluşturduğu kilin, çeşitli ayrıntılı yollar sonucunda, baraj yapma erki artabilir. Güneş altında daha kolay parçalanıyor olabilir. Parçalanarak toz haline gelmesi kolaylaşabilir. Tıpkı söğüt tohumlarında olduğu gibi, toz parçacıkları rüzgârı daha kolay yakalayabilir. Bazı kristal türlerinde "yaşam döngüsü" kısalabilir ve bu da "evrimlerinin" hızlanmasına yol açar. Gelecek nesillerin kendilerini sonraki nesillere aktarmada gittikçe "daha iyi" olabilmeleri için birçok fırsat vardır. Bir başka deyişle, güdük de olsa, bir tür birikimli seçilim sürecinin başlaması için birçok fırsat vardır.

Cairns-Smith'in kurgusunun süslenmiş biçimi olan bu küçük hayal uçuşları, birikimli seçilimin o çok önemli yolculuğuna başlamasını sağlayabilecek birçok mineral "yaşam döngüsü" çeşidinden yalnızca bir tanesini açıklamak için. Daha başkaları da var. Başka kristal çeşitleri toz halinde "parçalanmak" yerine, kendi akarsularını çok sayıda küçük akarsuya ayırarak yayılabilir; sonunda da yeni akarsu sistemleriyle birleşir ve onlara bulaşır. Bazı çeşitlerse, kayaları daha hızlı aşındıran şelaleler yapabilir; böylece de akarsu boyunca yeni killer oluşturmak için gerekli hammaddelerin çözünmesini hızlandırmış olur. Bazı kristal çeşitleri hammaddeler için yarıştıkları "rakip" çeşitler için koşulları zorlaştırarak daha etkin olabilir. Bazı çeşitler, rakip çeşitleri parçalayarak ve onların elementlerini hammadde olarak kullanarak "avcılık" yapabilir. Ne bu anlattıklarımda, ne de DNA'yı temel alan günümüz yaşamında "bilinçli" mühendislik vardır; bunu hatırdan çıkarmayın. Dünya, kalıcı olmalarını

ve yayılmalarını sağlayan özelliklere sahip bu kil (ya da DNA) çeşitleriyle kendiliğinden doluyor.

Şimdi akıl yürütmemizin bir sonraki aşamasına geçelim. Bazı kristal soyları, "nesiller" boyunca aktarılmalarına yardımcı olacak yeni maddelerin sentezini hızlandırabilir. Bu ikincil maddelerin kendi sülaleleri olmayacak (en azından başlangıçta), her birincil kopyalayıcı nesli tarafından yeniden imal edileceklerdir. Bunlara kendini kopyalayabilen kristal soylarının araçları, ilkel "fenotiplerin" başlangıçları olarak bakabiliriz. Cairns-Smith, inorganik kristal kopyalayıcıların bu kendini kopyalayamayan "araçları" arasında *organik* moleküllerin önemli bir yeri olduğuna inanıyor. Organik moleküller inorganik kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılır, çünkü akışkanların akışını ve inorganik parçacıkların parçalanması ya da çoğalmasını -yani kendini kopyalayabilen kristal soylarının başarısını- etkilerler. Örneğin, montmorilonit adlı (ne hoş bir ad) bir kil minerali, ortamda karboksimetil selüloz adlı (bu o kadar hoş bir ad değil) bir organik molekülden az bir miktar olduğunda, parçalanır. Öte yandan, karboksimetil selüloz miktarı daha da az olursa, tam tersi bir etki görülür ve montmorilonit parçacıkları birbirine yapışır. Başka bir organik madde çeşidi olan tanenler ise, petrol endüstrisinde çamurun temizlenmesini kolaylaştırmakta kullanılır. Eğer petrol mühendisleri çamurun temizlenmesi ve akışının denetlenmesi için organik molekülleri kullanıyorsa, birikimli seçilimin kendini kopyalayan minerallerde benzer bir kullanıma yol açmaması için hiçbir neden yok.

Bu noktada Cairns-Smith'in kuramı akla uygunluk açısından öne çıkıyor. Alışılagelmiş organik "ilksel çorba" kuramlarını benimseyen başka kimyacılar, kil minerallerinin bu kuramlarda yardımcı rolü üstlenebileceklerini uzun zaman önce kabullendi. Bunlardan biri olan D. M. Anderson şöyle diyor: "Dünya üzerinde, kendini kopyalayabilen mikroorganizmaların başlangıcına yol açan biyolojik olmayan kimyasal tepkime ve süreçlerin bazıları -hatta belki de birçoğu- yeryüzünün geçmişinin başla-

rında, kil minerallerinin ve diğer organik maddelerin yüzeyleriyle yakından ilişkili olarak gerçekleşmiştir." Bu yazar, kil minerallerinin organik yaşamın başlamasına yardımcı olacak beş "işlevini" sayıyor; bunlardan biri, kimyasal tepkenlerin derişiminin yüzeye tutunma yoluyla artırılması. Bu beş işlevi burada sıralamamız ya da anlamamız gerekmiyor. Bizim için önemli olan, bu işlevlerin ne oldukları değil, organik kimyasal sentezlerle kil yüzeyleri arasındaki yakın ilişkiyi göstermeleridir. Bu ilişki de kil minerallerinin organik molekülleri sentezlediklerini ve onları kendi amaçları doğrultusunda kullandıklarını savlayan kuramımız için olumlu bir noktadır.

Cairns-Smith, öne sürdüğü kil kristali kopyalayıcılarının protein, şeker ve hepsinden önemlisi nükleik asitlere sağlayacağı ilksel yararları ayrıntılarıyla inceliyor. Burada hepsini anlatmayacağım; ancak bir örnek vermek gerekirse, tıpkı petrol mühendislerinin tanen kullanmaları ya da bizim sabun, deterjan kullanmamız gibi, RNA'nın da başlangıçta tümüyle yapısal amaçlarla kullanıldığını öne sürüyor. RNA benzeri moleküller eksi elektrik yüklü iskelet yapıları nedeniyle kil parçacıklarının dışını kaplar. Bu, bizi kimya biliminin derinliklerine taşıyor. Bizim amaçlarımız için önemli olan, RNA'nın ya da ona benzer bir şeyin, kendini kopyalayabilme özelliğini kazanmasından çok önceleri ortamda var olmasıdır. Sonunda kendini kopyalar hale gelmesi ise, mineral kristali "genleri" tarafından RNA (ya da başka bir molekül) imalatının verimliliğini artırmak üzere evrimleştirilmiş bir araçtır. Fakat, kendini kopyalayabilen yeni bir molekül bir kez ortaya çıktıktan sonra, yeni bir çeşit birikimli seçilim başlamıştır. Başlangıçta yardımcı oyuncu olan yeni kopyalayıcılar öylesine verimlidir ki, sahneyi ellerine geçirmişlerdir. Daha da evrilmiş ve sonunda bugün bildiğimiz mükemmel DNA şifresini oluşturmuşlardır. Başlangıçtaki mineral kopyalayıcılar aşınmış yapı iskeleleri gibi bir yana itilmiş ve bize kristallerden daha yakın bir ortak atadan, birörnek bir genetik sistem ve büyük oranda birörnek bir biyokimyaya sahip günümüz yaşamı evrimleşmiştir.

Gen Bencildir adlı kitabımda, yeni bir tür genetik devralmanın eşiğinde olabileceğimizi ileri sürmüştüm. DNA kopyalayıcılar kendileri için "hayatta kalma" makineleri yaptılar: canlı vücutları (biz dahil). Bu canlılar, donanımlarının bir parçası olarak vücut bilgisayarları geliştirdiler: beyinler. Beyinler, dil ve kültürel gelenekleri kullanarak diğer beyinlerle iletişim kurma yeteneğini evrimleştirdiler. Ne var ki, bu yeni kültürel gelenek ortamı kendini kopyalayabilen varlıklar için yeni olanaklar getiriyor. Bu yeni kopyalayıcılar DNA değil, kil kristalleri de değil. Bunlar yalnızca beyinlerde ya da beyinlerin yapay üretimleri olan ürünlerde -kitaplarda, bilgisayarlarda, vs.- çoğalan bilgi sistemleridir. Fakat, beyinlerin, kitapların ve bilgisayarların var olduğunu bildiğimize göre, bu yeni kopyalayıcılar -ki genlerden ayırt etmek için onlara *mem* diyorum- beyinden beyine, beyinden kitaba, kitaptan beyine, beyinden bilgisayara, bilgisayardan bilgisayara geçerek çoğalabilir. Çoğalırken de değişirler, mutasyon geçirirler. Ve belki de "mutasyon geçirmiş" memler, "kopyalayıcı erki" dediğim etkiyi gösterebilir. Bunun, kopyalayıcıların kendi çoğalma olasılıklarını etkileyen herhangi bir çeşit etki olduğunu anımsayalım. Yeni kopyalayıcıların etkisindeki evrim -memsel evrim- henüz bebeklik çağındadır. Kendisini kültürel evrim dediğimiz olguda açığa vurur. Kültürel evrim, DNA'yı temel alan evrimden çok daha hızlıdır; bu da bizi "devralma" fikrine daha da yakınlaştırıyor. Ve eğer yeni bir kopyalayıcı türü iş devralmaya başlıyorsa, ebeveyn DNA'sını (ve eğer Cairns-Smith haklıysa büyükebeveyn kilini) çok gerilerde bırakacaktır. Bütün bunlar doğruysa, bu süreç içinde bilgisayarların ön saflarda olacağından emin olabiliriz.

Uzak bir gelecekte, bir gün, akıllı bilgisayarlar kendi kayıp başlangıçlarını arayacaklar mı? İçlerinden biri, kendi vücutlarının silisyuma dayalı elektronik ilkeleri yerine organik karbon kimyasını temel alan, çok çok uzak, ilksel bir yaşam biçiminden ortaya çıktıkları gerçeğini -kendilerine çok aykırı da gelse- öne sürecek mi? Cairns-Smith adında bir robot *Electronic Take-*

over (Elektronik Devralış) başlıklı bir kitap yazar mı acaba? Kemer benzetmesinin elektronik bir eşdeğerini keşfeder ve bilgisayarların bir anda, kendiliklerinden var olmadıklarını, daha önceki bir birikimli seçilim sürecinden geçerek ortaya çıktıklarını anlar mı? Ayrıntılara dalar ve elektronik gasbın kurbanı olmuş, akla uygun bir kopyalayıcı tasarlar mı? Yeterince uzak görüşlü olup, DNA'nın da daha ırak ve ilkel kopyalayıcıların inorganik silikat kristallerinin rolünü çaldığını tahmin eder mi? Eğer bu robotun şiirsel bir yanı varsa, sonunda silisyuma dayalı bir yaşama geri dönmenin adaletin yerini bulması olduğunu, DNA'nın perde arasından, çok çok uzun sürmüş bir perde arasından başka bir şey olmadığını düşünür mü dersiniz?

Bunlar bilimkurgu; ve pek inanılası görünmüyor. Ama bu önemli değil. Şu anda önemli olan, Cairns-Smith'in ve yaşamın başlangıcına ilişkin diğer kuramların size inanılmaz ve abartılı görünüp görünmediği. Cairns-Smith'in kil kuramını ve daha yaygın şekilde kabul gören ilksel organik çorba kuramını çılgınca ve olanaksız buluyor musunuz? Gelişigüzel çarpışıp duran atomların bir araya gelerek kendini kopyalayabilen bir molekül yapması için bir mucize gerekeceğini mi düşünüyorsunuz? Aslına bakarsanız, zaman zaman bana bile mucize gibi geliyor. Ama durun, şu mucizeler ve olanaksızlık konusuna biraz daha eğilelim. Size paradoksal fakat ilginç bir noktayı göstermek istiyorum: Bilim adamları olarak bizler, asıl, yaşamın başlangıcı kendi insan bilincimize mucizevi görünmeseydi kaygı duymalıydık. Sıradan insan bilincine göre açıkça mucizevi olan bir kuram, yaşamın başlangıcına ilişkin bu sorunumuzda *tam da* aramamız gereken türden bir kuramdır. Bölümün bundan sonrası mucizeyle ne demek istediğimiz üzerine olacak ve, bir bakıma, daha önceki milyonlarca gezegen tartışmamızın bir uzantısını oluşturacak.

Peki, mucize ne demek? Bir mucize, gerçekleşen fakat son derece şaşırtıcı olan bir şeydir. Meryem Ana'nın mermer bir heykeli ansızın elini sallarsa, buna mucize dememiz gerekir;

çünkü tüm deneyimlerimiz ve bilgimiz bize mermer heykellerin böyle davranışlar yapmadığını söylemektedir. "Yalanım varsa yıldırım çarpsın" dediğimde gerçekten de yıldırım çarparsa, buna mucize deriz. Ama bu olayların ikisi de bilim için tümüyle olanaksız değildir. Yalnızca olasılık dışıdır; heykelin elini sallaması olasılığı, yıldırım çarpma olasılığından daha da düşüktür. İnsanlara yıldırım çarpar. Herhangi birimize yıldırım çarpabilir, fakat bunun belirli bir anda gerçekleşmesi olasılığı çok düşüktür. (*Guinness Rekorlar Kitabı*'nda, lâkabı insan-paratoner olan Virginialı bir adamın yedinci yıldırım çarpması olayından sonra hastanede tedavi altındayken çekilmiş bir fotoğrafı var; yüzündeki şaşkınlık ifadesi öylesine açık ki.) Benim varsayımsal öykümde mucizevi olan tek şey, yıldırım çarpmasının bunu sözle ifade ettiğim ana *rastlamasıdır*.

Rastlantı olasılığı azalmış düşük olasılıktır. Yaşamımın herhangi bir anında bana yıldırım çarpması olasılığı, tedbirli bir tahminle, 10 milyonda bir olsun. Öte yandan, belirli bir anda yıldırım çarpmasını davet ediyor olmamın olasılığı da çok düşüktür. Bugüne dek yaşadığım 23.400.000 dakika içerisinde, "Yalanım varsa yıldırım çarpsın" sözcüklerini ilk kez söyledim ve bir daha da söyleyeceğimden kuşkuluyum; öyleyse yıldırımı davet etmem olasılığı 25 milyonda bir olsun. Sözünü ettiğim rastlantının herhangi bir anda gerçekleşmesinin birleşik olasılığını hesaplamak için, iki ayrı olasılığı çarparız: kabaca 250 trilyonda bir. Başıma bu mertebeden bir rastlantı gelseydi, buna mucize der ve gelecekte söyleyeceklerime dikkat ederdim. Böyle bir rastlantının gerçekleşme olasılığı çok düşükse de, sıfır değildir ve hesaplanabilir.

Mermer heykele gelince, katı mermerdeki moleküller hiç durmaksızın, gelişigüzel yönlerde birbirlerini dürtükleyip durur. Farklı moleküllerin iteklemesi, birbirlerinin etkisini yok eder ve heykelin eli hareketsiz kalır. Fakat eğer, rastlantısal olarak, tüm moleküller aynı anda, aynı yönde itme uygularsa, el hareket edecektir. Sonra da aynı anda hepsi ters dönerse, el ge-

ri gidecektir. İşte, mermer bir heykel bize böyle el sallayabilir; bu *olabilir*. Böyle bir rastlantının gerçekleşme olasılığı hayal edemeyeceğimiz kadar düşüktür; ama hesaplayamayacağımız kadar düşük değil. Fizikçi bir arkadaşım benim için hesapladı. Bu sayı o kadar küçük ki, sıfırların hepsini yazabilmek için Evren'in yaşı bile az gelir! Kuramsal olarak, bir ineğin aya sıçraması olasılığı da aşağı yukarı aynıdır. Yaklaşımımızın bu kısmında vardığımız sonuç şu: Mantıklı olduğunu tahayyül ettiğimizin çok çok ötesindeki olasılıkları, mucizevi olayları aslında *hesaplayabiliriz*.

Şimdi neye akla uygun, mantıklı dediğimize bakalım. Akla uygun olarak düşündüklerimiz, geniş bir olanaklı olaylar yelpazesinin tam ortasındaki dar bir banttır; bazen gerçekte var olandan çok daha dardır. Işıkla ilgili güzel bir benzetme yapacağım. Gözlerimiz, bir uçta uzun radyo dalgalarından diğer uçta kısa X ışınlarına dek uzanan geniş bir tayfın ortasındaki bir yerlerdeki, dar bir elektromanyetik frekans bandını (biz buna ışık diyoruz) görebilir. Bu dar ışık bandının dışındaki ışınları göremeyiz, fakat onlarla ilgili hesaplamalar yapabilir, bu ışınları kullanan aletler üretebiliriz. Aynı şekilde, büyüklük ve zaman ölçekleri bizim gözümüzde canlandırabileceğimizin çok ötesine uzanır. Bizim zihinlerimiz gökbiliminin uğraştığı büyük uzaklıklarla ya da atom fiziğindeki küçük uzaklıklarla başa çıkamaz; ama bu uzaklıkları matematiksel simgelerle gösterebiliriz. Zihinlerimiz bir pikosaniye gibi bir zaman dilimini düşünemez; fakat pikosaniyelere ilişkin hesaplamalar yapabilir ve birkaç pikosaniye içinde hesaplamaları tamamlayan bilgisayarlar üretebiliriz. Zihinlerimiz, bırakınız yerbilimcilerin her gün uğraştıkları milyarlarca yıllık zaman dilimlerini, bir milyon yıl gibi bir zaman dilimini bile hayal edemez.

Tıpkı gözlerimizin yalnızca doğal seçilimin atalarımıza sağladığı dar elektromanyetik frekans bandında görebilmesi gibi, beyinlerimiz de dar büyüklük ve zaman bantlarıyla uğraşmak üzere yapılanmıştır. Olasıdır ki, atalarımızın günlük uygulamaların

dar aralıkları dışındaki zaman ve büyüklüklerle uğraşması gerekmiyordu. Bu yüzden de, beyinlerimiz böylesi büyüklükleri hayal edebilecek kadar evrimleşemedi. Bedenlerimizin 1,5-2 metrelik büyüklüğünün ve birkaç on yıldan oluşan ömrümüzün, düşünebileceğimiz büyüklük ve zaman aralığının aşağı yukarı ortasında olması da herhalde önemlidir.

İşte, olasılık dışı durumlar ve mucizeler için de aynı şeyleri söyleyebiliriz. Atomlardan gökadalara uzanan büyüklükler ölçeğine ya da pikosaniyelerden Evren'in yaşına uzanan zaman ölçeğine benzeyen derecelendirilmiş bir olasılık dışılar ölçeği canlandıralım gözümüzde. Bu ölçek üzerinde bazı noktaları işaretleyelim. Ölçeğin en solunda hemen hemen kesin olan güneşin ertesi gün doğma olasılığı olsun -G. H. Hardy'nin yarım penilik bahsinin konusu. Ölçeğin bu sol ucunda olasılık dışılığı az olan şeyler olsun; bir çift zar attığımızda ikisinin de altı gelmesi gibi. Bunun olasılığı 36'da birdir. Sanırım hepiniz zaman zaman düşeş atmışsınızdır. Sağa doğru giderken bir başka nokta da briç oyununda her bir oyuncunun bir rengin tümünü aldığı mükemmel bir eldir. Bunun gerçekleşme olasılığı 2.235.197.406.895.366.368.301.559.999'a karşı birdir. Buna bir *dealyon* -olasılık dışılık birimi- diyelim. Olasılık dışılığı bir dealyon olan bir olay gerçekleşirse, aldatmaca kuşkusu olmadığı sürece (ki bu daha olası), buna mucize tanısı koymamız gerekir. Fakat söz konusu el dağılımı aldatmaca olmaksızın da gerçekleşebilir ve olasılığı mermer heykelin bize el sallamasından çok çok çok daha fazladır. Yine de, gördüğümüz gibi, el sallama olayının bile olabilecek olaylar tayfı üzerinde hak ettiği bir yer vardır; gigadealyondan çok daha büyük birimlerle de olsa, ölçülebilir. Düşeş zarla briçin mükemmel eli arasında olasılık dışılığı az ya da çok olan bir dizi olay vardır ve bu olaylar zaman zaman gerçekleşebilir: örneğin, bir insana yıldırım çarpması, spor totoda 13 tutturmak, golf oynarken topu bir vuruşta deliğe sokmak, vs. Bu aralığın içinde bir yerlerde bizi ürküten rastlantılar da vardır; varlığını bile unuttuğumuz birini rü-

yamızda görür, ertesi gün öldüğünü öğreniriz. Bu ürkütücü rastlantılar kendi başımıza ya da bir arkadaşımızın başına geldiğinde çok etkileniriz, fakat olasılık dışılık derecesini hesaplarsak pikodealyonlarla ölçülebileceğini görürüz.

Üzerinde belirli noktaların işaretlenmiş olduğu matematiksel olasılık dışılık ölçeğimizi yaptıktan sonra, spot ışığımızı bu ölçek üzerinde günlük düşünce ve konuşmalarımızda kullanabileceğimiz bir alt-aralığa tutalım. Işığımızın aydınlattığı bölüm, bizim görebildiğimiz dar elektromanyetik frekans aralığına ya da kendi büyüklüğümüz ve ömrümüze yakın, dar bir büyüklük ve zaman aralığına karşılık gelir. Olasılık dışılıklar tayfında, spot ışığımız yalnızca sol uçtan (kesinlik) ufak tefek mucizelere (tek seferde deliği tutturmak veya gerçekleşen rüya gibi) kadar olan aralığı aydınlatacaktır. Bu aralığın dışındaysa, matematiksel olarak hesaplanabilen geniş bir olasılık dışılıklar aralığı vardır.

Doğal seçilim nasıl gözlerimizi elektromanyetik dalga boylarını değerlendirmek üzere yapılandırdıysa, beyinlerimizi de olasılık ve riski değerlendirmek üzere yapılandırmıştır. İnsan yaşamında yararlı olabilecek olasılık dışılıklar aralığı içerisinde, risk ve olasılığa ilişkin zihinsel hesaplamalar yapabilecek donanıma sahibiz. Bunlar, boğaya bir ok attığımızda bize saldırması fırtınada, tek başına duran bir ağacın altına sığındığımızda yıldırım çarpması ya da nehri karşıdan karşıya geçerken boğulma mertebesindeki risklerdir. Bu kabul edilebilir riskler bizim birkaç on yıl süren ömrümüzle uyumludur. Eğer biyolojimiz bir milyon yıl yaşayabilmemize olanak sağlasaydı ve bunu isteseydik, riskleri değerlendirişimiz çok farklı olurdu. Örneğin, yolda karşıdan karşıya geçmemek gibi bir alışkanlığımız olurdu, çünkü 500.000 yıl boyunca her gün bir kez karşıdan karşıya geçerseniz, size mutlaka bir kez otomobil çarpacaktır.

Evrim beyinlerimizi yaşam süresi yüzyıldan az yaratıklara uygun, öznel bir risk ve olasılık dışılık bilinciyle donatmıştır. Atalarımızın hep risk ve olasılıklar içeren kararlar alması ge-

rekmiştir; bu yüzden de, doğal seçilim, beyinlerimize, olasılıkları kısa ömür beklentimiz temelinde değerlendirecek donanımı sağlamıştır. Eğer bir yerlerde bir gezegende ömrü yüz milyon yıl olan canlılar varsa, bunların algılayabilecekleri risk - spot ışıkları- ölçeğimizin sağ ucuna doğru, bizimkilerden çok ötelere uzanacaktır. Bu canlılar briç oynarken arada bir mükemmel eli yakalamayı umacaklar, bu umutları gerçekleştiğindeyse, heyecanla başkalarına anlatma zahmetine girmeyeceklerdir. Fakat mermer bir heykelin el salladığını gördüklerinde onlar bile ürkecektir, çünkü bu mertebeden bir mucizeyi görmek için bu canlılardan bile dealyonlarca yıl fazla yaşamak gerekir.

Bütün bunların yaşamın başlangıcı kuramlarıyla ne ilgisi var? Cairns-Smith ve ilksel çorba kuramlarının bize biraz hayalci geldiğini ve düşük olasılıklı olduklarını düşünerek işe başladık. Bu yüzden de, bu kuramları reddetme eğilimindeyiz. Ama unutmayalım; "bizim" beyinlerimizdeki spot ışığının aydınlattığı aralık, matematiksel olarak hesaplanabilir olasılıklar sürekliliğinin sol ucunda, kurşunkalem kalınlığında bir olasılık aralığıdır. Bizim neyin bahse değer olduğuna ilişkin verdiğimiz öznel kararın, neyin gerçekten bahse değer olduğuyla hiçbir ilgisi yoktur. Yaşam süresi yüz milyon yıl olan bir yaratığın öznel kararı oldukça farklı olacaktır. Bu yaratık, doğal seçilimin birkaç on yıllık bir süre içinde yaşamaya mahkum ettiği bizlerin müthiş bir mucize olarak nitelendirdiğimiz bir olayı (bir kimyacının kendini kopyalayabilen molekülün başlangıcı üzerine öne süreceği bir kuramı), oldukça akla yakın bulacaktır. Bizim bakış açımızın mı, yoksa uzun ömürlü yaratığın bakış açısının mı doğru olduğuna nasıl karar verebiliriz ki?

Bu sorunun yalın bir yanıtı var. Uzun ömürlü yaratığın bakış açısı, Cairns-Smith ya da ilksel çorba kuramı benzeri bir kuramın akla uygunluğunu tartarken kullanmamız gereken bakış açısıdır. Bunun nedeni, bu iki kuramın özel bir olayın -kendini kopyalayabilen bir varlığın kendiliğinden ortaya çıkışının- bir

milyar yılda bir olduğunu öne sürmesidir. Dünya'nın oluşumuyla ilk bakteri benzeri fosiller arasında yaklaşık 1,5 milyar yıl geçmiştir. Bizim yalnızca on yılları algılayabilen beyinlerimiz için, milyar yılda bir gerçekleşen bir olay, büyük bir mucizedir. Uzun ömürlü yaratık içinse, golf topunu tek vuruşta deliğe sokmak kadar bile mucizevi olmayacaktır -çoğumuz topu tek vuruşta deliğe sokmuş birilerini tanıyan birilerini tanıyordur. Yaşamın başlangıcı kuramlarını değerlendirirken, uzun ömürlü yaratığın öznel zaman ölçeği doğru ölçektir, çünkü bu kuramların kapsadığı zaman ölçeğiyle hemen hemen aynıdır. Bizim yaşamın başlangıcı kuramının akla uygunluğuna ilişkin öznel yargımızın yanlış olma olasılığı ise, yaratığınkinden yüz milyon kez fazladır.

Aslına bakarsanız, bizim öznel yargımızın yanlış olma olasılığı daha da fazladır. Doğa beyinlerimizi yalnızca kısa bir süre içerisindeki riskleri değerlendirmek üzere donatmakla kalmamış; üstelik, beyinlerimizi yalnızca kişisel olarak kendimizin ya da tanıdığımız dar bir çevre içerisindeki insanların karşılaşacağı riskleri değerlendirmek üzere donatmış, çünkü beyinlerimiz kitle iletişim araçlarının egemen olduğu bir ortamda evrilmedi. Kitle iletişimi, dünyanın herhangi bir yerinde, herhangi birisinin başına olasılık dışı bir şey gelirse, bunu gazetede ya da *Guinness Rekorlar Kitabı*'nda okuyacağımız anlamına gelir. Dünyanın herhangi bir yerinde birisi, herkesin ortasında, "Yalanım varsa yıldırım çarpsın" der, ardından da adama yıldırım çarparsa, bunu gazeteden okur ve epey etkileniriz. Fakat dünyada böyle bir rastlantıyla *karşılaşabilecek* milyarlarca insan var; öyleyse, bu rastlantı sanıldığı kadar olanaksız değil. Beyinlerimiz, büyük olasılıkla, kendimizin ya da kabile halinde yaşayan atalarımıza davulların sesinin ulaşıp da haber verebileceği uzaklıktaki köylerde yaşayan birkaç yüz kişiden oluşan dar bir çevrenin karşılaşacağı riskleri değerlendirebilecek biçimde donatılmıştır. Gazetede Valparaiso veya Virginia'daki birinin başına gelen şaşırtıcı bir rastlantı okuduğumuzda, olması gerekenden daha faz-

la etkileniriz. Gazetelerimizin taradığı dünya nüfusuyla, evrilen beyinlerimizin haber almayı "umduğu" kabilelerin nüfusu arasındaki orana yüz milyon dersek, gerekenden yüz milyon kere daha fazla etkileniriz.

Bu "nüfus hesaplaması", yaşamın başlangıcı kuramlarımızın akla uygunluğu konusunda vereceğimiz yargı için de yürütülebilir. Dünya üzerindeki insan nüfusu açısından değil, Evren'de yaşamın başlamış *olabileceği* gezegenlerin nüfusu açısından... Döndük dolaştık, bu bölümün başlarında karşılaştığımız yaklaşıma geldik, üzerinde daha fazla durmaya gerek yok. Bunun yerine, zihnimizde canlandırdığımız, briç elleri ve zar atmalarla ilgili rastlantılarla işaretlediğimiz, derecelendirilmiş olasılık dışı olaylar ölçeğimize geri dönelim. Dealyon ve mikrodealyon birimleriyle derecelendirdiğimiz bu ölçekte, şu üç yeni noktayı işaretleyelim: yaşamın her güneş sisteminde ortalama bir kez ortaya çıktığını varsayarsak, bir gezegende yaşamın başlama olasılığı (diyelim ki, bir milyar yıllık süre içinde); yaşamın her gökadada ortalama bir kez ortaya çıktığını varsayarsak, bir gezegende yaşamın başlama olasılığı; yaşamın Evren'de yalnızca bir kez ortaya çıktığını varsayarsak, bir gezegende yaşamın başlama olasılığı. Bu üç noktaya, sırasıyla, Güneş Sistemi Sayısı, Gökada Sayısı ve Evren Sayısı adını verelim. Evren'de 10 milyar gökada olduğunu anımsayalım. Her gökadada kaç gezegen olduğunu bilemiyoruz çünkü yalnızca yıldızları görebiliyoruz; gezegenleri göremiyoruz. Buna karşın, daha önce Evren'deki gezegen sayısı için 100 milyar kere milyar gibi yaklaşık bir rakam kullandık.

Bir olayın, örneğin Cairns-Smith'inki gibi bir kuramın öne sürdüğü bir olayın olasılık dışılığını, bizim öznel olasıya da olasılık dışı tanımımıza göre değil, Güneş Sistemi Sayısı, Gökada Sayısı ve Evren Sayısı gibi sayılarla değerlendirmeliyiz. Bu üç sayıdan hangisinin en uygun olduğu ise, aşağıdaki üç önermenin hangisinin doğruya en yakın olduğuna bağlıdır:

1. Yaşam, tüm Evren'de yalnızca tek bir gezegende ortaya çıkmıştır (ve daha önce gördüğümüz gibi, bu gezegen Dünya olmak durumundadır).

2. Yaşam, yaklaşık her gökadada bir gezegende ortaya çıkmıştır (bizim gökadamızda, şanslı gezegen Dünya'dır).

3. Yaşamın başlangıcı, her güneş sisteminde ortaya çıkacak kadar olası bir olaydır (bizim Güneş sistemimizde şanslı gezegen Dünya'dır).

Bu üç önerme yaşamın biricikliği konusundaki üç işaret noktasını temsil etmektedir. Bu konudaki gerçek, büyük olasılıkla 1. ve 3. önermeler arasında bir yerdedir. Neden mi böyle düşünüyorum? Neden dördüncü bir seçeneği, yaşamın başlangıcının 1. önermede öne sürülenden çok daha olası olması seçeneğini bir tarafa atalım ki? Çok güçlü olmamasına karşın, şöyle bir sav ortaya koyabilirim: Yaşamın başlangıcı, Güneş Sistemi Sayısı'nda belirtilenden çok daha olası bir olay olsaydı, şimdiye kadar Dünya dışı yaşamla, etiyle kanıyla (ya da bunlara ne karşılık geliyorsa) olmasa bile en azından radyo dalgalarıyla karşılaşmamız gerekirdi.

Sık sık kimyacıların yaşamın kendiliğinden başlamasını taklit eden laboratuvar deneylerinde başarısız olduğu söylenir. Bu, kimyacıların araştırdıkları kuramlara karşı bir kanıtmış gibi kullanılır. Ama asıl, kimyacılar deney tüpünde yaşamı kendiliğinden kolayca elde etselerdi kaygılanmamız gerekirdi; çünkü kimyacıların yaptıkları deneyler yalnızca birkaç on yıl sürüyor, milyarlarca yıl değil ve bu deneylerle yalnızca bir avuç kimyacı uğraşıyor, milyarlarca değil. Eğer yaşamın kendiliğinden başlaması, kimyacıların deneylerini yaptıkları birkaç on yıllık süre içerisinde gerçekleşebilecek kadar olası bir olay olsaydı, yaşamın Dünya üzerinde ve radyo dalgaları erimindeki gezegenlerde birçok kereler ortaya çıkması gerekirdi. Burada, kimyacıların deney tüpünde ilksel dünya koşullarını taklit edip edemediklerine ilişkin sorularımız var elbette, fakat bu sorula-

ra yanıt veremeyeceğimize göre, yukarıdaki savın sözünü etmeye değer.

Eğer yaşamın başlangıcı insan standartlarına göre olası bir olay olsaydı, radyo dalgaları erimi içerisindeki çok sayıda gezegende, bizler radyo dalgalarını saptamayı öğrendiğimizden bu yana en azından bir yayın almış olmamızı gerektirecek kadar uzun bir süre önce bu teknoloji gelişmiş olmalıydı (bu arada radyo dalgalarının saniyede yaklaşık 300.000 metre hızla yol aldığını hatırlayalım). Radyo teknolojisini bizimle aynı zamanda keşfetmiş olduklarını varsayarsak, söz konusu erim içerisinde 50 kadar yıldız vardır. Fakat 50 yıl kısacık bir zaman ve bir başka uygarlığın bize bu denli yakın bir düzeyde olması büyük bir rastlantı olurdu. Eğer 1000 yıl önce radyo teknolojisini geliştirmiş uygarlıkları da hesaba katarsak, radyo dalgaları erimi içinde bir milyon kadar yıldız vardır (bu yıldızların çevresinde dolanan bilmem kaç gezegenle birlikte). Radyo teknolojisi 100.000 yıl öncesine uzananları da hesaba katarsak, trilyonlarca yıldız içeren gökadamızın hepsi radyo erimi içerisinde olur. Kuşkusuz, radyo sinyalleri böylesi devasa uzaklıklarda oldukça zayıflayacaktır.

Sonuç olarak, şöyle bir paradoksa ulaştık: Eğer yaşamın başlangıcına ilişkin bir kuram, bizim öznel akla uygunluk tanımımızı tatmin edecek kadar "akla uygunsa", gözlemlediğimiz kadarıyla Evren'de yaşamın bu denli ender olmasını *açıklayamayacak kadar* "akla uygundur". Bu akıl yürütme uyarınca, aradığımız kuram, bizim kısıtlı, Dünya'yla sınırlı, on yıllarla sınırlı hayal gücümüze mantıksız görünen türden bir kuram olmalıdır. Bu açıdan bakıldığında, hem Cairns-Smith kuramı hem de ilksel çorba kuramı fazlasıyla mantıklı olma hatasına düşmüyor! Bütün bunları söyledikten sonra, itiraf etmeliyim ki, hesaplamalarda çok fazla belirsizlik olduğu için, bir kimyacı kendiliğinden yaşamı yaratmayı *başardığında*, hiç şaşırmayacağım!

Hâlâ Dünya'da birikimli seçilimin nasıl başladığını tam anlamıyla bilmiyoruz. Bu bölümde, ne çeşit bir yolla başlamış olma-

sı gerektiğini açıklamak gibi alçakgönüllü bir amaç güttüm. Günümüzde yaşamın başlangıcı için kesin kabul gören bir açıklama olmaması, Darwinci dünya görüşü için bir engel olarak alınmamalıdır -bazıları bunu kasıtlı olarak yapıyor. Bundan önceki bölümlerde, başka sözüm ona engellerden kurtulmuştuk; bir sonraki bölümde ise, bir başkasını, doğal seçilimin asla yapıcı olmadığını, yalnızca yıkıcı olduğunu savunan düşünceyi ele alacağız.



Yapıcı Evrim

Kimileri bazen doğal seçilimin hataları ve bozuklukları ayıklayabilen ama doğurgan, güzel ve karmaşık bir tasarım oluşturamayan, tümüyle olumsuz bir güç olduğunu düşünür: "Doğal seçilim yalnızca var olandan bir şeyler eksiltiyor, öyle değil mi? Gerçek anlamda yaratıcı bir sürecin bir şeyler de eklemesi gerekmez mi?" Bir heykeli göstererek bu soruya kısmen yanıt verebiliriz. Heykeltıraş, bir mermer parçasına hiçbir şey eklemez, yalnızca eksiltir. Yine de güzel bir heykel çıkar ortaya. Ancak bu eğretileme yanıltıcı, çünkü bazıları hemen buna yanlış açıdan bakacak -heykeltıraşın bilinçli bir tasarımcı olması- ve önemli noktayı kaçıracaktır: heykeltıraşın eklemek yerine eksilterek çalışması. Aslında eğretilememizin bu bölümünde fazla ileri gitmemeliyiz. Doğal seçilim yal-

nızca eksiltiyor olabilir, fakat mutasyon ekleme yapar. Jeolojik zamanın o uzun sürecinde, mutasyonla doğal seçilim birlikte çalışarak, çıkarmadan çok eklemeler içeren karmaşık yapılanmalara neden olmuştur. Bu, temelde iki biçimde olur: Bunlardan biri, "birlikte uyum sağlamış genotipler", ikincisi de "silahlanma yarışı" adıyla bilinir. Aslında yüzeysel bakıldığında birbirlerinden bir parça farklıdırlar, fakat "birlikte evrimleşme" ve "birbirlerinin çevrelerindeki genler" başlıkları altında birleştirilirler.

Önce "birlikte evrimleşme" düşüncesine bakalım. Bir genin belirli bir etkisi olmasının *tek* nedeni, üzerinde çalışabileceği bir yapı olmasıdır. Bir beyin yoksa, genin etkileyebileceği bir beyin yapısı yok demektir. Beyinse, gelişmekte olan, eksiksiz bir dölüt olmadığı sürece yapılanamaz. Ve, bir sürü başka genin ve bir sürü genetik-dışı etkilerin yönlendirdiği uzun bir kimyasal ve hücresel olaylar programı olmasa, gelişmekte olan, eksiksiz bir dölüt de olmaz. Genlerin gösterdiği özel etkiler, bu genlerin içkin özellikleri değildir. Bunlar, dölütsel süreçlerin, *var olan* dölütsel süreçlerin özellikleridir; genlerse, belirli yerlerde ve belirli zamanlarda harekete geçerek bu sürecin ayrıntılarını *değiştirebilir*. Bu iletinin gözle görünür hale geldiğini, basit bir biçimde, bilgisayar biyomorflarının gelişiminde gördük.

Dölüt gelişimi sürecinin tümüne, bir anlamda, binlerce gen tarafından yönetilen bir ortaklık olarak bakabiliriz. Gelişmekte olan organizmada işler haldeki tüm genler birlikte çalışarak dölütü oluşturuyor. Şimdi, bu dayanışmanın nasıl olduğunu anlamaya çalışmanın tam zamanı. Doğal seçilimde, genler, kendilerini içinde buldukları çevrede çoğalabilme yeteneklerine göre seçilirler hep. Bu çevrenin dış dünya, avcıların ve iklimin dünyası olduğunu düşünürüz. Fakat, işe bir genin bakış açısından bakarsanız, bu çevrenin belki de en önemli parçası *bu genin rastlaştığı diğer genlerdir*. İyi ya, bir gen, diğer genlerle nerede "rastlaşıyor"? Çoğunlukla, genin kendisini içinde bulduğu, birbirini izleyen bireylerin hücrelerinde. Her gen, bu vücutlarda

rastlaşabileceği diğer gen popülasyonlarıyla başarıyla işbirliği yapma yeteneğine göre seçiliyor.

Bir genin işler haldeki çevresini oluşturan gerçek gen popülasyonu, bir bireyin hücrelerinde bir araya gelivermiş geçici bir öbek değildir. En azından eşeysel üreme yapan türlerde, bu çevre birbiriyle çiftleşebilen bireylerin oluşturduğu popülasyondaki tüm genlerin kümesidir -yani, gen havuzu. Herhangi bir anda, belirli bir atom öbeği olarak düşündüğümüzde, bir genin belirli bir kopyası bir bireyin hücrelerinden birinde olmalıdır. Fakat, bir genin belirli bir kopyası bizi uzun süre ilgilendirmez çünkü ömrü yalnızca birkaç aydır. Daha önce de gördüğümüz gibi, evrimsel bir birim olarak uzun ömürlü gen belirli bir fiziksel yapı değil, nesiller boyunca iletilen, kopyalanan metinsel arşiv *bilgisidir*. Bu metinsel kopyalayıcının varlığı dağıtılmıştır; uzam içerisinde farklı bireyler arasında ve zaman içerisinde sayısız nesil boyunca dağıtılmıştır. Böylesi dağıtılmış bir biçimde baktığımızda, bir gen bir başka genle aynı vücudu paylaşıyorsa, bu iki gen "rastlaşmış" demektir. Bir genin bu dağıtılmış varlığı ve jeolojik zamanda kat ettiği yol boyunca farklı zamanlarda, farklı vücutlarda çeşitli başka genlerle karşılaşması "beklenebilir". Başarılı bir gen, sayısız farklı vücutta rastlaşabileceği bu başka genlerin oluşturduğu çevrelerde iyi iş çıkarabilen bir gendir. Tanımladığımız bu çevrelerde "iyi iş çıkarmak", başka genlerle "işbirliği" yapmakla eşdeğerdir. İşbirliğinin en doğrudan örneğini biyokimyasal yollarda görüyoruz.

Biyokimyasal yollar, önemli bir maddenin bireşimi ya da enerji açığa çıkışı gibi yararlı bazı süreçlerde birbirini izleyen aşamaları oluşturan kimyasal tepkimeler dizisidir. Bir biyokimyasal yoldaki her basamakta bir enzim, yani bir kimyasal madde fabrikasındaki bir makine gibi davranmak üzere biçimlenmiş koca moleküllerden biri olmalıdır. Kimyasal yolda, farklı basamaklar için farklı enzimler kullanılır. Aynı yararlı amaca ulaşmada, bazen iki, bazen de daha fazla alternatif yol vardır. Her

iki yol da aynı yararlı sonuca ulaşsa da, bu sonuca giderken farklı ara aşamalardan geçerler ve genelde farklı başlangıç noktalarından işe koyulurlar. Bu alternatif yolların ikisi de işe yarar ve hangisinin kullanıldığı önemli değildir. Bir hayvan için önemli olan, iki yolu da aynı anda kullanmaktan kaçınabilmektir, çünkü bu kimyasal karmaşaya ve verimin düşmesine yol açar.

Şimdi, diyelim ki, Yol 1'de D kimyasalının bireşimi için, sırayla, A1, B1 ve C1 enzimlerine gerek var. Öte yandan, Yol 2'de aynı son ürünü elde etmek için A2, B2 ve C2 enzimleri kullanılıyor. Her enzim belirli bir gen tarafından yapılıyor. Dolayısıyla, bir türde, Yol 1'in montaj hattının evrimleşebilmesi için, A1, B1 ve C1 enzimlerinin şifresini içeren genlerin birlikte evrimleşmeleri gerekir; A2, B2 ve C2 enzimlerinin şifresini içeren genler de birlikte evrimleşmelidir. Birlikte evrimleşmenin bu iki sürecinden hangisinin seçileceği öncedeıı planlanmıyor. Seçim oldukça yalın bir biçimde yapılıyor: Her genin, *popülasyonda önceden zaten egemenlik kurmuş olan* diğer genlerle uyumuna bakılıyor. Eğer popülasyon B1 ve C1 genleri açısından zenginse, bu durum A2 geni yerine A1 geninin lehine bir ortam oluşturuyor. Tersine, popülasyon B2 ve C2 genlerince zenginse, seçilim A2 geninin lehine işliyor.

Aslında bu kadar da yalın değil, ama ana fikri anlamışsınızdır: Bir genin bir "ortam"da yeğlenip yeğlenmemesini belirleyen en önemli şeylerden biri, popülasyonda yüksek sayıya ulaşmış olan diğer genlerdir, yani bir genin vücutları paylaşmak zorunda kalacağı diğer genler. Aynı şey "diğer genler" için de geçerli olacağından, popülasyonda, hepsi birden sorunları imeceyle çözmeye doğru evrimleşen gen takımlarının yer aldığını görüyoruz. Evrimleşen genlerin kendileri değil; genlerin tek yaptığı, gen havuzunda kalmayı başarmak ya da başarmamak. Asıl evrimleşen "takımdır". Yapılacak işi diğer gen takımları da becerebilirdi belki, hatta belki de daha iyi becerirlerdi. Fakat bir gen takımı, bir türün gen havuzunda egemen olmaya başladıysa bir kez, kendiliğinden üstün duruma geçmiştir. Azınlık bir takımın,

sonuçta işi daha iyi yapacak olsa da, seçilebilmesi zordur. Çoğunluk takımın diğerleriyle yer değiştirmeye karşı kendiliğinden bir direnci vardır, yalnızca çoğunlukta olmalarının getirdiği bir direnç. Bu, çoğunluk takımın asla yerlerinden edilemeyeceği anlamına gelmiyor; öyle olsaydı evrim dururdu. Ama bu, bir tür bünyesel süredurumun (ataletin) var olduğu anlamına geliyor.

Bu tür bir us yürütmenin biyokimyayla sınırlı olmadığı çok açık. Aynı örneği bir hayvan vücudunun birlikte çalışan tüm bölümlerini, göz, kulak, burun ve bacakların farklı bölümlerini oluşturan, birbirleriyle uyumlu gen kümeleri için verebilirdik. Sindirim sistemini et sindirmeye uygun kılan genlerin egemen olduğu bir ortamda, dişleri et çiğnemeye uygun yapan genler daha üstündür. Sindirim sistemini bitki sindirmeye uygun kılan genlerin egemen olduğu bir ortamdaysa, bitki öğüten dişler yapan genler yeğlenir. Ve tabii, her iki durumda da tersten düşünebiliriz. "Et yeme genleri"nin oluşturduğu takımlar birlikte evrilmeye eğilimlidir; "bitki yeme genleri"nin oluşturduğu takımlar da öyle. Aslında, bir anlamda, bir vücuttaki işlev gören genlerin çoğunun bir takım halinde işbirliği yaptığını söyleyebiliriz, çünkü evrim süresince bu genlerin (yani, bu genlerin ata kopyalarının) her biri, doğal seçilimin diğerleri üzerinde çalıştığı bir çevrenin parçası olmuşlardır. Antilopların atalarının ot yerken aslanların atalarının neden et yemeye başladıklarını sorarsak, bunun ta en başında kazayla olduğu yanıtını verebiliriz; şu anlamda: Ot yemeye başlayanlar aslanların, et yemeye başlayanlar da antilopların ataları olabilirdi. Fakat bir soy bir kez ot yerine etle uğraşan bir gen takımı kurmaya *başladıktan* sonra, süreç kendi kendini güçlendirdi. Ve diğer soy, et yerine otla uğraşan bir gen takımı kurmaya başladıktan sonra, onların süreci de diğer yönde kendini güçlendirdi.

Canlıların evriminin başlarında, böylesi işbirliklerine katılan genlerin sayısında bir artış olsa gerek; bu ana noktalardan biri. Bakterilerin gen sayısı hayvan ve bitkilerden çok daha az. Ar-

tış, genlerin kendilerini çeşitli yollardan kopyalamaları sonucu gerçekleşmiş olabilir. Bir genin, bilgisayar diskindeki bir dosya benzeri bir şifreli simgeler dizisi olduğunu hatırlayın; tıpkı dosyanın diskin farklı bölümlerine kopyalanabilmesi gibi, genler de kromozomların farklı bölgelerine kopyalanabilir. Bu bölümü kaydettiğim diskte resmi olarak üç dosya var. Bilgisayarın işletim sistemi bana üç dosya olduğunu söylüyor; "resmi" demekle bunu kastediyorum. Bu dosyalardan birini okumasını istediğimde, bilgisayar bana tek boyutlu bir alfabe karakterleri dizisi veriyor; içlerinde şu anda okumakta olduğunuz karakterler de var. Her şey çok zekice, çok düzenli görünüyor. Fakat aslında, bu metnin disk üzerinde yerleştirilişi hiç de düzenli değil. Eğer bilgisayarın kendi resmi işletim sisteminden çıkar ve disk üzerindeki her bölümde neler yazılı olduğunu anlamak için kendi özel programınızı yazarsanız, bunu görebilirsiniz. Üç dosyamın her birinin ve çok eskilerde yazıp sonra da silip unuttuğum ölü dosya parçalarının oraya buraya serpiştirilmiş, aralarında boş sayfalar bırakılmış olduğunu anlarsınız. Her parça tümüyle aynı ya da aralarında pek az bir değişiklikle, diskin beş altı yerinde ortaya çıkabilir.

Bunun nedeni çok ilginç ve konudan biraz ayrılıp sözünü etmeye değer çünkü iyi bir genetik benzetme yapabiliriz. Bilgisayara bir dosyayı silmesini söylediğinizde verdiğiniz komutu dinlediğini sanırsınız. Ama bilgisayar aslında dosyanın metnini silmez; yalnızca sizi dosyaya götürecek işaretlemeleri siler. Bu tıpkı, *Lady Chatterley'in Sevgilisi* romanını ortadan kaldırması söylenmiş bir kütüphane memurunun kart dizinindeki kartı yırtıp atması ve kitabı rafta bırakmasına benzer. Bu, bilgisayar açısından tutumlu bir çalışma biçimi, çünkü "silinen" dosyaya götüren işaretlemeler kalkar kalkmaz, bu dosyanın işgal ettiği yer yeni dosyalar tarafından doldurulabiliyor. Bu yeri boşlukla doldurma zahmetine girmek zaman kaybından başka bir şey değil. Eski dosya ise, metnin kapladığı yer tümüyle yeni dosyalar kaydetmek için kullanıldığında kayboluyor ancak.

Fakat, eski dosyanın kapladığı yerin yeniden kullanılması parça parça oluyor. Yeni dosyaların büyüklüğü eskisinin tıpatıp aynısı olmuyor. Bilgisayar diske yeni bir dosya kaydetmek istediğinde, var olan ilk yer parçasını arar, yeni dosyanın sığdığı kadarını yazar, sonra bir başka yer parçası arar, biraz daha yazar ve bu böylece, tüm dosya diskin bir yerlerine yazılana dek sürer. Bilgisayar etrafa dağılmış bu parçaların yerlerini "işaret eden" kayıtları dikkatle tuttuğu için de, biz insanlar dosyanın düzenli, tek bir dizilim olduğu yanılsamasına kapılırız. Bu "işaretlemeler", tıpkı *New York Times*'da kullanılan "devamı sayfa 64'te" işaretlemelerine benzer. Disk üzerinde metnin parçalarının birçok kopyası olmasının nedeni ise şu: Eğer metin, benim yazdığım bölümler gibi onlarca kez gözden geçiriliyor ve tekrar tekrar düzeltiliyorsa, her düzeltme aynı (hemen hemen aynı) metnin yeniden belleğe kaydedilmesiyle sonuçlanıyor. Görünürde aynı dosya kaydediliyor olabilir, fakat gördüğümüz gibi, metin aslında disk üzerinde var olan "boşluklara" serpiştirilir. Dolayısıyla da, diskte metnin bir parçasının çok sayıda kopyası bulunabilir, disk ne kadar eski ve çok kullanılmışsa, kopyaların sayısı da o kadar fazla olacaktır.

Şimdi geldik DNA'ya. Bir türün DNA işletim sistemi gerçekten de çok çok eskidir ve uzun dönemde bakıldığında, bilgisayarın diskteki dosyalarla yaptığına benzer bir şey yapar. Bunun kanıtı olarak büyüleyici "intron" ve "egzon" olgularını gösterebiliriz. Son on yıl içerisinde, "tek" bir genin (DNA metninin sürekli okunan tek bir pasajı anlamında) tek bir yerde kaydedilmemiş olduğu anlaşıldı. Kromozom boyunca dizilmiş şifre harflerini okursanız ("işletim sisteminden" çıkmaya eşdeğer bir şey), egzon adı verdiğimiz "anlamlı" bölümlerin arasında "intron" adını verdiğimiz "anlamsız" bölümler olduğunu görürsünüz. Tek bir "gen" (işlevsel anlamda), aslında anlamsız intronlarca birbirinden ayrılmış bir dizi egzondur. Sanki her egzonun sonunda "devamı sayfa 64'te" işaretlemesi vardır. Sonuç olarak bir genin bütünü, yalnızca bunları proteinlere tercüme eden

"resmi" işletim sistemince okunduğunda bir araya gelebilen bir egzonlar dizisinden oluşmaktadır.

Bir başka kanıt ise kromozomların üzerinde artık kullanılmayan ancak anlamları hâlâ anlaşılabilen, eski genetik metinler olması. Bir bilgisayar programcısı için bu "genetik fosil" parçaları ile metni düzeltmede sıkça kullanılmış eski bir diskteki metin parçalarının dağılımı arasında gizemli benzerlik vardır. Bazı hayvanlarda, toplam gen sayısının büyük bir yüzdesi okunmaz bile. Bu genler ya tümüyle anlamsızdır ya da günü geçmiş "fosil genlerdir".

Fakat zaman zaman, tıpkı bu kitabı yazarken başıma geldiği gibi, fosil metinler tekrar ortaya çıkıverir. Bir bilgisayar hatası (daha dürüst olmak gerekirse, insan hatası) sonucu, III. Bölüm'ün olduğu diski "sildim". Elbette ki, silinen metnin kendisi değildi. Kesinlikle silinenler, her "egzonun" başını ve sonunu belirleyen işaretlemelerdi. "Resmi" işletim sistemi hiçbir şey okuyamıyordu, fakat "resmi olmayan yollardan" genetik mühendisçilik oynayıp, disk üzerindeki metni inceleyebilirdim. Karşıma çıkan, bazıları daha yenice bazıları da çok eski "fosil" metin parçalarının oluşturduğu, şaşkınlıktan ağzımı açık bırakan bir yapboz oldu. Yapbozun parçalarını bir araya getirerek bölümü yeniden yarattım. Çoğu kez hangi parçanın yeni hangi parçanınsa fosil olduğunu bilmiyordum ancak bunun pek önemi yoktu; yeniden düzeltme yapılmasını gerekli kılan birkaç ufak ayrıntının dışında, kaybettiğim metinle aynıydı. "Fosillerin" ya da günü geçmiş "intronların" en azından bazıları yeniden ortaya çıkmıştı. Bir beladan, bütün bölümü yeniden yazmaktan kurtulmuştum.

Canlı türlerinde de "fosil genlerin" zaman zaman milyonlarca yıl atıl kaldıktan sonra harekete geçtikleri ve yeniden kullanılmaya başlandıklarına ilişkin kanıtlar var. Ayrıntılara girmek bizi bu bölümün asıl konusundan çok uzaklara taşıyacak; zaten bir parantez açmıştık. Asıl konu, genlerin yinelenmesiyle bir türün genetik kapasitesinin artabileceğiydi. Bunu yapmanın bir

yolu, var olan genlerin eski "fosil" kopyalarının tekrar kullanılması olabilir. Daha dolaysız başka yollar da var. Örneğin, genler kromozomun başka bir bölümüne kopyalanıyor; tıpkı dosyaların diskin başka bir yerine ya da başka bir diske kopyalanmaları gibi.

İnsanlarda globin genleri dediğimiz, değişik kromozomlar üzerinde, birbirinden ayrı sekiz gen var (bunlar, başka şeylerin yanı sıra hemoglobin yapmakta da kullanılıyor). Bu sekiz genin tek bir ata globin geninden kopyalanmış olduğuna kesin gözüyle bakılıyor. Yaklaşık 1,1 milyar yıl önce, ata globin geninden bir tane daha yapılıyor ve iki gen oluşuyor. Bu olayın tarihini saptayabiliyoruz çünkü globin genlerinin hangi hızla evrildiği konusunda bağımsız bulgularımız var (V. ve XI. Bölümlere bakınız). Bu ilk yineleme sonucu ortaya çıkan iki genden biri, omurgalılarda hemoglobin yapan tüm genlerin atası oldu. Diğeriyse, miyoglobinleri, kaslarda iş gören ve hemoglobinle akraba bir başka protein ailesini yapan genlerin atası oldu. Bundan sonra, birbirini izleyen yinelemelerle alfa, beta, gama, delta, epsilon ve zeta globinler denen genler ortaya çıkıyor. Büyüleyici olansa, tüm globin genlerinin aile ağacını çizebilmemiz ve hatta tüm dönüm noktalarının tarihlerini saptayabilmemiz (örneğin, delta ve beta globinler 40 milyon yıl, epsilon ve gama globinler de 100 milyon yıl önce ayrıldılar). Kadim ataların birbirinden uzak dallanmalarla ortaya çıkan ardılları olan bu sekiz globin, her birimizin içinde hâlâ varlığını sürdürüyor. Atalardan birinde kromozomun farklı bölümlerine gitmişlerdir ve bu genler bizlere farklı kromozomlar üzerinde aktarılmıştır. Bu moleküller uzaktan kuzenleri olan diğer globinlerle aynı vücudu paylaşmaktadır. Jeolojik zaman boyunca, kromozomlar üzerinde böyle çok sayıda yinelemenin olduğu kesin. İşte, gerçek yaşamı, III. Bölüm'de değindiğimiz biyomorflardan daha karmaşık hale getiren önemli noktalardan biri bu. Biyomorfların yalnızca dokuz geni vardı ve bu dokuz genin değişimiyle evriliyorlardı. Gen sayısı asla ona çıkmıyordu. Gerçek hayvanlarda da bu tür yinele-

meler enderdir; benim, "Bir türün bütün üyeleri genelde aynı "adresleme" sistemiyle çalışır," dememi yanlışlamayacak kadar ender...

Evrim sürecinde bir türde birbiriyle işbirliği içinde çalışan genlerin sayısının artmasının tek yolu gen yinelenmesi değil. Daha da ender görülen ancak yine de olanaksız olmayan bir başka olay var: Bir başka türün, hatta son derece uzak bir türün bir geninin işbirliğine katılması. Örneğin, bezelye bitkileri ailesinin köklerinde hemoglobinler var. Bu hemoglobinler diğer bitki ailelerinde gözlenmiyor ve bezelye ailesine bir biçimde çapraz bulaşmayla girdiklerine kesin gözüyle bakılıyor; belki de virüsler ara basamak oluşturmuşlardır.

Amerikalı biyolog Lynn Margulis'in gittikçe daha fazla taraftar bulan kuramına göre, ökaryot hücrenin başlangıcında bu çizgide önemli bir olay oldu. Bakteri hücreleri dışındaki tüm hücreler ökaryottur. Canlılar dünyası, temelde, bakteriler ve diğerleri diye ikiye ayrılır. Biz diğerleri grubuna dahiliz ve ökaryotuz. Bakterilerle ana farkımız, hücrelerimizde ayrı bölmeler biçiminde minicik hücreler olması. Bunların arasında kromozomları barındıran çekirdek; birbiri üzerine katlanmış zarlarla dolu, bomba biçimli ufacık cisimler olan mitokondriler (1. Şekil'de görmüştük); ve bitki hücrelerindeki (onlar da ökaryot hücre) kloroplastlar var. Mitokondri ve kloroplastların, çekirdeğin kromozomlarındaki asıl DNA'dan tümüyle bağımsız olarak kopyalama yapan ve çoğalan kendi DNA'ları var. Hücrelerinizdeki mitokondrilerin tümü, annenizin yumurtasından size geçen küçük mitokondri popülasyonundan geliyor. Spermler mitokondri taşıyamayacak kadar küçükler, bu yüzden de mitokondriler dişilerle ilerliyor ve mitokondri üretimi söz konusu olduğunda erkekler ölü nokta oluşturuyor. Sonuç olarak, bu, dişi hattında soyumuzu izlemek için mitokondrileri kullanabileceğimiz anlamına geliyor.

Margulis'in kuramı, mitokondrilerin ve kloroplastların ve hücre içindeki birkaç başka yapının her birinin bakterilerden

aktarılarak geldiğini savlıyor. Ökaryot hücre 2 milyar yıl kadar önce, çeşitli bakteri türlerinin birbirlerinden elde edecekleri yararı gözeterek güçlerini birleştirmeleriyle oluştu. Çağlar boyunca, ökaryot hücre halini alan bu işbirliği birimi içerisinde öylesine bütünleştiler ki, bir zamanlar ayrı bakteriler olduklarını saptayabilmek (gerçekten böyle bir şey olduysa bile) olanaksız hale geldi.

Öyle görünüyor ki, ökaryot hücre bir kez ortaya çıktıktan sonra, birçok yeni tasarım olanağı doğdu. Bizim açımızdan en önemlisiyse, milyarlarca hücreden oluşan büyük bedenler yapılabilmesiydi. Tüm hücreler ikiye ayrılarak çoğalır ve oluşan yarım hücrelerin her biri eksiksiz bir gen kümesi alır. Topluiğne başının üzerindeki bakteri örneğinde gördüğümüz gibi, hücrelerin art arda ikiye bölünmesi oldukça kısa bir süre içerisinde çok fazla sayıda hücre oluşmasına yol açar. Bir taneyle başlayarak iki hücre elde edersiniz. Bu iki hücre tekrar bölündüğünde, dört hücre olur; dört hücre de bölünerek sekiz hücre yapar. Birbiri ardınca gerçekleşen bölünmelerde hücre sayısı her seferde ikiye katlanır; 8'den 16 ve 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 elde edersiniz. İkiye katlama işlemini 20 kere yaptıktan sonra, ki bu uzun sürmez, milyonlara ulaşırsınız. İşlem 40 kere tekrarlandıktan sonra hücre sayısı bir trilyondan fazladır. Bakteriler örneğinde, birbiri ardı sıra bölünerek oluşan bakteriler kendi yollarına gider. Birçok ökaryot hücrede de aynı şey olur, örneğin amipler gibi tekhücrelilerde. Bölünme sonucu oluşan hücrelerin ayrılmayıp birlikte yaşamaya devam etmeleriyle evrim sürecinde koca bir adım atılmış oldu. Artık daha üst mertebeden yapılar ortaya çıkabilirdi; kıyas kabul etmeyecek kadar küçük bir ölçekte olsa da, tıpkı ikili dallanma yapan bilgisayar biyomorflarında olduğu gibi.

Böylece, evrim sürecinde ilk kez, büyük vücutlar oluşturabilme olanağı doğmuştu. İnsan vücudu devasa bir hücreler topluluğudur. Bu hücrelerin hepsi tek bir atadan, döllenmiş yumurtadan gelir ve bu yüzden de diğer vücut hücrelerinin kuzenleri,

çocukları, torunları, amcaları, vs. olurlar. Bizim vücutlarımızı oluşturan 10 trilyon hücreyi üreten hücre bölünme nesillerinin sayısı onlarla sayılabilir. Bu hücreler 210 kadar farklı grupta toplanabilir. Bu grupların her biri aynı gen kümesi tarafından oluşturulmuştur, fakat her hücre çeşidinde gen kümesinin farklı üyeleri çalışır. Karaciğer hücrelerinin beyin hücrelerinden, kemik hücrelerinin kas hücrelerinden farklı olmasının nedeni budur.

Çok-hücreli vücutlarda genlerin organlar yoluyla çalışması ve bu vücutların davranış biçimleri, kendi başlarına çalışan tek hücrelerde kullanılamayan çoğalma yöntemlerini ortaya çıkarır. Çok-hücreli vücutlar tek hücre ölçeğinden çok daha geniş ölçekli yollar kullanarak genlerin dünyayı değiştirmesini mümkün kılar. Genler bu geniş ölçekli, dolaylı değişimleri hücrelerin minicik ölçeği üzerindeki daha dolaylı etkiler yoluyla gerçekleştirir. Örneğin, hücre zarının biçimini değiştirirler. Sonra da, hücreler devasa popülasyonlar halinde birbirleriyle etkileşerek geniş ölçekli etki öbekleri oluşturur: bir kol ya da bacak ya da (daha dolaylı olarak) bir kunduzun yaptığı set. Bir organizmanın çıplak gözle görebileceğimiz özelliklerinin çoğuna "görünür özellikler" diyoruz. Dokuz genli bilgisayar biyomorflarının bile görünür özellikleri vardı. Gerçek hayvanlarda bu özellikler hücreler arası etkileşim sonucu ve tüm vücut düzeyinde ortaya çıkar. Bir organizma bütünsel bir birim olarak çalışır ve bir genin her kopyası ilk etkilerini içinde bulunduğu hücrede gösterse de, genlerinin organizmanın bütününü etkilediği söylenebilir.

Bir genin çevresinin çok önemli bir parçasını, nesiller boyunca birbiri ardınca gelen vücutlarda karşılaşabileceği başka genlerin oluşturduğunu gördük. Bu başka genler tür içerisinde değiş tokuşu yapılan ve birleştirilen genlerdir. Aslında, eşeysel üreyen bir türe, birlikte çalışmaya uyum sağlamış belirli bir genler kümesini farklı birleşimlerde karıştıran bir araç olarak bakabiliriz. Bu bakış açısına göre, türler, kendi türünün genle-

riyle karşılaşan ancak diğer türlerin genleriyle asla karşılaşmayan gen kümelerini sürekli kararlar. Fakat farklı türlerin genleri hücre içinde karşılaşmasalar da, bir anlamda, birbirlerinin çevresinin önemli bir parçasını oluştururlar. Bu ilişki, çoğu kez işbirliği için değildir, düşmanca amaçlar içerir. İşte, bu noktada, bu bölümün ikinci ana temasına geliyoruz: "silahlanma yarışı". Avcılar ve av arasında, asalaklar ve konakçılar arasında, hatta -bu nokta çok hassas ve burada tartışmayacağım- bir türün dişileri ve erkekleri arasındaki silahlanma yarışı.

Silahlanma yarışı, birey ömürlerinin zaman ölçeğinde değil, evrimsel süreç içerisinde gelişir. Bir hayvan soyunun (diyelim ki, avcı hayvanların) hayatta kalabilme donanımındaki -ki bu donanım sürekli evrilmektedir- iyileşmenin doğrudan sonucu olarak, başka bir hayvan soyunun (diyelim ki, av olan hayvanların) donanımındaki iyileşmeyi içerir. Bireylerin, evrimsel iyileşme kapasitesi olan düşmanlarının olduğu her yerde silahlanma yarışı vardır. Ben silahlanma yarışına büyük önem veriyorum, çünkü evrim sürecinin "ilericiliğini" güdüleyen silahlanma yarışıdır. Daha önceki önyargılarımızın tersine, evrimin içkin bir ilericilik özelliği yoktur. Hayvanların karşı karşıya kaldıkları sorunlar yalnızca iklim ve cansız çevrenin diğer koşullarından kaynaklanıyor olsaydı ne olurdu, diye düşündüğümüzde bunu görebiliriz.

Belirli bir yerde çok sayıda nesil geçtikten sonra yerel hayvanlar ve bitkiler bu yerdeki koşullara, örneğin iklim koşullarına uyum sağlar. İklim soğuksa, hayvanlarda kalın post ya da tüyler oluşmuştur. İklim kuruysa, var olan az miktar suyu koruyacak mumsu, su geçirmez deri çeşitleri evrilmiştir. Yerel koşullara uyum, vücudun her bölümünü, biçim ve rengini, iç organlarını, davranışını ve hücrelerdeki kimyayı etkiler.

Bir hayvan soyunun yaşadığı ortamın koşulları değişmeden kalıyorsa, diyelim ki iklim 100 nesil boyunca değişmeksizin sıcak ve kuraksa, bu soyun evrimi durur; en azından sıcaklık ve nem koşullarına uyumun söz konusu olduğu noktalarda. Hay-

vanlar yerel koşullara mümkün olduğunca uyum sağlar. Bu, hayvanların daha iyi olacak biçimde en başından tasarlanamayacakları anlamına gelmiyor. Bu, hayvanların *küçük* (ve dolayısıyla olasılığı yüksek) evrimsel basamaklarla kendilerini daha iyi hale getiremedikleri, "biyomorf uzamın" eşdeğeri bölgedeki *yakın* komşularının hiçbirinin daha iyi olmadığı anlamına geliyor.

Koşullar bir biçimde değişmezse, (buzul çağının başlaması, bölgedeki yağış miktarında düşüş, egemen rüzgâr yönünün değişmesi) evrim bir noktada durur. Evrimsel zaman ölçeğiyle uğraşıyorsak, böylesi değişimler görülebilir. Sonuç olarak da, normalde evrim, değişen çevreyi sürekli "izler" ve durma noktasına gelmez. Bölgenin ortalama sıcaklığında sürekli, kararlı bir düşüş, yüzyıllar boyu süren bir düşüş varsa, birbirini izleyen hayvan nesilleri kararlı bir seçilim "baskısı" tarafından, diyelim ki, daha uzun post tüyleri geliştirme yönünde itilecektir. Eğer birkaç bin yıl süren bu düşüşten sonra eğilim tersine döner ve ortalama sıcaklıklar tekrar yükselmeye başlarsa, hayvanlar yeni bir seçilim baskısı altında kalacak ve daha kısa tüyler geliştirmeye doğru itilecektir.

Buraya dek yalnızca çevrenin sınırlı bir bölümünü, iklimi ele aldık. Hayvan ve bitkiler için iklim çok önemlidir. Yüzyıllar geçtikçe iklim düzeni değişir; bu da değişimleri izleyen evrimin sürekli hareket halinde olmasını sağlar. Fakat iklim değişiklikleri gelişigüzel ve tutarsızdır. Bir hayvanın çevresinde daha tutarlı bir biçimde olumsuz yönde değişen ve "izlenmesi" gereken unsurlar da vardır. Çevredeki bu unsurlar canlı varlıkların ta kendileridir. Çakal benzeri bir avcı için, çevresinin en az iklim kadar önemli bir başka parçası da avıdır, değişen ceylan, antilop ve zebra nüfusudur. Antiloplar ve kırlarda yiyecek ot arayan diğer hayvanlar için iklim önemli olabilir fakat aslanlar, çakallar ve diğer etoburlar da önemlidir. Birikimli seçilim hayvanların iklim koşullarına uyum sağlaması için gerekeni yapar; hayvanların avcılardan kaçabilmesi ya da avların-

dan daha zeki olmaları için de gerekeni yapar. Ve, tıpkı evrimin uzun dönemli iklim değişimlerini "izlemesi" gibi, avdaki evrimsel değişimler de avcıların alışkanlıklarını ya da av silahlarındaki uzun dönemli değişimleri izler. Elbette, bunun tam tersi de doğrudur.

Bir türün "düşmanları" terimiyle -genel bir terimdir bu- türün yaşamını zorlaştıran diğer canlıları kastederiz. Aslanlar zebraların düşmanıdır. Bunu tersine çevirip, "Zebralar aslanların düşmanıdır." deyince biraz tuhaf oluyor. Bu ilişkide zebranın rolü pek masummuş ve alçaltıcı "düşman" sözcüğünün dışındaymış gibi görünebilir, fakat bir zebra, aslan tarafından yenmemek için elinden geleni yapar ve bu da aslanın bakış açısından hayatını zorlaştırır. Tüm zebralar ve otçullar amaçlarına ulaşsalar, aslanlar açlıktan ölürdü. Öyleyse, tanımımız gereği, zebralar aslanların düşmanıdır. Şeritli tenya benzeri asalaklar konakçılarının düşmanıdır; konakçılar da aslakların düşmanıdır çünkü onlara direnmek için önlem alırlar. Otoburlar bitkilerin, bitkiler de otoburların düşmanıdır: Dikenler ve zehirli ya da tatsız kimyasal maddeler imal ederler.

Hayvan ve bitki soyları evrimsel süreç içerisinde düşmanlarındaki değişimleri de, iklim koşullarını izlemede gösterdikleri azimle izler. Çitanın av silahları ve taktikleri geyiğin bakış açısından tıpkı iklimin kararlı bir biçimde kötüleşmesi gibidir ve aynı biçimde izlenir. Fakat bu ikisi arasında büyük bir fark var. İklim yüzyıllar içinde değişir ama bu değişim her zaman kötü yönde olmayabilir; iklim ceylan peşinde koşmaz. Ortalama çita da, yıllık yağış ortalaması gibi, yüzyıllar içinde değişir Fakat yıllık yağış ortalaması belirli bir neden ya da düzen olmaksızın inip çıkarken, ortalama çita, ceylan yakalamada yüzyıllar geçtikçe atalarından *daha iyi* olacaktır. Çünkü birbirini izleyen çita nesilleri, birbirini izleyen yıllık hava koşullarının tersine, birikimli seçilime tabidir. Çitalar daha çevik, daha keskin gözlü ve dişli olma eğilimindedir. İklim ve diğer cansız koşullar, ne denli "düşmanca" olursa olsunlar, daha da düşmanlaşma eğiliminde

değildir. Öte yandan, evrimsel zaman ölçeğindeki canlı düşmanların daha da düşmanlaşma eğilimi vardır.

Eğer avda da koşut bir eğilim olmasaydı, etoburların gittikçe daha "iyi" olma eğilimlerinin kısa zamanda hızı kesilirdi; tıpkı insanların silahlanma yarışında olduğu gibi (ekonomik bedel nedeniyle; buna daha sonra geleceğiz). Ve tersi. Ceylanlar da çitalardan aşağı kalmaz ve birikimli seçilime tabidir; nesiller geçtikçe daha hızlı koşma, çabuk tepki verme, uzun otlar arasına girerek görünmez olma yeteneklerini geliştireceklerdir. Ceylanlar da daha iyi düşman, bu durumda çitaların düşmanı, olma yeteneğine sahiptir. Çitaların bakış açısından, yıllık sıcaklık ortalaması yıllar geçtikçe daha sistematik olarak iyiye ya da kötüye gitmez; kusursuz bir hayvan için her değişimin kötü olması dışında... Fakat yıllık ortalama ceylan sistematik olarak daha iyiye gitme eğilimindedir -yakalaması daha zordur çünkü çitalardan kaçmaya daha iyi uyum sağlamıştır. Tekrarlayayım; eğer avcı çitalarda görülen iyileşme eğilimi olmasaydı, ceylanlardaki ilerleme eğilimi durma noktasına gelirdi. Bir taraf daha iyiye gider çünkü diğer taraf daha iyiye gitmiştir. Bunun tersi de doğru. Süreç, yüz binlerce yıllık bir zaman ölçeğinde kısır bir döngü halini alır.

Ülkeler dünyasının kısa zaman ölçeğinde, iki düşmandan her biri karşı taraftaki gelişmelere tepki olarak kendi silahlarını geliştirdiğinde bir "silahlanma yarışı" olduğundan söz ederiz. Buradaki benzeşme, terimi ödünç alabilecek kadar yakın; dilimizi böylesi açıklayıcı benzetmelerden temizlemek isteyen çalımlı bilim adamlarımızdan da özür dilemeyeceğim. Bu fikri burada yalın bir örnekle, ceylanlar ve çitalarla açıkladım. Amacım, kendisi de evrimsel değişime tabi olan canlı bir düşmanla, sistematik evrimsel değişime tabi olmayan fakat yine de değişebilen, cansız, kötü niyetli olmayan bir koşul, örneğin iklim koşulları, arasındaki önemli farkı açıklayabilmekti. Ancak itiraf etmeliyim ki, bu haklı noktayı açıklamaya çabalarken okuyucuyu başka alanlarda yanlış yönlendirmiş olabilirim. Eğer biraz düşünürseniz,

sürekli ilerleyen bir silahlanma yarışı düşüncem, en azından bir açıdan gereğinden fazla basitti. Koşma hızını ele alalım. Anlattığım biçimiyle, silahlanma yarışı kavramı ceylan ve çitaların her nesilde daha hızlanacaklarını, her ikisi de sesten hızlı hareket edene dek bu evrimin süreceğini söylüyor. Bu şimdiye dek olmadı; olmayacak da... Silahlanma yarışı konusuna devam etmeden yanlış anlamaları önlemeliyim.

Birinci çekince, çitaların av yakalama yeteneklerinde ve ceylanların avcıdan kaçınma yeteneklerinde kararlı bir artış olduğu izlenimi vermemle ilgili. Okuyucu bundan ilerlemenin karşı konulmaz olduğu, her neslin atalarından daha iyi, daha yürekli olduğu düşüncesini çıkarabilir (tutucu bir düşünce bu). Gerçek doğa hiç de böyle değil. Önemli bir ilerlemenin saptanabileceği zaman ölçeği, her koşulda, belirli bir nesli kendinden bir öncekiyle kıyaslayan zaman ölçeğinden çok çok daha uzundur. Bunun da ötesinde, bu "iyileşme" süreğen olmaktan çok uzaktır. Bu, silahlanma yarışı kavramıyla öne sürülen yönde kesinlikle "ileri" gitmek yerine duraklayan, hatta bazen "geri" giden, düzensiz bir olaydır. Bir gözlemcinin farkına varabileceği kadarıyla, koşullardaki değişimler, "iklim" gibi genel bir başlık altında topladığım cansız güçlerdeki değişimler, silahlanma yarışının yavaş ve hatalı eğilimlerini büyük olasılıkla silecektir. Silahlanma yarışında hiçbir "ilerlemenin" görülmediği ve belki de hiçbir evrimsel değişimin olmadığı uzun dönemler olabilir. Bazen de silahlanma yarışı neslin tükenmesiyle son bulur; o zaman yeni baştan bir silahlanma yarışı başlayabilir. Bütün bunları söyledikten sonra, yine de, silahlanma yarışı hayvan ve bitkilerde gördüğümüz ileri ve karmaşık mekanizmaların varlığını açıklamak üzere şimdiye dek öne sürülen en tatmin edici düşünce. Silahlanma yarışı kavramında öne sürülen türden bir "ilerleme", kesintilerle ilerlese de, net ilerleme hızı insan ömrü, hatta yazılı tarih süresi içerisinde saptanamayacak denli yavaş olsa da, gerçekten var.

Sözünü etmek istediğim ikinci çekince, "düşmanlık" dediğim ilişkinin çita ve ceylan öyküsündeki yalın ikili ilişkiden daha

karmaşık olması. İşi karıştıran noktalardan biri, bir türün iki ya da daha fazla düşmanı olabilmesi ve hatta bu düşmanların birbirlerine daha da düşmanca davranabilmeleri. İşte, yenmenin ya da biçilmenin otlara yararlı olduğu yarı-gerçeğinin altında yatan ilke bu. İnekler ot yer ve dolayısıyla otun düşmanı olarak düşünülebilirler. Fakat otların bitkiler dünyasında başka düşmanları da var: büyümeleri denetlenmediği takdirde ot için inekten daha kötü bir düşman olabilen rakip yaban otları. Otlar inek tarafından yenmekle bir şeyler kaybeder, fakat rakip yaban otları daha çok şey kaybeder. Sonuç olarak, bir çayırdaki ineğin net etkisi, otların yarar sağlamasıdır. Bu anlamda, inekler otların düşmanı değil, dostu oluyor.

Yine de, tek bir otun ineklerce yenmemesinin bu otun lehine olacağı düşünüldüğünde, inekler hâlâ otların düşmanıdır; ve -diyelim ki- kendini ineklere karşı koruyacak kimyasal bir silaha sahip her mutasyon geçirmiş bitki, kendi türünün ineklere daha leziz gelen rakip üyelerinden daha fazla tohum saçacak ve bu tohumlar kimyasal silahı yapacak talimatları içerecektir. İneklerin otlarla "dost" olmasının özel bir anlamı varsa da, doğal seçilim inekler tarafından yenmek için özel çaba harcayan otların lehine *çalışmaz*! Bu paragraftan çıkaracağımız genel sonuç ise şöyle: İnek ve ot ya da ceylan ve çita örneklerindeki gibi, iki tür arasında silahlanma yarışı olduğunu düşünmek işimizi kolaylaştırır; ancak tarafların her birinin başka düşmanları olduğunu ve bu düşmanlarla da silahlanma yarışı yürüttüğünü aklımızdan çıkarmamalıyız. Bu konunun üzerinde daha fazla durmayacağım, fakat bu tartışma, silahlanma yarışlarının neden durduğu ve sonsuza kadar sürmediğini, avlarını Mach 2 hızıyla kovalayan avcıların ortaya çıkmasına yol açmadığını açıklamak üzere genişletilebilir.

Silahlanma yarışı şeklinde ifade ettiğim yaklaşımın üçüncü çekincesi, bir çekinceden ziyade kendi başına ilginç bir konu oluşturuyor aslında. Çita ve ceylanlarla ilgili varsayımsal tartışmamda, çitaların -iklimin tersine- nesiller geçtikçe "avcılık-

ta ustalaştıklarını", daha çetin düşmanlar haline geldiklerini, ceylan öldürme yöntemlerini geliştirdiklerini söylemiştim. Fakat bu, ceylan öldürmede daha *başarılı* oldukları anlamına gelmiyor. Silahlanma yarışı kavramının özü, bu yarıştaki tarafların her ikisinin de kendi açılarından geliştiği, hayatı karşı taraf için daha zor kıldığıdır. Yarıştaki taraflardan herhangi birinin diğerinden daha başarılı ya da daha başarısız olmasını gerektiren hiçbir neden yok -en azından şimdiye dek tartıştıklarımız çerçevesinde yok. Aslında, silahlanma yarışı kavramı, en arı haliyle, yarışan tarafların her ikisinde de başarıya götürecek *donanımların* evrildiğini ancak *başarı artışının* sıfır olduğunu öne sürer. Avcıların öldürme donanımı gelişir, fakat aynı zamanda av olanlar da avlanmaktan kaçınma yöntemleri geliştirir. Dolayısıyla, başarılı avlanmaların sayısında net bir değişim görülmez.

Bundan şöyle bir anlam çıkarabiliriz: Eğer bir zaman makinesiyle, bir çağın avcıları başka bir çağın avıyla karşılaştırılsalardı, daha "modern" olan hayvanlar, ister av ister avcı olsunlar, ilkel olanlara üstün gelirlerdi. Kimilerinin, Avustralya ya da Madagaskar'dakiler gibi ırak ve yalıtılmış faunaların ilkel faunalar olarak, bir Avustralya gezisinin de zaman makinesiyle geçmişe yapılacak bir gezi olarak ele alınabileceğini varsaymasına karşın, bu asla yapılamayacak bir deney. Bu insanlar, Avustralya'daki yerli türlerin "daha eski", "modası geçmiş" modeller oldukları için dış dünyadan gelen üstün rakip ya da düşmanlar tarafından yok olmaya sürükleneceğini düşünüyor; tıpkı nükleer bir denizaltıyla çarpışan bir kadırga gibi... Ancak Avustralya faunasının "canlı bir fosil" olduğu varsayımını kanıtlamak zor. Belki düşüncelerini savunmaya kalkışabilirler ama korkarım bu, şovence bir züppeliğin zoolojik eşdeğerinden, her Avustralyalıyı şapkasının altında fazla bir şey taşımayan, kaba bir çiftçi olarak gören yaklaşımdan farklı olamayacaktır.

Donanımdaki evrim ne denli büyük olursa olsun, başarı *artışının* sıfır olması ilkesine Amerikalı biyolog Leigh van Valen o

unutulmaz "Kızıl Kraliçe etkisi" adını yakıştırdı. Lewis Carroll'un *Through the Looking Glass* (Aynanın İçinde) öyküsünde, Kızıl Kraliçe Alice'i kolundan yakalar ve kırlarda çılgınca bir koşuya sürükler. Gittikçe hızlanırlar fakat ne denli hızlı koşarlarsa koşsunlar, hep aynı yerde kalırlar. Alice'in kafası karışır: "Benim ülkemde, bu kadar uzun süre, bu kadar hızlı koşsaydık genellikle bir yerlere varırdık." Kraliçe, "Pek de yavaş bir ülkeniz varmış!" der, "*Buradaysa*, görüyorsun ya, aynı yerde kalabilmek için olabildiğince hızlı koşman gerek. Ve eğer bir yerlere varmak istiyorsan, bunun en azından iki katı hızla koşmalısın!"

Kızıl Kraliçe yakıştırması eğlenceli, fakat sözlük anlamıyla, göreli ilerlemenin matematiksel olarak kesinlikle sıfır olması anlamında alınırsa -ki böyle algılayanlar çıkabiliyor- bizi yanlış yönlere sürükleyebilir. Bir başka yanıltıcı özellikse, Alice'in öyküsünde Kızıl Kraliçe'nin söylediklerinin gerçek bir paradoks olması, gerçek fiziksel dünyada sağduyuyla bağdaşmaz olması. Fakat van Valen'in evrimsel Kızıl Kraliçe etkisi kesinlikle bir paradoks değil; sağduyuyla tümüyle bağdaşan bir etki -kuşkusuz sağduyu zekice uygulandığında.. Gelgelelim, silahlanma yarışı, tutumlu insan zihnine paradoksal değilse de bir savurganlık gibi gelecek durumlar doğurabilir.

Örneğin, ormandaki ağaçlar neden çok yüksek? Bu sorunun kısa yanıtı, tüm diğer ağaçların yüksek olduğu ve bu yüzden de kısa bir ağacın yaşayamayacağı olacaktır. Ağaç kısaysa, gölgede kalır. Temelde gerçek bu, fakat bu gerçek tutumlu bir zihni olan insanoğlunu rahatsız ediyor. Öylesine anlamsız, öylesine savurganca ki... Tüm ağaçlar gölgeyi aştığında, hepsi de aşağı yukarı aynı oranda güneşten yararlanacaktır; hiçbiri daha kısa olmayı kaldıramaz. Ama *hepsi* de daha kısa olsaydı; ormandaki gölge yüksekliğini aşağı çekmek için bir çeşit birlik anlaşması yapsalardı, bu *hepsinin* yararına olurdu. Ulaşmak için yarıştıkları güneş ışığı miktarı aynı kalırdı, fakat gölgeden kurtulmak için "ödedikleri" büyüme bedeli çok daha az olurdu. Bundan

hem tüm orman ekonomisi hem de her ağaç yararlanırdı. Ne yazık ki, doğal seçilim ekonominin bütününü falan düşünmez; kartellere ve birlik anlaşmalarına da aldırmaz. Nesiller boyunca, orman ağaçlarının gittikçe büyüdüğü bir silahlanma yarışı yapılagelmiştir. Bu silahlanma yarışının hiçbir aşamasında uzun olmanın içkin bir yararı yoktu. Silahlanma yarışının her aşamasında uzun olmanın tek yararı, komşu ağaçlara göre *daha* uzun olmaktı.

Silahlanma yarışı sürdükçe, ormanın gölgeliğini oluşturan ağaçların ortalama uzunluğu arttı. Ama ağaçların uzun olmakla elde edeceği yarar artmadı. Hatta azaldı, çünkü büyümenin bedeli arttı. Birbirini izleyen ağaç nesilleri uzadıkça uzadı, ama, bir anlamda, oldukları gibi kalsalardı daha iyi olabilirdi. İşte, Alice ve Kızıl Kraliçe ile bu noktada birleşiyorlar, fakat ağaçlar örneğinde bunun aslında bir paradoks olmadığı görülebiliyor. Silahlanma yarışlarının -insanlarınki dahil- genel özelliği, yarışın hızlanmamasının her zaman daha iyi olacağıdır. Taraflardan biri hızlandığında diğeri de yarışta kalabilmek için hızını artırmak zorundadır. Bu arada, bu öyküyü anlatışımın çok yalın olduğunu bir kez daha belirteyim. Bu öyküyü, her bir nesilde ağaçların bir önceki nesle kıyasla kesinlikle daha uzun olduğunu ya da silahlanma yarışının hâlâ sürdüğünü öne sürmek için anlatmadım.

Ağaçlar örneğinin gösterdiği bir başka nokta da silahlanma yarışının farklı türlerin bireyleri arasında olması gerekmediği. Bir ağaç diğer türlere olduğu kadar kendi türünün üyelerine de gölge yaparak zarar verebiliyor. Aslına bakarsanız, kendi türünün bireylerine daha çok zarar veriyor, çünkü tüm organizmalar kendi türünün bireyleriyle daha sıkı yarışır. Bir organizma kendi türünün üyeleriyle, diğer türlerin üyelerine kıyasla, aynı kaynaklar için çok daha ayrıntılı bir düzeyde yarışır. Bir türün içinde de dişi ve erkek bireyler, ebeveyn ve çocuk bireyler arasında da silahlanma yarışı var. Bunları *Gen Bencildir* adlı kitabımda tartıştım; bu yüzden burada bir kez daha ele almayacağım.

Ağaçlar öyküsü iki çeşit silahlanma yarışı arasında önemli bir genel ayrım yapmama olanak sağlıyor: bakışımlı ve bakışımsız silahlanma yarışı. Bakışımlı silahlanma yarışı, hemen hemen aynı şeyi yapmaya çalışan yarışmacılar arasında geçen yarış. Işığa ulaşmaya çalışan orman ağaçları arasındaki silahlanma yarışı bunun bir örneği. Farklı ağaç türleri yaşamlarını aynı biçimde kazanmayabilir, fakat sözünü etmekte olduğumuz yarışta -gölgeliği aşarak ışığa ulaşmak- aynı kaynağa ulaşmak için rekabet eder. Bir tarafın başarısının diğer tarafın başarısızlığı olduğu bir silahlanma yarışını sürdürürler. Ve bu, bakışımlı bir silahlanma yarışıdır çünkü her iki taraf için de başarı ve başarısızlığın doğası aynıdır: gün ışığına ulaşmak başarı, gölgede kalmak ise başarısızlık.

Ancak, çita ve ceylan arasındaki silahlanma yarışı bakışımsızdır. Bu da, bir tarafın başarısının diğer tarafın başarısızlığı olduğu gerçek bir silahlanma yarışıdır, fakat tarafların başarı ve başarısızlığının doğası çok farklıdır. Taraflar farklı şeyler yapmaya "çalışmaktadır". Çitalar ceylanları yemeye çalışır. Ceylanlarsa, çitaları yemeye çalışmaz; çitalar tarafından yenmemeye gayret eder. Evrimsel bir bakış açısından, bakışımsız silahlanma yarışları daha ilginçtir, çünkü böylesi yarışlarda karmaşık silah sistemlerinin ortaya çıkma olasılığı daha fazladır. Bunun nedenini görebilmek için insanoğlunun silah teknolojisinden örnekler alalım.

Örnek olarak ABD ve eski SSCB'yi kullanabilirdim ama belirli ülkelerden söz etmeye gerek yok. Endüstrisi gelişmiş herhangi bir ülkede şirketlerin imal ettiği silahları alacak çok sayıda ülke vardır. Exocet tipi yüzey tarayıcı roket benzeri başarılı bir saldırı silahının varlığı etkin bir karşıt önlemin keşfini davet eder: Örneğin, roketin denetim sistemini "karıştıracak" bir roketsavar. Bu karşıt tedbir büyük olasılıkla düşman bir ülke tarafından imal edilmez, pekâlâ aynı ülkede, hatta aynı şirket tarafından yapılmış olabilir! Belirli bir roket için bir roketsavar tasarlayabilecek en iyi donanım, en başta roketi yapan şirkette

olacaktır. Bir şirketin hem roket hem de roketsavar üretmesini ve bunları şavaşan iki karşıt tarafa satmasını olanaksız kılacak hiçbir içsel neden yok. Böyle olayların olduğundan kuşkulanıyorum ve bu da *donanım* gelişirken net gelişimin *etkinliğinin* değişmediği (bu arada masraflar da artıyor) tezini canlı bir biçimde vurguluyor.

İlginçtir, şu andaki bakış açımızda, insanlar arasındaki bir silahlanma yarışının karşıt taraflarındaki üreticilerin birbirlerine düşman şirketler ya da aynı şirket olup olmadıkları sorusu konumuzla ilişkili değil. Önemli olan, üreticilerine bakılmaksızın, silahların kendilerinin, bu bölümde tanımladığım anlamda, birbirlerinin düşmanı olduklarıdır. Roket ve roketsavar birbirlerinin düşmanıdır, çünkü birinin başarısı diğerinin başarısızlığını gerektirir. Tasarımcıların düşman olup olmadığı, düşman olduklarını varsaymak kolayımıza gelse de, hiç önemli değil.

Buraya dek, bu örneği vermemizin asıl nedeni olan evrimsel, ilerlemeci yönüne değinmeksizin roket ve özgün panzehirini tartıştık. Burada önemli olan, bir roket tasarımının yalnızca uygun bir panzehirin, bir roketsavarın keşfini getirmekle kalmayıp, roketin tasarımında da bir ilerlemeyi davet ediyor olması: panzehire karşı çıkabilecek bir roketsavar-savar. Sanki, roketteki her gelişme, panzehir üzerindeki etkisi yoluyla roketin *kendisindeki* bir sonraki gelişmeyi güdülüyormuş gibi... Bu, patlamalı, taşkın evrimin tarifi.

Buluşlar ve karşı-buluşlarla geçen, dengenin bir o taraf bir bu taraf lehine değiştiği bir süreç sonunda, hem roket hem de panzehiri yüksek bir karmaşıklık düzeyine ulaşmış olur. Ama yine de silahlanma yarışındaki tarafların işlerinde yarışın başlangıcındakinden daha başarılı olmasını beklememiz için hiçbir genel neden yoktur -işte Kızıl Kraliçe etkisi tekrar karşımıza çıkıyor. Hem roket hem de panzehiri aynı hızla gelişiyorsa, en son, en gelişkin ve karmaşık olanların çağdaş karşı-cihazlar karşısında en baştaki, en ilkel ve basit olanlar kadar başarılı olmasını bekleyebiliriz. Tasarımda ilerleme olmuş ancak yapılan

işte ilerleme olmamıştır, çünkü silahlanma yarışındaki iki tarafta da tasarımın ilerleyişi eşittir. Daha doğrusu, tasarımdaki karmaşıklığın bu denli ilerlemesinin nedeni, her iki tarafın gelişiminin aşağı yukarı aynı olmasıdır. Eğer taraflardan biri, örneğin roketsavar, tasarım yarışında çok öne geçerse, diğer taraf, örneğimizde roket, kullanımdan kalkar ve artık imal edilmez; "soyu tükenmiştir". Silahlanma yarışı bağlamındaki Kızıl Kraliçe etkisi baştaki Alice örneği gibi bir paradoks oluşturmaktan çok uzaktır ve ilerlemeci gelişim fikrinin temel bir unsurudur.

Bakışımsız silahlanma yarışlarının ilginç ilerlemeci gelişimlere yol açma olasılığının bakışımlılarınkinden daha fazla olduğunu söylemiştim. Şimdi, insan elinden çıkma silahları örnek vererek bunun neden böyle olduğunu görebiliriz. Bir ülkenin 2 megatonluk bir bombası varsa, hasım ülke 5 megatonluk bir bomba yapacaktır. Bu, birinci ülkeyi 10 megatonluk bir bomba yapmaya iter; ikinci ülke de 20 megatonluk bomba üretmek zorundadır; böylece sürer gider... Bu gerçek bir ilerlemeci silahlanma yarışıdır: Bir tarafın her adımı diğer tarafı karşı-adım atmaya iter ve bir özelliğin gittikçe artmasıyla sonuçlanır -örneğimizde, bombaların patlayıcı gücü. Fakat, böylesi bir bakışımlı silahlanma yarışında tasarımlar arasında ayrıntılı, bire bir ilişki yoktur; roket ve roketsavar arasındakine benzer bakışımsız bir silahlanma yarışında olduğu gibi tasarım ayrıntıları birbirini "kavramamış", birbiri içine geçmemiştir. Roketsavar, roketin belirli özelliklerini yenmek üzere tasarlanmıştır; panzehirin tasarımcısı roket tasarımının en ince ayrıntılarını dikkate alır. Panzehirin karşıtı tasarlanırken de, bir sonraki roket neslinin tasarımcısı, bir önceki neslin panzehirinin tasarım ayrıntılarına ilişkin bilgisini kullanır. Bu, megatonajı gittikçe artan bombalar için geçerli değildir. Aslına bakarsınız, bir tarafın tasarımcıları karşı tarafın iyi fikirlerini çalabilir, tasarım özelliklerini taklit edebilir. Fakat bu bir ayrıntıdır. Bir Amerikan bombasının özgün ayrıntılarıyla bire bir ilişkili olmak, bir Rus bombasının ta-

sarımının gerekli bir parçası değildir. Birbirini izleyen bir dizi silah ve bu silahların özgün panzehirleri arasındaki bakışımsız bir silahlanma yarışında, nesiller boyunca, gittikçe artan bir karmaşıklık ve inceliğe yol açan bire bir ilişkilerdir.

Canlılar dünyasında da, bir tarafın adımlarının daima bire bir olarak diğer tarafın eşit derecede başarılı *panzehirleri* (rakipleri) olarak ile eşleştiği uzun bir bakışımsız silahlanma yarışının son ürünlerine ne zaman baksak, karmaşık ve incelikli bir tasarım bulmayı beklemeliyiz. Bunun, avcıyla avı arasındaki ve asalakla konakçısı arasındaki silahlanma yarışında geçerli olduğu çok açık; hatta asalak-konakçı arasındaki yarışta daha da açık. II. Bölüm'de tartıştığımız yarasaların elektronik ve akustik silah sistemi, uzun süren bir silahlanma yarışının son ürünlerinden bekleyeceğimiz ince ayarlanmış karmaşıklığı içeriyor. Karşıt tarafta da aynı silahlanma yarışını gözlememiz hiç de şaşırtıcı değil. Yarasaların avladıkları böceklerin de yarasalarla kıyaslanabilir, karmaşık bir elektronik ve akustik donanımı var. Bazı gece kelebekleri yarasanın çıkardığı seslere benzer sesler (sesötesi) çıkarıyor ve yarasaları atlatabiliyor. Neredeyse tüm hayvanlar ya başka hayvanlara av olma ya da başka hayvanları avlayamama tehlikesi içerisindedir ve hayvanlarla ilgili ayrıntıların büyük bir kısmı yalnızca onların uzun süren, çetin bir silahlanma yarışının son ürünleri olduklarını hatırladığımızda anlam kazanır. H. B. Cott 1940'ta yayımlanan *Animal Coloration* (Hayvanlarda Renk) adlı klasikleşmiş eserinde -ki biyolojide silahlanma yarışı benzetmesinin ilk basılı anlatımını içerir- bu noktayı gayet güzel açıklamış:

> Bir çekirge ya da bir kelebeğin aldatmacaya yönelik görüntüsünün gereksiz ayrıntılarla dolu olduğunu söylemeden önce böceklerin doğal hasımlarının algılama ve ayırt etme yetilerinin neler olduklarını ortaya koymalıyız. Bunu yapmamak, düşman teçhizatının yapısını ve etkinliğini hiç sorgulamadan bir savaş gemisinin fazlasıyla ağır ya da top-

larının menzilinin çok uzun olduğunu ileri sürmeye benzer. Gerçek şu ki, nazik ve uygar savaşlarımızda olduğu gibi, ormandaki ilksel mücadelede de büyük bir evrimsel teçhizat yarışının sürmekte olduğunu görürüz. Bu yarışın sonuçları savunma tarafı için hız, tetikte olma, zırh, dikenler, tünel açma, gece yaşama, zehirli salgılar, kötü tat, kamuflaj ve diğer renkle korunma türleridir; saldırgan tarafın karşı özellikleri ise hız, şaşırtmaca, pusu, cezbetme, keskin gözler, pençeler, dişler, iğneler, zehirli dişler ve yemle kandırma olabilir. Kovalanan hayvanın hızının kovalayanın hızına bağlı olarak ya da koruyucu zırhın saldırı silahlarına bağlı olarak gelişmesi gibi, gizlenme yöntemlerinin mükemmelliği de algılama yetisinin artmasına tepki olarak gelişmiştir.

İnsan teknolojisinin silahlanma yarışları çok daha hızlı olduğundan, incelenmeleri biyolojik eşdeğerlerinin incelenmesinden daha kolaydır. Yıllar geçer ve bu yarışlar sürer gider; bunu açıkça görebiliriz. Öte yandan, biyolojik bir silahlanma yarışında, genelde yalnızca son ürünleri görebiliriz. Nadiren, ölü bir hayvan ya da bitki fosilleşir. İşte o zaman, bir hayvanın silahlanma yarışında geçirdiği aşamaları, biraz dolaylı yoldan da olsa izlemek mümkün olur. Bunun en ilginç örneklerinden biri, fosilleşmiş hayvanların beyin büyüklüklerinde yaşanmıştır ve elektronik silahlanma yarışıyla ilintilidir.

Beyinler fosilleşmez, fakat kafatasları fosilleşir. Eğer beyni barındıran boşluk dikkatle yorumlanırsa, beynin büyüklüğünün iyi bir göstergesi olabilir. "İyi yorumlanırsa" dedim. Bu son derece önemli bir çekince. Bir sürü sorundan biri de şu: Büyük hayvanların genelde büyük beyinleri olur, çünkü bu hayvanlar büyüktür. Ancak bu, daha akıllı oldukları anlamına gelmiyor. Fillerin beyni insanlarınkinden büyük, ancak bizim fillerden daha akıllı olduğumuzu ve çok daha küçük hayvanlar olduğumuzu göz önüne alırsak, beyinlerimizin "aslında" daha

büyük olduğunu düşünmekten hoşlanırız -bunda pek de haksız sayılmayız. Kafataslarımızın çıkık biçimi de gösteriyor ki, bizim beyinlerimizin vücudumuza oranı fillerinkine kıyasla çok daha fazla. Bu yalnızca türümüzün kibirliliği değil. Her beynin önemli bir bölümü vücuttaki rutin işlemleri yerine getiriyor ve büyük bir vücuda büyük bir beyin gerekiyor. Yalnızca vücut büyüklüğüne bağlanabilecek beyin bölümünü hesaplayacak bir yol bulmamız gerekiyor; öyle ki, geri kalan bölümü hayvanların gerçek "kafalılığı" olarak kıyaslayabilelim. Bu, gerçekten kafalı olmakla ne kastettiğimizi tam olarak tanımlamak için iyi bir yol bulmamız gerektiği anlamına geliyor. Birçok farklı yol önerilebilir, fakat bu konudaki en yetkin gösterge, beyin tarihi konusunda Amerika'nın en yetkilli uzmanlarından biri olan Harry Jerison'un kullandığı "ansefalizasyon kesri" ya da EQ.

Aslında EQ oldukça karmaşık bir yolla hesaplanıyor: Beyin ve vücut ağırlıklarının logaritmaları alınıyor, ana gruplardan birine, örneğin memelilere ait ortalama değerlere göre standart bir düzeye getiriliyor. Tıpkı insan psikologlarının kullandığı (ya da kullanmayı beceremediği) "zekâ kesri"nin ya da IQ'nun tüm popülasyona göre standart düzeye getirilmesi gibi, EQ'da tüm memelilere göre standartlaştırılıyor. Tıpkı 100 değerindeki bir IQ'nun tanım gereği tüm popülasyonun ortalamasına eşit olması gibi, 1 değerindeki bir EQ da tanım gereği aynı büyüklükteki memelilerin beyin ağırlığının ortalamasına eşit oluyor. Kullanılan matematiksel yöntemin ayrıntıları önemli değil. Başka bir deyişle, vücut büyüklüğü bilinen, bir gergedan ya da kedi gibi bir türün EQ'su hayvanın beyninin beklediğimizden ne kadar büyük (ya da küçük) olduğunun bir ölçütüdür. Elbette bu beklentinin nasıl hesaplandığı tartışmaya ve eleştiriye açıktır. İnsanların EQ'sunun 7, gergedanlarınkinin de 0,3 olması, insanların gergedanlardan 23 misli akıllı oldukları anlamına gelmez! Fakat ölçülen EQ büyük olasılıkla bir hayvanın -büyük ya da küçük- vücudunun rutin işleyişini sağlamak için gerekenin dı-

şında, kafasındaki "hesaplama gücünün" ne kadar olduğu konusunda bir şeyler söyler.

Çağdaş memeliler arasında ölçülen EQ'lar çok değişkendir. Farelerin EQ'su 0,8 dolayındadır, yani tüm memelilerin ortalamasının biraz altında. Sincaplarınki biraz daha yüksektir: yaklaşık 1,5. Belki de, ağaçların üçboyutlu dünyası isabetli sıçramaları denetlemek üzere daha fazla hesaplama gücü gerektirmektedir, hatta daha ileri gidip gitmedikleri bilinmeyen dallar kümesi içinden geçen yollar düşünmek için daha da fazlası gerekmektedir. Maymunlar ortalamanın epey üzerindedir; insansımaymunlar (ve biz) daha da üstünde... Maymunlar arasında bazılarının EQ'larının diğerlerinden daha yüksek olduğu görülüyor; ilginçtir, bu, maymunların karınlarını nasıl doyurduklarıyla bir biçimde bağlantılı: Böcek yiyen ve meyve yiyen maymunların beyinleri vücut büyüklüklerine oranla yaprak yiyenlerinkinden daha büyük. Bir hayvanın etrafta bol olan yaprakları bulabilmesi için gereken hesaplama gücünün, meyveleri arayarak bulmak ya da kendilerinden kaçabilecek donanıma sahip böcekleri yakalamak için gerekenden daha az olduğunu söylemek hiç de anlamsız olmayacak. Ne yazık ki, artık, öykünün aslının daha karmaşık olduğunu ve metabolizma hızı gibi başka değişkenlerin daha da önemli olabileceğini biliyoruz. Memeliler arasında, etoburların EQ'su, avladıkları otoburlarınkinden biraz daha yüksek. Okuyucu bunun nedeni konusunda fikir yürütebilir fakat bu fikirleri sınamadan geçirmek çok zor. Her neyse, neden ne olursa olsun, bu bir olgu gibi görünüyor.

Günümüz hayvanları hakkında bu kadar konuşmak yeter. Jerison'un yaptığı, artık yalnızca fosil olarak bulunan soyu tükenmiş hayvanların olası EQ'larını hesaplamaktı. Kafatasının içinin alçıdan dökümlerini yaparak beyin büyüklüğünü kestiriyordu. Bu yöntemde epey tahmin kullanılıyor fakat hata payı çalışmanın tümünü gözden çıkaracak denli fazla değil. Alçıdan model yapma yöntemi günümüz hayvanları kullanılarak denet-

lenebilir. Günümüz hayvanlarından birinin kurutulmuş kafatasını bir fosilmiş gibi ele alırız, yalnızca bu kafatasını ve alçı modeli kullanarak beynin büyüklüğünü tahmin ederiz, sonra da tahminimizin ne denli doğru olduğunu görmek için gerçek beyinle karşılaştırırız. Günümüz kafataslarıyla yapılan bu denemeler Jerison'un uzun süre önce yok olmuş beyinlerle ilgili tahminlerine güven duymamız gerektiği sonucunu veriyor. Jerison'un birinci vargısı, beyinlerin milyonlarca yıl geçtikçe büyüme eğiliminde olduğuydu. Herhangi bir zamanda, o zamanın otoburlarının beyni, onları yiyen çağdaşları etoburlarınkinden daha küçük olma eğilimindeydi. Fakat daha sonraları otoburların beyinleri ilk otoburlara kıyasla büyüme eğilimine girdi; bundan sonra da etoburların beyinleri ilk etoburlara kıyasla büyüdü. Fosillerde, etoburlarla otoburlar arasında bir silahlanma yarışı, daha doğrusu tekrar tekrar başlayan bir dizi silahlanma yarışı görebiliyoruz. Bu, özellikle insanlardaki silahlanma yarışına koşut, çünkü beyin hem etoburların hem de otoburların vücutlarına kurulu bir bilgisayar ve günümüzde elektronik, insanların silah teknolojisinde kullandıkları, en hızlı gelişen öğe.

Silahlanma yarışları nasıl son bulur? Bazen taraflardan birinin soyu tükenir; bu durumda diğer tarafın belirli yöndeki evrimi durur, hatta büyük olasılıkla, az sonra tartışacağımız ekonomik nedenlerden dolayı "geriler". Bazen de, ekonomik baskılarla silahlanma yarışı, taraflardan biri kalıcı olarak önde olsa da, kararlı bir noktaya gelir. Örneğin, koşma hızını ele alalım. Bir çitanın ya da ceylanın koşma hızının bir sınırı olmalı; fizik yasalarının belirleyeceği bir sınır. Ancak, ne çitalar ne de ceylanlar bu sınıra ulaşamamışlar. Her ikisi de ekonomik olduğunu düşündüğüm daha alt bir sınırda kalmışlar. Yüksek hız teknolojisi ucuz değil. Bu teknoloji uzun bacak kemikleri, güçlü kaslar, geniş akciğerler gerektiriyor. Hızlı koşmak zorunda olan her hayvanın bunlara gereksinimi var, fakat bunların satın alınmaları gerekiyor; fiyatları da durmadan artıyor. Bu fiyat, ekono-

mistlerin deyimiyle, "fırsat maliyeti" olarak ölçülüyor. Bir şeyin fırsat maliyeti, o şeye sahip olabilmek için gözden çıkardığınız tüm öbür şeylerin toplamıdır. Çocuğunuzu paralı, özel bir okula göndermenin maliyeti, bunun sonucu olarak satın alamayacağınız şeylerin hepsidir: yeni otomobil, güneşin altında tatil (bütün bunları rahatlıkla satın alabilecek kadar zenginseniz, çocuğunuzu özel okula göndermenin fırsat maliyeti hemen hemen sıfır olacaktır). Bir çita için daha güçlü bacak kasları geliştirmenin maliyeti, bu bacak kaslarını yapmada kullandığı malzeme ve enerjiyle *yapabileceği* diğer şeylerin tümüdür: örneğin, yavruları için daha fazla süt.

Çitaların kafalarında masraf bilançoları yaptıklarını söylemek istemiyorum kuşkusuz! Bütün bunlar bildiğimiz doğal seçilim tarafından kendiliğinden yapılıyor. Bacak kasları o denli güçlü olmayan rakip bir çita pek hızlı koşamayabilir, fakat fazla süt yapmaya ayıracağı kaynakları vardır ve belki de bir başka yavru daha büyütebilir. Koşma hızı, süt üretimi ve bütçedeki öbür kalemler arasındaki en doğru bileşimi bulabilmelerini sağlayan genlere sahip çitalar daha fazla yavru yetiştirecektir. Süt üretimi ve koşma hızı arasındaki en doğru bileşimin ne olduğu çok açık değil. Bunun farklı türlerde farklı farklı olacağı su götürmez ve hatta aynı tür içerisinde bile değişiklikler gösterebilir. Kesin olan tek şey, bu çeşit bileşimlerin kaçınılmazlığıdır. Ne zaman ki, çitalar ve ceylanlar göze alabilecekleri en yüksek koşma hızına ulaşırlar, işte o zaman aralarındaki silahlanma yarışı son bulur.

Durdukları noktalarda bu hayvanlar eşit düzeyde olmayabilirler. Av olan hayvanların savunma silahlarına ayırdığı bütçe payı, avcı hayvanların saldırı silahlarına ayırdığından daha fazla olabilir. Bunun nedenlerinden biri, bir Aisopos masalında öyküsünde özetlenmiş: Tavşan, tilkiden daha hızlı koşar çünkü tavşan can havliyle kaçmakta fakat tilki akşam yemeği peşinde koşturmaktadır. Ekonomide bu, kaynaklarını başka projelere kaydıran bir tilkinin, kaynaklarının tümünü avlanma teknoloji-

sine harcayan bir tilkiden daha iyi durumda olması demek. Öte yandan, tavşan popülasyonunda, ekonomik üstünlük dengesi hızlı koşmaya çok kaynak harcayan tavşanlara doğru kayıyor. Ekonomik açıdan dengelenmiş olan bu bütçelerin tür *içerisindeki* sonucu, türler *arasındaki* silahlanma yarışında türlerden birinin önde olması ve her iki taraf için de istikrarlı bir konuma gelmesi oluyor.

Silahlanma yarışını dinamik gelişim içinde gözleyebilme olasılığı pek yok, çünkü günümüz gibi jeolojik zamanın belirli bir "anında" işler halde olması olasılığı düşük. Fakat günümüzde gördüğümüz hayvanlar geçmişte sürdürülmüş bir silahlanma yarışının son ürünleri olarak yorumlanabilir.

Bu bölümün iletisini özetleyeyim. Genler içsel özellikleri için değil, çevreleriyle olan etkileşimleri nedeniyle seçilir. Bir genin çevresinin özellikle önemli bir bileşeni diğer genlerdir. Diğer genlerin özellikle önemli olmasının genel nedeni, evrim sürecinde nesiller geçtikçe değişmeleridir. Bunun iki ana sonucu var.

Birincisi, diğer genlerin değişmesi, işbirliğinin üstünlük sağladığı bir ortamda, karşılaşma olasılığı olan diğer genlerle işbirliği yapma özelliğine sahip genlerin yeğleneceği anlamına geliyor. Bu özellikle aynı tür içindeki genler için doğru, çünkü bir tür içerisindeki genler sık sık aynı hücreyi paylaşabilir. Bu, birbirleriyle işbirliği içinde çalışan büyük hücre gruplarının, sonunda da işbirliği girişiminin ürünü olarak vücutların evrilmesine yol açmış. Bir vücut, bir gen kooperatifi tarafından bu kooperatifin her üyesinin kopyalarının korunması amacıyla yapılmış büyük bir araç, bir "hayatta kalma makinesi"dir. Genler işbirliği yapar, çünkü sonuç -hayatta kalma ve ortak vücudun üremesi- hepsi için yararlı olacaktır ve çünkü doğal seçilimin her bir genin üzerinde çalıştığı çevrenin önemli bir parçasını oluştururlar.

İkincisi, işbirliğinin üstünlük sağladığı koşullar da vardır. Genler, jeolojik zamandaki yürüyüşlerini sürdürürken düşmanlığın yarar sağladığı koşullarda da birbirleriyle karşılaşabilirler.

Bu, özellikle -yalnızca onlara özgü olmasa da- farklı türlerin genleri için doğrudur. Farklı türlerin genleri birbirleriyle karışmaz, çünkü üyeleri birbirleriyle çiftleşemez. Seçilmiş bir türün genleri, başka bir türün genlerinin seçildiği bir çevre oluşturduklarında, sonuç genellikle evrimsel bir silahlanma yarışıdır. Yarışın taraflarından birinin (diyelim ki avcılar) yeni bir genetik gelişiminin seçilmesi, çevreyi diğer tarafın (av) genlerinin seçimi açısından değiştirir. Evrimin görünürdeki ilerlemeci niteliğinin, gittikçe artan koşma hızının, uçma becerisinin, keskin göz ve kulakların, vs. evriminin asıl sorumluları bu çeşit silahlanma yarışlarıdır. Bu silahlanma yarışları sonsuza dek sürmez; örneğin, belli bir hayvan açısından daha fazla gelişim ekonomik anlamda fazlasıyla masraflı olmaya başladığında, bir dengeye ulaşır.

Bu zorlu bir bölüm oldu ama kitapta yer alması da gerekiyordu. Bu bölümü koymasaydım, doğal seçilimin yalnızca yıkıcı bir süreç, bir ayıklama süreci olduğu hissine kapılacaktınız. Doğal seçilimin iki yolla *yapıcı* bir güç olabileceğini gördük. Bu yollardan biri, tür içerisindeki işbirliği ilişkilerini kapsıyor. Temel varsayımımız, genlerin türün gen havuzunda kendi sayılarını çoğaltmaya çalışan, "bencil" varlıklar olduğu. Fakat bir genin çevresi, büyük ölçüde, aynı gen havuzunda seçilmekte olan diğer genlerden oluştuğu için, genler aynı gen havuzundaki diğer genlerle iyi işbirliği yapmakla üstünlük sağlar. Aynı amaca ulaşmak için birlikte çalışan büyük hücre kümelerinin, ilksel çorba içerisinde debelenen tek tek kopyalayıcılar yerine vücutların evrilmiş olmasının nedeni budur.

Vücutlar birleşik ve bağdaşık bir amaç geliştirmiştir, çünkü genler aynı tür içerisindeki diğer genlerin oluşturduğu bir ortamda seçilir. Genler farklı türlerdeki diğer genlerin oluşturduğu ortamda da seçildikleri için de silahlanma yarışları gelişir. Ve, silahlanma yarışları, evrimi "ilerlemeci", karmaşık "tasarım" olarak adlandırdığımız yöne doğru sürükleyen diğer büyük güçtür. Silahlanma yarışları içsel olarak kararsız, taşkın görü-

nür. Bir anlamda amaçsız ve sonuçsuz bir geleceğe doğru giderler; bir anlamda da ilerlemecidirler ve bizleri, yani gözlemcileri her zaman büyülerler. Bundan sonraki bölümde, patlamalı, taşkın evrimin oldukça özel bir vakasını, Darwin'in eşeysel seçilim olarak adlandırdığı olayı ele alacağız.



Patlamalar ve Sarmallar

İnsanoğlu uslanmaz bir benzetmecidir. Bizler çok farklı süreçler arasındaki ufak benzerliklerde bir anlam bulmaya çalışırız. Panama'da bir günümün büyük bir kısmını çok kalabalık iki yaprak kesici karınca kolonisinin çarpışmasını seyrederek geçirdim ve bacaklarla kaplı savaş alanını Passchendaele'in fotoğraflarıyla karşılaştırmaktan kendimi alamadım. Topları ve barut kokularını duyacaktım neredeyse. İlk kitabım *Gen Bencildir* yayımlandıktan kısa bir süre sonra, iki din adamından mektup aldım. İkisi de, birbirlerinden bağımsız, kitaptaki düşüncelerle ilk günah öğretisi arasında benzerlik kurmuşlardı. Darwin, evrim fikrini sayısız nesiller boyunca vücut biçimini değiştiren canlılara uygulamıştı. Ondan sonra gelenler, her şeyde evrim görmeye meylettiler: evrenin değişen biçi-

minde, insan uygarlığının gelişim "aşamalarında", etek boyu modasında... Böylesi benzetmeler bazen çok verimli olabilir, fakat benzetmede aşırıya kaçmak ve yararsız, hatta zararlı olabilecek kadar yüzeysel benzetmelerle heyecana kapılmak çok kolaydır. Ben de tuhaf mektuplardan payımı aldım ve buna alışmaya başladım bile. Bir şey öğrendim: Abesle iştigal eden tuhaf insanların alameti farikalarından biri de benzetmeye aşırı hevesli olmalarıdır.

Öte yandan, bilimin en büyük adımlarından bazıları, akıllı birinin henüz gizemini koruyan bir konuyla bilinen bir konu arasında kurduğu benzerlik sonucu atılmıştır. İşin püf noktası, gereğinden fazla, gelişigüzel benzetmeler yapmakla verimli benzetmelere karşı gözlerini tümden kapamak arasında bir denge noktası bulabilmektir. Başarılı bilim adamı ve saçmalayan tuhaf adam birbirlerinden heyecanlarının niteliği ile ayrılırlar. Uygulamada bu, benzerlikleri *görebilme* farkı olarak değil, aptalca benzetmeleri *reddederek* yararlı olanlarını benimseme farkı olarak kendini gösterir. Bu noktada bilimsel ilerleme ve Darwinci evrimsel seçilim arasında da aptalca ya da verimli olabilecek bir başka benzetme daha yaptığımız gerçeğini es geçip bu bölümle ilgili konuya gelelim. Esinlendirici olduğunu düşündüğüm ancak, dikkatli olunmadığı takdirde aşırıya götürebilecek, birbiriyle iç içe iki benzeşimden söz edeceğim. Birincisi, patlamalara benzeyen çeşitli süreçler arasında kurduğum bir benzerlik. İkincisi ise, gerçek Darwinci evrimle kültürel evrim denilen şey arasındaki benzerlik. Bu benzeşimlerin verimli olacağına inanıyorum -yoksa onlara koca bir bölüm ayırmazdım. Ancak, bir taraftan okuyucuyu da uyarmalıyım.

Patlamaların bizi ilgilendiren özelliği, mühendislerin "düz geribesleme" dedikleri şey. Düz geribeslemeyi en iyi zıddıyla, yani ters geribeslemeyle kıyaslayarak anlayabiliriz. Ters geribesleme otomatik kontrol ve düzenleme sistemlerinin birçoğunun temel ilkesidir ve en iyi bilinen örneklerinden biri de Watt buhar makinesidir. Bir motorun işe yaraması için devir gücünün

sabit olması gerekir; ayrıca, devir gücü yapılacak iş için -öğütme, pompalama, dokuma, vs.- doğru değerde olmalıdır. Watt öncesinde, sorun dönme hızının buhar basıncına bağlı olmasıydı. Ateşi besleyin, motor hızlanır. Fakat bu, sabit bir hareket gerektiren bir öğütücü ya da dokuma tezgâhı için pek iyi bir durum değildi. Watt'ın düzeneği pistona buhar girişini ayarlayan otomatik bir vanaydı.

Buradaki dahiyane fikir şuydu: Vana devir hareketine bağlıydı ve motor hızlandıkça buharı kısıyordu; motor yavaş çalışırken de vana açılıyordu. Dolayısıyla, gereğinden yavaş çalışan motor kısa süre sonra hızlanıyor, gereğinden hızlı çalışan motorsa yavaşlıyordu. Buhar makinesinin motor hızını ölçme biçimi basit fakat etkiliydi; bu ilke günümüzde hâlâ kullanılıyor. Motor milinin hareket ettirdiği mafsallı kollara bir çift gülle bağlı. Motor mili hızlı döndüğünde bu gülleler merkezkaç kuvvet nedeniyle milden uzaklaşıyor. Mil yavaş dönerken mile yaklaşıyorlar. Mafsallı kollar doğrudan buhar vanasına bağlanıyor. İyi ayarlandığında, Watt buhar makinesi ocaktaki yanmada oynamalar olmasına karşın bir buhar motorunu sabit hızda tutabiliyor.

Watt'ın buhar makinesinin temelinde yatan ilke, ters geribeslemedir. Motor çıktısı (bu durumda devir hareketi), buhar vanasından geçerek, motora geri verilir. Geribesleme *terstir* çünkü yüksek çıkış (güllelerin hızlı dönmesi) motor girdisi üzerinde (buhar girişi) ters (olumsuz) etki yapar. Tam tersine, çıkışın düşük olması (güllelerin yavaş dönmesi) girdiyi (buhar girdisi) artırır. Her iki durumda da olay tersine çevrilir. Fakat ters geribesleme düşüncesini yalnızca düz geribesleme ile kıyaslayabilmek için ortaya attım. Bir Watt buhar makinesi ele alalım ve bu makinede önemli bir değişiklik yapalım: Merkezkaç kuvvetle çalışan gülle düzeneği ile buhar vanası arasındaki ilişkinin işaretini değiştirelim. Artık gülleler hızlı döndüğünde vana -Watt'ınki gibi- kapanmak yerine açılsın. Tersine, gülleler yavaş döndüğünde, vana buhar akışını artırmak yerine azaltsın.

Normal bir Watt buhar makinesinde, yavaşlayan bir motor bu eğilimi hemen düzeltir ve yeniden istenen hıza çıkar. Fakat bizim değiştirilmiş motorumuz tam tersini yapar. Yavaşlamaya başladığında, bu, onun daha da yavaşlamasına neden olacaktır. Öte yandan, değiştirilmiş motor biraz hızlandığında, düzgün çalışan bir Watt motorunda olduğu gibi kendini düzeltmek yerine, hızlanma eğilimi artacaktır. Hızın artışı tersine çevrilmiş düzenek tarafından güçlendirilir ve motor ivmelenir. İvme olumlu etki yapar ve motor daha güçlenir. Bu, motor baskıya dayanamayıp parçalanana ve motor volanı fabrika duvarına doğru uçana ya da kullanılabilir buhar basıncı kalmayana ve en yüksek hıza ulaşılana dek sürer.

Asıl Watt buhar makinesi ters geribesleme kullanırken, bizim varsayımsal, değiştirilmiş makinemiz bunun tersi olan düz geribeslemenin bir örneğini oluşturur. Düz geribesleme işlemlerinin kararsız, taşkın bir yapısı vardır. Küçük çaplı dalgalanmalar artar ve sonu olmayan bir sarmal halini alır. Bu ya bir felaketle sonuçlanacak ya da başka süreçler nedeniyle yüksek bir düzeye erişip sonra da sönecektir. Mühendisler çok sayıdaki çeşitli süreci tek bir başlık, ters geribesleme adı altında toplamayı uygun bulur. Başka birçok çeşitli süreç de düz geribesleme adı altında incelenir. Bu gruplamada kullanılan benzetmeler yalnızca muğlak birer ifade değildir; tüm benzer süreçler aynı matematiksel yaklaşımı paylaşır. Vücut sıcaklığının denetimi ve aşırı oburluğu önleyen doyma mekanizmaları gibi olguları inceleyen biyologlar, mühendislerden ters geribesleme matematiğini ödünç almayı uygun görmüşlerdir. Hem mühendisler hem de canlı vücutlar düz geribesleme sistemlerini, ters geribesleme sistemlerinden daha az kullanır, fakat bu bölümün konusu aslında düz geribesleme sistemleri.

Mühendislerin ve canlıların ters geribeslemeyi daha fazla kullanmalarının nedeni, hiç kuşku yok ki, en uygun noktaya ulaşana dek ayarlama yapılmasının yararıdır. Yararlı olmaktan uzak olan kararsız, taşkın süreçler aynı zamanda tehlikeli de

olabilir. Kimyada tipik düz geribesleme süreci bir patlamadır ve herhangi bir taşkın süreci tanımlamak için patlayıcı sözcüğünü kullanabiliriz. Örneğin, kızgın birini anlatırken "barut gibi", "patladı" sözcüklerini kullanırız. Okuldaki öğretmenlerimden biri kültürlü, nazik ve genelde yumuşak bir adamdı, fakat zaman zaman kendini kaybeder, patlamalar yaşardı -kendi de bilirdi bunu. Sınıfta birisi kendini çok sinirlendirdiğinde önce hiçbir şey söylemezdi ama yüzünden içeride bir şeylerin kaynadığı anlaşılırdı. Sonra da, yumuşak ve mantıklı bir sesle söze başlardı: "Aman Allahım. Kendimi tutamıyorum işte. Kendimi kaybedeceğim. Sıralarınızın altına saklanın. Sizi uyarıyorum. İşte geliyor." Bütün bunları söylerken sesi gittikçe yükselirdi ve doruk noktasında elinin altında olan her şeyi, kitapları, karatahta silgilerini, kâğıt ağırlıklarını, mürekkep kutularını yakalar; birbiri peşi sıra, olabildiğince kuvvet ve hırsla kendini sinirlendiren çocuğa doğru fırlatırdı. Sonra kızgınlığı yavaş yavaş geçerdi. Ertesi gün, büyük bir alçakgönüllülük ve nezaketle oğlandan özür dilerdi. Kendini kaybettiğini bilirdi; bir düz geribesleme döngüsünün kurbanı olduğunun farkındaydı.

Fakat düz geribeslemeler yalnızca taşkın artışlara yol açmakla kalmaz; taşkın azalmalara da neden olabilir. Kısa bir süre önce, Kongregasyon'da yani Oxford Üniversitesi'nin "parlamentosunda" birilerine onur ödülü verip vermeme konusunda bir tartışmaya katıldım. Alışılmışın tersine, karar ihtilaflı bir karardı. Oylar verildikten sonra, oy pusulalarının sayımı ile geçen on beş dakika içinde, sonucu öğrenmek için bekleyenlerin yaptığı tartışmaların uğultusu duyuluyordu. Bir noktada konuşmalar tuhaf bir biçimde azalmaya başladı, sonra da etrafı tam bir sessizlik kapladı. Bunun nedeni bir tür düz geribeslemeydi ve şöyle işlemişti: Herhangi bir kalabalağın uğultulu sohbetinde, gürültü düzeyinde normalde fark etmediğimiz, rastlantısal azalma ya da artmalar olacaktır. Bizim örneğimizde, bu rastlantısal oynamaların biri alışılmıştan daha vurgulu oldu ve bunun sonucu olarak bazı kişiler tarafından fark edil-

di. Herkes oylamanın sonucunu duymayı beklediği için, gürültü düzeyindeki bu rastlantısal azalmayı duyanlar kafalarını kaldırıp baktılar ve konuşmayı kestiler. Bu, gürültü düzeyinin daha da azalmasına ve daha fazla insan tarafından fark edilmesine neden oldu; daha fazla insan sohbeti durdurdu. Bir düz geribesleme başlatılmıştı ve oldukça hızlı gelişerek salondaki herkesin susmasıyla sonuçlandı. Sonra bunun yanlış alarm olduğunu anladık, genel bir kahkaha tufanı oldu ve gürültü yavaşça eski düzeyine döndü.

En kolay fark edilen ve görkemli düz geribeslemeler, herhengi bir şeyde gözlenen azalmalar değil, taşkın artışlardır: nükleer bir patlama, bir öğretmenin kızgınlıkla kendini kaybetmesi, bir bardaki kavga, Birleşmiş Milletler'de tırmanan bir ağız dalaşı (okuyucu bu bölümün başında yaptığım uyarıyı dikkate almalı)... Uluslararası ilişkilerde düz geribeslemelerin önemi, "tırmanma" jargon sözcüğünde açıkça görülüyor: Ortadoğu'nun "barut fıçısı" olduğunu söyleriz; "patlama noktaları" belirleriz. Düz geribesleme fikrinin bilinen en iyi ifadelerinden biri Matta İncilinde yer alır: "Sahip olana verilecektir ve sahip olan bolluk içinde yaşayacaktır: Fakat sahip olmayandan elinde olanlar bile alınacaktır." Bu bölüm evrimdeki düz geribeslemeler hakkında. Canlı organizmaların, patlayıcı, itici gücü bir düz geribesleme süreci olan, taşkın bir evrim sürecinin nihai ürünleri gibi görünen bazı özellikleri vardır. Bir açıdan, bir önceki bölümde sözünü ettiğimiz silahlanma yarışları bunun örnekleridir, fakat asıl ilginç örnekler cinsel çekicilik organlarında gözlenir.

Üniversitede okurken bana yaptıkları gibi, siz de kendi kendinizi tavuskuşunun yelpazesinin, doğal seçilim tarafından kuşun o türden değil de bu türden olduğunu belirlemek üzere biçimlendirildiği su götürmez, bir diş ya da böbrek gibi işlevsel ve olağan bir organ olduğuna ikna etmeyi deneyin. Beni asla ikna edemediler; sizin de ikna olacağınızdan kuşkuluyum. Bence, tavuskuşunun yelpazesi düz geribeslemenin yanılgıya

yer bırakmayan damgasını taşıyor. Hiç kuşku yok ki, bu, evrimsel süreç içerisinde meydana gelmiş bir çeşit denetimsiz, kararsız bir patlamanın ürünüdür. Darwin de eşeysel seçilim kuramını ortaya atarken böyle düşünüyordu. Darwin ardıllarının en büyüklerinden biri olan R. A. Fisher de, *The Genetical Theory of Natural Selection* (Doğal Seçilimin Genetik Kuramı) adlı kitabında, kısaca nedenleri verdikten sonra şöyle yazıyor:

> ...dolayısıyla, erkeklerde süslü tüylerin evrilmesi ve dişilerin de böylesi özellikleri cinsel açıdan yeğlemesi, birlikte gelişmelidir. Bu süreç katı bir karşı-seçilim tarafından denetlenmediği sürece, gelişim gittikçe artan bir hızla ilerleyecektir. Denetimlerin olmadığı bir ortamda, gelişimin hızının o andaki gelişim düzeyiyle doğru orantılı olduğu kolayca görülebilir; bu nedenle gelişim hızı zamanla katlanarak artar.

Fisher'in "kolayca görülebilir" bulduğu şey, başkaları tarafından ancak yarım yüzyıl sonra anlaşılabildi. Fisher, cinsel açıdan çekici tüylerin evrilmesinin gittikçe artan bir hızla, katlanarak, patlamalı ilerlediği savını ayrıntılarıyla açıklamaya gerek görmedi. Biyoloji dünyasının geri kalanın da bu sava yetişmesi ve matematiksel bir yaklaşım oluşturması 50 yıl sürdü. Fisher de savını kendi kendine kanıtlayabilmek için, büyük olasılıkla, ya kâğıt üzerinde ya da kafasında bu yaklaşımı kullanmış olmalıydı. Bu matematiksel yaklaşımları -ki bunların çağdaş biçimleri genç Amerikalı matematiksel biyolog Russell Lande tarafından geliştirilmiştir- matematiksel olmayan bir biçimde açıklamaya çalışacağım. 1930'da yazdığı kitapta, "Göstereceğim hiçbir çaba bu kitabın okunmasını kolaylaştıramaz." diyen Fisher kadar karamsar değilsem de, ilk kitabımı baskıdan önce gözden geçirenlerden birinin dediklerini aktarmak istiyorum: "Okuyucuyu beynine koşu ayakkabılarını giydirmesi için uyarmak gerek."

Benim, bu zorlu yaklaşımları anlamam da müthiş çaba gerektirdi. Bu noktada, tüm itirazlarına karşın, önceleri öğrencim sonra da çalışma arkadaşım olan Alan Grafen'a teşekkürlerimi belirtmek istiyorum. Alan'ın beyninin kanatlı sandaletleri çok iyi bilinir; ama çok daha ender rastlanan bir özelliği de vardır: O, sandaletleri çıkarıp insanlara bir şeyleri açıklamanın tam da doğru yolunu bulabilir. Onun öğrettikleri olmasaydı, bu bölümün orta kısımlarını yazamazdım; teşekkürümü Önsöz yerine burada yazmamın nedeni de bu zaten.

Zorlu konulara geçmeden önce, geri dönmek ve eşeysel seçilim kuramının nasıl ortaya çıktığı hakkında bir şeyler söylemek istiyorum. Bu kuram, evrim konusundaki birçok şey gibi, Darwin'le başladı. Darwin'in asıl vurguladığı hayatta kalabilme ve var olma mücadelesiydi, çünkü var olma ve hayatta kalmanın amaca ulaşmanın tek yolu olduğunu görmüştü. Bu amaç, üremeydi. Bir sülün çok uzun yaşayabilir ama üremezse özelliklerini aktaramaz. Seçilim, bir hayvanı üreme konusunda başarılı kılan niteliklerin lehine çalışır ve hayatta kalabilme, üreme savaşının yalnızca bir bölümüdür. Savaşın öbür bölümlerinde, başarı karşı cinse en çekici görünenin olacaktır. Darwin, bir erkek sülün veya tavuskuşu ya da cennetkuşunun kendi hayatı pahasına olsa bile cinsel çekicilik geliştirdiğinde, ölmeden önce başarılı bir dölleme yaparak sahip olduğu cinsel çekicilik niteliklerini çocuklarına aktarabileceğini gördü. Hayatta kalma söz konusu olduğunda tavuskuşunun yelpazesinin sahibi için bir handikap sayılabileceğini fark etti, fakat erkeğe sağladığı cinsel çekiciliğin daha ağır bastığını düşündü. Evcilleştirmeyle ilgili benzetmeler yapmaktan hoşlanırdı; ve dişi tavuskuşunu evcil hayvanların evrim sürecini estetik beğeniler doğrultusunda değiştiren insanlara benzetti. Biz, dişi tavuskuşunu bilgisayar biyomorflarını estetik görünümlerine bakarak seçen kişiye benzetebiliriz.

Darwin, dişilerin beğenilerini veri olarak kabul etti. Böylesi beğenilerin varlığı, eşeysel seçilim kuramının bir aksiyo-

muydu; açıklanması gereken bir şey değil, bir varsayımdı. Kısmen bu yüzden, eşeysel seçilim kuramı 1930'da Fisher yardıma yetişene dek kabul görmedi. Ne yazık ki, birçok biyolog Fisher'i önemsemedi ya da yanlış anladı. Julian Huxley ve başkalarının itiraz ettikleri nokta, dişilerin beğenilerinin gerçek bir bilimsel kuramın temeli olamayacağıydı. Fakat Fisher, dişilerin tercihlerinin kendi başlarına bir doğal seçilim nesnesi olduklarını, erkeklerin kuyruklarından hiç de aşağı kalmadıklarını göstererek eşeysel seçilim kuramını kurtardı. Dişilerin tercihi, dişinin sinir sisteminin bir göstergesidir. Dişinin sinir sistemi genlerinin etkisi altında gelişir ve bu nedenle de özellikleri geçmiş nesiller boyunca seçilimden etkilenmiş olmalıdır. Başkaları erkeğin süslerinin değişmez dişi tercihlerinin etkisinde evrildiğini düşünürken, Fisher, bu ikisinin birlikte, birbirlerine koşut geliştiklerini düşündü. Artık bu konunun patlamalı, düz geribesleme ile nasıl bağdaşacağını görmeye başlamışsınızdır.

Zorlu kuramsal fikirleri tartışırken, gerçek dünyadan bir örneği hatırda tutmak çoğu kez iyi sonuç verir. Örnek olarak Afrika'da yaşayan, uzun kuyruklu dulkuşunun (*Euplectes progne*) kuyruğunu kullanacağım. Eşeysel seçilimden geçmiş herhangi bir süs örnek olabilirdi, ama ben eşeysel seçilim tartışmalarında hep kullanılan tavuskuşunu kullanmak istemiyorum. Uzun kuyruklu dulkuşunun erkeği, ince uzun, omuzlarında turuncu parıltılar olan, yaklaşık İngiliz serçesi büyüklüğünde siyah bir kuştur. Bu kuşun kuyruğundaki ana tüyler çiftleşme mevsiminde 45-46 santimetre uzunluğunda olabiliyor. Afrika otlakları üzerinde göz alıcı gösteri uçuşunu yaparken, tıpkı kuyruğunda uzun bir reklam afişi olan bir uçak gibi taklalar atıp çemberler çizerken sık sık görülür. Hava yağmurlu olduğunda ise yerdedir; bu hiç şaşırtıcı değil. Bu denli uzun bir kuyruğu kuruyken bile taşıması çok sıkıntılı olmalı. Yapmak istediğimiz, patlamalı bir evrimsel süreç sonucu olduğunu düşündüğümüz bu uzun kuyruğun nasıl evrildiğini açıklamak. Dolayı-

sıyla, bu kuşun kuyruğu uzun olmayan atalarından birini başlangıç noktası olarak almamız gerekir. Atasal kuşun kuyruğunun 7,5 cm kadar olduğunu, yani çiftleşme dönemindeki günümüz dulkuşlarının kuyruklarının yaklaşık altıda biri kadar olduğunu düşünelim. Açıklamaya çalıştığımız evrimsel değişim kuyruk uzunluğunun altı kat artmasıdır.

Çok açık bir gerçek de şu ki, hayvanlara ilişkin ne ölçersek ölçelim, bir türün üyelerinin çoğunluğu ortalama dolaylarındayken, bazı bireyler ortalamanın biraz üstünde bazıları da biraz altındadır. Atasal dulkuşunda, bazıları 7,5 santimetrelik ortalamanın üstünde bazıları da altında, çeşitli uzunlukta kuyruklar görüleceğinden emin olabiliriz. Kuyruk uzunluğunun, her biri küçük bir etki yapan çok sayıda gen tarafından denetlendiğini varsaymak yerinde olacaktır. Bu etkiler birbirine eklenip beslenmeyle birleşerek kuyruk uzunluğunu belirleyecektir. Etkileri bu biçimde eklenen çok sayıdaki gene çoklu-gen (poligen) adını veriyoruz. Bizlere ilişkin birçok ölçü de (örneğin, boyumuz ve ağırlığımız) sayısız çoklu-genin etkisi altındadır. İşte benim aktarmaya çalıştığım, Russell Lande'nin matematiksel eşeysel seçilim modeli de çoklu-genler içeren bir model.

Şimdi dikkatimizi dişilere ve erkeklerini nasıl seçtiklerine yöneltmeliyiz. Eşlerini seçenlerin erkekler değil de, kadınlar olduğunu varsaymak cinsiyetçilik gibi görünebilir. Aslına bakarsanız, seçimi kadınların yaptığını düşünmek için çok iyi kuramsal nedenler var (bkz. *Gen Bencildir*) ve uygulamada görülen de budur. Günümüz uzun kuyruklu dulkuşu erkeklerinin beş-altı dişi içeren haremleri var. Bu, popülasyon içerisinde fazla sayıda üremeyen erkek olduğu anlamına geliyor. Buysa, dişilerin eş bulmakta güçlük çekmedikleri ve seçici olabilecek konumda oldukları anlamına geliyor. Sonuç olarak, bir erkek dişilere çekici görünmekle çok şey kazanacaktır. Bir dişininse, talep dişilere olduğu için, erkeklere çekici görünmekle kazanacağı pek bir şey yoktur.

Öyleyse, seçimi dişilerin yaptığını kabul edelim ve Fisher'in Darwin karşıtlarını utandıran adımını inceleyelim. Dişilerin beğenileri olduğunu kabullenmek yerine, dişinin tercihine diğer özellikler gibi, genlerden etkilenen bir değişken olarak bakalım. Dişinin tercihi niceliksel bir değişkendir ve tıpkı erkeğin kuyruk uzunluğu gibi çoklu-genlerin denetimi altındadır. Bu çoklu-genler dişinin beyninin çeşitli bölümlerini, hatta gözlerini, dişinin tercihini değiştirecek her şeyi etkileyebilir. Hiç kuşku yok ki, dişi tercihini erkeğin birçok özelliğine bakarak yapacaktır: omzundaki parıltının rengi, gagasının biçimi, vs. Fakat biz burada erkeğin kuyruk uzunluğunun evrimleşmesiyle ilgileniyoruz ve dolayısıyla, dişinin farklı uzunluklardaki kuyruklar konusundaki tercihini merak ediyoruz. Öyleyse, dişi tercihini, erkeğin kuyruk uzunluğunu ölçtüğümüz birimle ölçebiliriz: santimetre. Çoklu-genlerin etkisiyle, bazı dişiler ortalamanın üzerindeki kuyrukları, bazıları ortalamanın altındakileri, bazıları da ortalama civarındaki kuyrukları beğenecektir.

Şimdi, tüm kuramın kilit noktalarından birine geliyoruz. Dişi tercihi genleri kendini yalnızca dişinin davranışlarında *ifade ediyorsa da*, bu genler erkek vücutlarında da vardır. Aynı şekilde, erkeğin kuyruk uzunluğu genleri, dişilerin vücudunda da vardır; kendilerini dişi vücudunda ifade etseler de, etmeseler de... Genlerin kendilerini ifade etmemeleri fikri çok zor bir kavram değil. Bir adamın uzun penis genleri varsa, bu genleri kızına aktarması olasılığı oğluna aktarması olasılığıyla aynıdır. Adamın oğlunda bu genler kendilerini ifade edecek, kızındaysa, tabii ki etmeyecektir çünkü kızın penisi yoktur. Fakat adamın torunları olduğunda, kızının çocuklarında uzun penis genleri olması olasılığıyla oğlunun çocuklarında uzun penis genleri olması olasılığı aynıdır. Genler bir vücutta taşınır ama ifade edilmeyebilirler. Tıpkı bunun gibi, Fisher ve Lande dişi tercih genlerinin, erkek vücutlarında da *taşındıklarını* fakat yalnızca dişilerde *ifade edildiklerini* varsayar. Erkeklerin kuyruk genleri de dişi vücutlarında taşınır ancak ifade edilmez.

Diyelim ki, özel bir mikroskopumuz var ve bununla kuş hücrelerine bakıp genlerini inceleyebiliyoruz. Kuyruğu ortalamadan daha uzun bir erkek alalım ve hücrelerindeki genleri inceleyelim. Önce kuyruk uzunluğu genlerine bakalım. Uzun kuyruk geni taşıması bizim için sürpriz olmayacaktır çünkü bu kuş uzun kuyruğa sahiptir. Şimdi de kuyruk tercihi genlerine bakalım; dışardan baktığımızda elimizde hiçbir ipucu yok çünkü bu tür genler yalnızca dişilerde ifade ediliyor. Peki, mikroskopla baktığımızda ne görürüz? Dişilerin uzun kuyruk tercih etmesine neden olan genleri görürüz. Tam tersine, kuyruğu kısa olan bir erkeğin hücrelerine baktığımızdaysa, dişilerin kısa kuyruk tercih etmesine neden olan genleri görürüz. Bu yaklaşımımızın kilit noktası. Mantığını açıklamaya çalışayım.

Ben kuyruğu uzun bir erkeksem, babamın da uzun kuyruk sahibi olması olasılığı fazladır. Bu, bildiğimiz kalıtım. Aynı zamanda, annem babamı eş seçtiği için, annemin uzun kuyruk tercih etmiş olması olasılığı daha fazladır. Dolayısıyla, babamdan uzun kuyruk genlerini almışsam, annemden de uzun kuyruk tercih etme genlerini almış olma olasılığım fazladır. Aynı mantıkla, eğer kısa kuyruk genleri almışsanız, dişilerin kısa kuyruk tercih etmesine neden olan genleri almış olma şansınız fazladır.

Aynı mantığı dişiler için de yürütebiliriz. Uzun kuyruklu erkekleri tercih eden bir dişiysem, annemin de uzun kuyruk tercih etmiş olma olasılığı yüksektir. Dolayısıyla, babamın uzun kuyruklu olma olasılığı yüksektir, çünkü annem tarafından tercih edilmiştir. Öyleyse, uzun kuyruk tercih etme genleri almışsam, uzun kuyruklu *olma* genini de almışımdır büyük olasılıkla -bu genler benim dişi vücudumda ifade edilmese de. Ve, kısa kuyruk tercih etme genini almışsam, büyük olasılıkla, kısa kuyruklu olma genini de almışımdır. Ulaştığımız genel vargı şu: Hangi cinsiyetten olursa olsun, bir bireyde *hem* erkeklerin belirli bir özellik *sahibi* olmasını sağlayan, *hem de* dişilerin o özelliği *tercih etmelerini* sağlayan genler, büyük olasılıkla, birlikte taşınır.

Sonuç olarak, erkek niteliklerini belirleyen genler ve dişilerin bu nitelikleri tercih etmelerini sağlayan genler popülasyon içerisinde gelişigüzel karılmaz, *birlikte* karılır. Bu "birliktelik" -ki bağlantı dengesizliği gibi insanın gözünü yıldıran teknik bir adı vardır- matematiksel genetikçilerin denklemleriyle inanılmaz oyunlar oynar. Tuhaf ve harika sonuçları vardır. Eğer Fisher ve Lande haklıysa, tavuskuşu ve dulkuşu kuyruklarının ve bir dolu başka cazibe organının patlamalı evrimi bunların en inanılmazı değil. Bu sonuçları yalnızca matematilsel yoldan kanıtlayabiliyoruz, fakat ne olduklarını sözcüklerle anlatabilir ve matematiksel yaklaşım hakkında matematiksel olmayan bir dil kullanarak bir şeyler yakalamaya çalışabiliriz. Hâlâ koşu ayakkabılarımıza gerek duyuyoruz, aslında bu dağcılık ayakkabıları olmalıydı. Yaklaşımımızdaki her basamak kendi adına yeterince yalın, fakat anlayış dağının zirvesine birçok basamakla çıkılıyor ve eğer başta bir basamak kaçırırsanız, ne yazık ki, sonrakilere çıkamıyorsunuz.

Şimdiye dek, dişi tercihlerinde uzun kuyruklu erkeklerden kısa kuyruklu erkeklere dek uzanan eksiksiz bir yelpaze olasılığını ortaya koyduk. Fakat belirli bir popülasyonda, dişiler arasında bir anket yapsak, çoğunun ortak bir beğenisi olduğunu görürdük. Popülasyondaki dişi beğenileri *aralığını*, erkeklerin kuyruk uzunluğu aralığını ölçtüğümüz birimle -santimetre- ölçebiliriz. Ve *ortalama* dişi tercihini de aynı birimle ifade edebiliriz. Ortalama dişi tercihi, ortalama erkeklerin kuyruk uzunluğuyla tıpatıp aynı -7,5 santimetre- çıkabilir. Bu durumda, dişinin seçim yapıyor olması erkeklerin kuyruk uzunluğunu değiştirme eğiliminde evrimsel bir güç olmayacaktır. Ya da ortalama dişi tercihi ortalamadan daha uzun kuyruk yönünde çıkabilir -diyelim ki, 7,5 yerine 10 santimetre- Neden böyle bir farklılık olduğu sorusunu şimdilik açık bırakalım ve farkı kabullenip bir sonraki soruyu soralım: Dişilerin çoğunluğu 10 santimetre kuyruklu erkekleri yeğliyorsa, neden erkeklerin çoğunun kuyruğu 7,5 santimetre? Neden popülasyondaki ortalama kuyruk uzun-

luğu, dişilerin eşeysel seçilimi etkisiyle 10 santimetreye kaymıyor? Ortalama yeğlenen kuyruk uzunluğuyla gerçek kuyruk uzunluğu ortalaması arasında nasıl 2,5 santimetrelik bir fark olabilir?

Yanıt şu: Erkeklerin kuyruk uzunluğunu etkileyen tek seçilim çeşidi dişilerin beğenisi değil. Kuyrukların uçmadaki işlevi çok önemli ve gereğinden uzun ya da kısa olan bir kuyruk uçuş verimliliğini azaltıyor. Bunun da ötesinde, uzun bir kuyruğu taşıyıp durmak daha fazla enerji harcanmasına yol açar; bundan da önce uzun kuyruk yapmak daha fazla enerji ister. 10 santimetrelik kuyruğu olan erkeklerin dişiler karşısındaki durumu iyi olabilir, fakat bunun için ödeyecekleri bedel uçuş veriminin düşük olması, daha fazla enerji harcanması ve avcıların saldırısına daha açık olmaktır. Cinsellik açısından seçilen en uygun kuyruk uzunluğundan farklı olan bir de kullanım *açısından en uygun* uzunluk olduğunu söyleyebiliriz: sıradan yararlar sağlayan ölçütler açısından ideal bir kuyruk uzunluğu; dişileri çekmek dışında, tüm açılardan ideal bir kuyruk.

Erkeklerdeki ortalama kuyruk uzunluğunun -bizim varsayımsal örneğimizde 7,5 santimetre- kullanım açısından en uygun uzunluk ile aynı olmasını mı bekleriz? Hayır, kullanım açısından en uygun uzunluktan daha kısa -diyelim ki, 5 santimetre olmasını beklemeliyiz. Bunun nedeni, 7,5 santimetrelik gerçek ortalama kuyruk uzunluğunun, kuyrukları daha kısa yapma eğiliminde olan kullanımcı seçilimle daha uzun yapma eğiliminde olan eşeysel seçilim arasında bir uzlaşma noktası olmasıdır. Dişilere cazip görünme gereksinimi olmasaydı, ortalama kuyruk uzunluğu 5 santimetreye doğru azalırdı; uçuş verimliliği ve enerji bedeli kaygıları olmasaydı, 10 santimetreye yaklaşırdı. İşte 7,5 santimetrelik gerçek kuyruk uzunluğu bu ikisi arasında bir uzlaşmadır.

Dişilerin kullanım açısından en uygun uzunluktan farklı uzunluktaki kuyrukları *neden* yeğleyeceği sorusunu bir kenara bırakmıştık. İlk bakışta bu saçma sapan bir fikir gibi görünü-

yor. İyi tasarım ölçütlerine göre olması gerekenden daha uzun kuyrukları beğenen, modayı takip eden dişilerin verimsiz ve oraya buraya çarparak uçan, kötü tasarlanmış oğulları olacak. Bunların arasında, modaya uymayıp da kısa kuyruklu erkekleri beğenen, mutasyon geçirmiş bir dişinin, özellikle de kuyruk beğenisi kullanım açısından en uygun değerle çakışan bir mutant dişinin oğulları ise, uçma açısından iyi tasarlanmış verimli birer kuş olacak ve modaya bağlı rakibelerinin oğullarından kesinlikle daha başarılı olacaktır. Ah, işte pürüz de burada! Benim "moda" metaforumda gizli. Mutant dişinin oğulları uçma konusunda çok iyi ve verimli olabilirler fakat popülasyondaki dişilerin çoğuna hiç de çekici görünmeyeceklerdir. Yalnızca azınlık bir dişi grubunu, modaya karşı olan dişileri çekeceklerdir; ve tanım gereği, azınlıkta kalan dişileri bulmak, çoğunluktakileri bulmaktan daha zordur. Altı erkekten yalnızca birinin çiftleştiği ve şanslı erkeklerin büyük haremler kurdukları bir toplulukta, çoğunluktaki dişilere yaltaklanmanın müthiş faydaları, enerji kullanım bedelini ve uçuş verimliliğini kat kat geçen faydaları vardır.

Hal böyle bile olsa, okuyucu, tüm yaklaşımın keyfi bir varsayım üzerine kurulu olduğundan şikayet edebilir. Okuyucu kabul edecektir: Dişilerin çoğunun kullanıma uygun olmayan uzun kuyruklar tercih ettiğini veri olarak alırsak, diğerleri de arkadan gelecektir. Fakat bu dişi çoğunluğun beğenisi hikâyesi de nereden çıktı? Neden dişilerin çoğu kullanım açısından en uygun olandan *daha küçük* kuyrukları ya da en uygun uzunluğa eşit uzunluktaki kuyrukları tercih etmiyor? Neden modayla kullanım çakışmıyor? Yanıtım şöyle: Bunların herhangi biri olabilirdi ve büyük olasılıkla, birçok türde olan da buydu. Benim dişilerin uzun kuyruk yeğlediği varsayımım gerçekten de keyfiydi. Fakat dişi çoğunluğun beğenisi *nc olursa olsun* ve ne kadar keyfi olursa olsun, bu çoğunluğun seçilim tarafından korunması, hatta bazı koşullarda artması -abartılması- yönünde bir eğilim olacaktı. Yaklaşımın bu noktasında, matematiksel ka-

nıtları sunamayışım bana göre bir eksiklik. Okuyucudan, Lande'nin matematiksel yaklaşımının savını kanıtladığını kabullenmesini isteyebilir ve konuyu burada kesebilirdim. Bu, benim için en akılcı yol olurdu fakat yürütülen mantığı sözcüklere aktarmayı en azından bir kez deneyeceğim.

Yaklaşımın kilit noktası, daha önce sözünü ettiğim "bağlantı dengesizliği", yani herhangi bir uzunluktaki kuyruğun genleriyle aynı uzunluktaki kuyrukların tercihini sağlayan genlerin "birlikteliği" kavramında yatıyor. "Birliktelik faktörünü" ölçülebilir bir sayı olarak düşünebiliriz. Birliktelik faktörü yüksekse, bireyin kuyruk uzunluğu genleri hakkındaki bilgimizle tercih genlerini büyük kesinlikle tahmin edebiliriz; bunun tersi de doğrudur. Birliktelik faktörü düşükse, kuyruk uzunluğu ya da tercih genlerinden birini bilmek, öbürü hakkında yalnızca ufak bir ipucu verebilir.

Birliktelik faktörünü etkileyen şey, dişinin tercihinin ne kadar güçlü olduğudur; dişilerin mükemmel olmadığını düşündükleri erkeklere karşı ne kadar hoşgörülü oldukları; erkeklerin kuyruk uzunluğundaki değişimlerin ne kadarının genler, ne kadarının çevre tarafından yönlendirildiği, vs... Eğer, tüm bu etkilerin sonucu olarak, birliktelik faktörü -kuyruk uzunluğu genleriyle kuyruk uzunluğu tercih genlerinin arasındaki ilişki- güçlüyse, şu sonucu çıkartabiliriz: Bir erkek uzun kuyruklu olduğu için tercih edildiğinde, dişinin seçtiği yalnızca uzun kuyruk genleri değildir. "Birliktelik" nedeniyle, aynı zamanda, uzun kuyruk *tercih etme* genleri de seçilmektedir. Yani, dişilerin erkeklerde belirli bir kuyruk uzunluğu tercih etmesini sağlayan genler, aslında, *kendilerinin kopyalarını seçmektedir*. Bu, kendi kendini güçlendiren bir sürecin temel unsurudur: kendini sürdürebilen bir momentuma sahiptir. Evrim bir kez belirli bir yönde ilerlemeye başladıktan sonra, kendi içinde, aynı yönde kalma özelliğine sahiptir.

Bunu görebilmenin bir başka yolu da "yeşil sakal etkisi" olarak bilinen şeydir. Yeşil sakal etkisi biyologlar arasında bir çe-

şit şaka. Tümüyle varsayımsal fakat yine de öğretici. İlk kez, *Gen Bencildir* adlı kitabımda uzun uzun açıklamaya çalıştığım, W. D. Hamilton'un o çok önemli akraba seçilimi kuramı altında yatan temel ilkenin açıklanması amacıyla ortaya atılmıştı. Şimdi Oxford'da çalışma arkadaşım olan Hamilton, doğal seçilimin yakın akrabalara karşı diğerkâm davranma etkisi gösteren genlerin lehine işlediğini göstermişti, çünkü bir genin kopyalarının akraba vücutlarında olması olasılığı çok yüksekti. "Yeşil sakal" varsayımı da aynı şeyi, uygulamaya dönük olmasa da daha genel bir anlamda, ortaya koyuyor. Sav şöyle: Akrabalık, genlerin kendi kopyalarını başka vücutlara yerleştirmelerinin (bu etkinin ortaya çıkmasının) olası yollarından biridir. Kuramsal olarak, genler kopyalarını daha doğrudan yollarla da yerleştirebilir. İki etki gösteren bir genin ortaya çıktığını düşünün (iki ya da daha fazla etki gösteren genler sıkça görülür). Bu gen, kendisine sahip olan insanları belirgin bir "simge" sahibi yapıyor: yeşil bir sakal gibi. Ayrıca, beyinlerini etkileyerek diğer yeşil sakallı bireylere karşı diğerkâm davranmalarını sağlıyor. İtiraf etmeliyim ki, bu çok düşük olasılıklı bir şey, fakat olduğunu düşünürsek, bunun evrimsel sonucu çok açık. Çocuklara ya da kardeşlere gösterilen diğerkâmlık için geçerli olan nedenlerle, doğal seçilim, yeşil sakal diğerkâmlık geni lehine çalışacaktır. Yeşil sakallı bir birey diğer bir yeşil sakallıya her yardım ettiğinde bu ayrımcı diğerkâmlığı veren gen kendi kopyalarından biri için çalışıyor demektir. Yeşil sakal geninin yayılması kendiliğinden olacaktır ve kaçınılmazdır.

Hiç kimse, hatta ben bile, bu aşırı yalın biçimiyle yeşil sakal etkisinin doğada bulunabileceğini asla sanmıyorum. Doğada, genler kopyalarının lehine ayrımcılık yaparken yeşil sakallardan daha az özgün ama daha mantıklı simgeler kullanır. Akrabalık işte böylesi bir simge. "Kardeş" ya da uygulamada "benim tüylendiğim kuş yuvasında yumurtadan çıkan şey", istatistiksel bir simgedir. Bireyleri böylesi bir simge taşıyanlara karşı diğerkâm yapan her genin, kendi kopyalarına yardım ediyor olma

olasılığı istatistiksel olarak epey yüksektir, çünkü kardeşlerin aynı genlere sahip olma olasılığı yüksektir. Hamilton'un akrabalık seçilimi kuramı, yeşil sakal türünden bir etkiyi mantıklı çerçeveye oturtacak bir kuram olarak görülebilir. Yeri gelmişken, genlerin kendi kopyalarına yardım etmek "istediklerini" söylemiyoruz. Söylemek istediğimiz, yalnızca, kendi kopyalarına yardımcı olacak bir *etki* gösteren her genin popülasyondaki sayısı ister istemez artma eğiliminde olacaktır.

Öyleyse, akrabalığa yeşil sakal etkisi gibi bir etkinin makul bir tarzda açıklanabileceği bir yol olarak bakabiliriz. Fisher'in eşeysel seçilim kuramı da böylesi bir başka yoldur. Bir popülasyondaki dişilerin erkek özellikleri konusunda güçlü tercihleri varsa, yürüttüğümüz mantık sonucu, her erkek, dişilerin o erkeği tercih etmelerini sağlayan dişi genlerinin kopyalarını vücudunda taşıyacaktır. Bir erkek babasından uzun kuyruk miras almışsa, annesinden de babasının uzun kuyruğunu tercih etmesini sağlamış olan genleri almış olma olasılığı yüksektir. Eğer bir erkek kısa kuyrukluysa, dişilerin kısa kuyruk tercih etmelerini sağlayan genleri taşıması olasılığı yüksektir. Öyleyse, bir dişi, erkek konusundaki seçimini yaparken, tercihi ne yönde olursa olsun, bu seçime neden olan genler kendilerinin erkeklerdeki kopyalarını seçmiş olurlar; erkeğin kuyruk uzunluğunu bir simge olarak kullanarak *kendi kopyalarını* seçerler. Bunun daha karmaşık bir biçimi de, varsayımsal yeşil sakal geninin simge olarak yeşil bir sakal kullanmasıdır.

Eğer popülasyondaki dişilerin yarısı uzun kuyruklu ve diğer yarısı da kısa kuyruklu erkekleri yeğlerse, dişi seçimini belirleyen genler yine kendi kopyalarını seçiyor olur, fakat genelde o tarafa da bu taraf yönünde bir eğilim görülmez. Popülasyonun ikiye bölünmesi yönünde bir eğilim doğabilir: uzun kuyruklu, uzunu tercih eden bir küme ve kısa kuyruklu, kısayı tercih eden bir küme. Ancak, dişi "kanaatinde" böylesi bir bölünme istikrarsız bir durumdur. Dişiler arasında herhangi bir tarafın tercihi yönünde, *ne denli ufak olursa olsun,*

bir çoğunluk belirmeye başladığı anda, bu çoğunluk birbirini izleyen nesiller boyunca güçlenecektir. Bunun nedeni, azınlık kümesinin dişileri tarafından yeğlenen erkeklerin eş bulmalarının gittikçe daha zorlaşması; ve azınlık kümesinin dişilerinin oğullarının eş bulmada zorlanmaları; dolayısıyla da azınlık dişilerinin daha az sayıda torun sahibi olmalarıdır. Ne zaman ki, küçük azınlıklar daha da küçülür ve küçük çoğunluklar daha da büyük çoğunluklar olmaya başlar, elimizde bir düz geribesleme tarifi var demektir: "Sahip olana verilecektir ve sahip olan bolluk içinde yaşayacaktır: Fakat sahip olmayandan elinde olanlar bile alınacaktır." Ne zaman istikrarsız bir denge olsa, keyfi, gelişigüzel başlangıçlar kendi kendini güçlendirir. Bir ağaç gövdesini kestiğimizde de böyledir; ağacın güneye mi yoksa kuzeye mi düşeceğini bilemeyiz, fakat ağaç bir an durduktan sonra bir yöne düşmeye başladığında hiçbir şey onu geri getiremez.

Tırmanma ayakkabılarımızı iyice bağlayalım ve dağa bir piton daha çakmaya hazırlanalım. Dişilerin yaptığı seçimin erkeklerin kuyruklarını bir yöne, "kullanım" seçiliminin öbür yöne çektiğini (kuşkusuz, "çekme" sözcüğünü evrimsel anlamda kullanıyorum) ve gerçek kuyruk uzunluğu ortalamasının bu iki çekiş arasında bir uzlaşı noktası olduğunu anımsayalım. Şimdi de "tercih sapması" diye bir nicelik tanımlayalım. Bu, popülasyondaki erkeklerin gerçek kuyruk uzunluğu ortalamasıyla popülasyondaki ortalama dişinin gerçekte tercih edeceği "ideal" kuyruk uzunluğu arasındaki farktır. Tercih sapmasını ölçme birimi, tıpkı Fahrenheit ve Santigrad sıcaklık ölçeklerinde olduğu gibi, keyfidir. Santigrad sıcaklık ölçeğinde sıfır noktasının suyun donma noktası olarak belirlenmesi gibi, biz de sıfırımızı eşeysel seçilim çekişinin bunun tam zıddı olan kullanım seçilimi çekişini dengelediği nokta olarak belirleyelim. Başka bir deyişle, tercih sapmasının sıfır olması, bu iki zıt seçilimin birbirlerini tümüyle ortadan kaldırması nedeniyle evrimsel değişimin durduğu anlamına gelir.

Şurası açık ki, tercih sapması ne denli büyük olursa, kullanımcı doğal seçilimin zıt çekişi karşısında dişilerin evrimsel "çekişi" o kadar büyük olacaktır. Bizim ilgilendiğimiz şey, tercih sapmasının belirli bir zamandaki mutlak değeri değil, tercih sapmasının birbirini izleyen nesiller boyunca nasıl değiştiğidir. Verili bir tercih sapmasının bir sonucu olarak, kuyruklar uzar ve aynı zamanda dişilerin tercih ettikleri ideal kuyruk da uzar (uzun kuyruk tercih etme genlerinin uzun kuyruklu olma genleriyle birlikte doğal seçilime tabi olduklarını hatırlayınız). Bu ikili seçmenin yapılmasından bir nesil sonra, hem ortalama kuyruk uzunluğu hem de yeğlenen ortalama kuyruk uzunluğu daha da artmıştır. Ama hangisi daha çok artar? Bu, tercih sapmasına ne olacağını sormanın bir başka yolu.

Tercih sapması aynı kalabilir (ortalama kuyruk uzunluğu ve yeğlenen kuyruk uzunluğu ortalaması aynı miktarlarda artarsa). Tercih sapması küçülebilir de (ortalama kuyruk uzunluğu artışı, yeğlenen kuyruk uzunluğu artışından fazla olursa). Ve son olarak, artabilir (ortalama kuyruk uzunluğu bir miktar artar ama yeğlenen kuyruk uzunluğu ortalaması daha fazla artarsa). Artık görmeye başlamışsınızdır; kuyruk uzadıkça tercih sapması küçülüyorsa, kuyruk uzunluğu istikrarlı bir denge uzunluğuna doğru evrilecektir. Fakat, kuyruk *uzadıkça* tercih sapması da artıyorsa, kuramsal olarak, sonraki nesiller kuyrukların gittikçe artan bir hızla uzadığını göreceklerdir. Fisher'in 1930 öncesinde hesapladığı hiç kuşkusuz buydu, fakat görüşlerini kısaca özetlediği yazı o yıllarda anlaşılamadı.

Önce tercih sapmasının nesiller boyunca gittikçe küçülmesi durumunu ele alalım. Sonunda öylesine küçük olacak ki, bir yöndeki dişi tercihi öbür yöndeki kullanım seçiliminin çekmesiyle tamamen dengelenmiş olacak. Böylece evrimsel değişim duracak ve sistem denge haline gelmiş olacak. Lande'nin burada kanıtladığı ilginç nokta, en azından bazı koşullarda bir tek değil, birçok denge noktası olabileceği (kuramsal olarak, bir grafikte, bir doğru üzerine dizili sonsuz sayıda denge noktası,

fakat bu matematik!). Tek bir denge noktası değil, birçok denge noktası var: Bir yönde çekme uygulayan, herhangi bir güçteki kullanım seçilimi için dişi tercihinin gücü, kullanım seçilimini tümüyle dengeleyebileceği bir noktaya ulaşacak biçimde evriliyor.

Öyleyse, koşullar tercih sapmasının nesiller geçtikçe küçülmesini getiriyorsa, popülasyon "en yakın" denge noktasında duruyor. Burada, bir yönde çekme uygulayan kullanım seçilimi, diğer yöne çeken dişi seçilimi ile sıfırlanıyor ve erkeklerin kuyrukları -ne kadar uzun olursa olsun- aynı uzunlukta kalıyor. Okuyucu bunun bir ters geribesleme sistemi olduğunu fark edecektir, fakat bu tuhaf bir ters geribesleme sistemi. Bir sistemi ideal noktasından uzaklaştırdığınızda ne olduğuna bakarak, bir ters geribesleme sistemi olup olmadığını söyleyebilirsiniz. Örneğin, pencereyi açarak odanın sıcaklığını düşürürseniz, radyatörün termostatı (ısı ayarı) açılarak bunu karşılamaya çalışır.

Peki, eşeysel seçilim sistemi nasıl bozulabilir? Evrimsel zaman ölçeğinde konuştuğumuzu hatırlayın. Bu yüzden, deney yapmamız (yani pencereyi açmaya benzer bir şey) ve sonuçlarını izleyecek kadar yaşamamız çok zor. Fakat hiç kuşku yok ki, doğada sistem sık sık bozuluyor: örneğin, erkek sayısındaki şansa -ya da şanssızlığa- bağlı, kendiliğinden, gelişigüzel oynamalarla. Ne zaman böyle bir şey olsa, şimdiye dek tartıştıklarımızın ışığında, kullanım seçilimi ve eşeysel seçilimin birleşimi popülasyonu denge noktalarından en yakın olanına geri götürecektir. Büyük olasılıkla bu, önceki denge noktası değil, denge noktaları doğrusunun biraz aşağısında ya da yukarısında bir başka nokta olacaktır. Dolayısıyla, popülasyon zamanla denge noktaları doğrusu boyunca aşağı yukarı kayabilir. Doğru boyunca yukarı kaymak, kuyruğun uzaması anlamına gelir -kuramsal olarak, bu uzamanın bir sınırı yok. Doğru boyunca aşağı kaymak, kuyruğun kısalması anlamına gelir -kuramsal olarak, sıfıra dek gidebilir.

Termostat benzetmesi, denge noktası fikrini açıklamak için sık sık kullanılır. Bu benzetmeyi daha da geliştirerek daha zor olan dengeler *doğrusunu* açıklayabiliriz. Diyelim ki, bir odada hem ısıtma hem de soğutma cihazı var; her ikisi de termostatlı. Her iki termostat da odayı belirli bir sıcaklıkta, 20 °C'de tutmak üzere ayarlanmış. Sıcaklık 20 °C'nin altına düştüğünde, ısıtıcı kendini açıyor ve soğutucu kendini kapatıyor. Sıcaklık 20 °C'nin üstüne çıktığında, soğutucu kendini açıyor ve ısıtıcı kendini kapatıyor. Dulkuşunun kuyruk uzunluğuna benzettiğimiz, sıcaklık değil (sıcaklık 20 °C'de sabit kalıyor), toplam elektrik tüketim hızı. Buradaki önemli nokta, istenen sıcaklığa ulaşmanın birçok farklı yolu olması. İstenen sıcaklığa iki cihazı son güçle çalıştırarak da ulaşılabilir; ısıtıcı sıcak hava boşaltır, soğutucu bu etkiyi gidermek için çılgınca çalışır. Ya da ısıtıcı biraz daha az çalışır, soğutucu da bunu karşılayabilmek için biraz daha az çalışır. Ya da iki cihaz da çok az çalışarak oda 20 °C'de tutulur. Elektrik faturası açısından, bizim için en iyi olanın sonuncusu olduğu çok açık, fakat 20 °C'lik sabit sıcaklığı koruma açısından, her bir çalışma hızı aynı derecede tatmin edici olacaktır. Burada da elimizde tek bir nokta yerine, bir denge noktaları doğrumuz vardır. Sistemin nasıl kurulduğunun ayrıntılarına, sistemdeki gecikmelere ve mühendislerin işi olan başka şeylere bağlı olarak, odanın sıcaklığı sabit durumdayken elektrik tüketim hızının denge noktaları doğrusu boyunca aşağı yukarı kayması kuramsal olarak mümkündür. Eğer odanın sıcaklığı 20 °C'nin biraz altına düşerse, tüketim hızı dengeler doğrusu üzerinde bir noktaya geri dönecektir ancak bu yeni noktanın, ısıtıcı ve soğutucunun önceki çalışma hızı olması gerekmez. Denge doğrusu boyunca herhangi bir nokta olabilir.

Uygulamaya dönük mühendislikte, gerçek bir dengeler doğrusunun var olduğu bir oda kurmak oldukça zordur. Uygulamada bizim doğru büyük olasılıkla "bir noktaya çöker". Russell Lande'nin eşeysel seçilimde bir dengeler doğrusu olduğuna iliş-

kin savı da doğada doğru olmayabilecek varsayımlar üzerine kuruludur. Bu sav, örneğin, düzenli olarak yeni mutasyonlar olacağını varsayar; bir dişinin tercih yapması eyleminin tümüyle bedelsiz olduğunu varsayar. Eğer bu varsayım ihlal edilirse, ki bu olabilir, dengeler "doğrusu" tek bir noktaya çökecektir. Her neyse; zaten şimdiye dek yalnızca nesiller birbirini izledikçe *küçülen* tercih sapmasından söz ettik. Başka koşullarda, tercih sapması artabilir de...

Bu konuyu tartışmaya başlamamızın üzerinden epey zaman geçti; öyleyse kendi kendimize tüm bunların ne anlama geldiğini anımsatalım. Bir popülasyonumuz var ve bu popülasyondaki erkeklerin bir özelliği -örneğin, dulkuşlarının kuyruk uzunluğu- kuyrukların uzamasına neden olan dişi tercihi ve kuyrukların kısalmasına neden olan kullanım seçiliminin etkisi altında evrimleşiyor. Evrim sürecinde daha uzun kuyruklara doğru bir kuvvet olmasının nedeni şu: Bir dişi, "beğendiği" tipte bir erkek seçtiğinde, genlerin gelişigüzel olmayan ilişkisi yüzünden seçimini yapmasını sağlayan kendi genlerinin kopyalarını seçmiş oluyor. Dolayısıyla, bir sonraki nesilde, yalnızca erkekler daha uzun kuyruklu olmakla kalmayacak, aynı zamanda dişilerin uzun kuyruk tercihleri de daha güçlenmiş olacak. Bir nesilden diğerine geçtikçe bu iki küçük adımın hangisinin daha hızlı gerçekleşeceği pek açık değil. Buraya dek, kuyruk uzunluğunun her nesilde tercihten daha hızlı artması durumunu ele aldık. Şimdiyse, öbür olası durumu, tercihin her nesilde kuyruk uzunluğundan daha hızlı artması durumuna bakacağız. Başka bir deyişle, tercih sapmasının nesiller geçtikçe bundan önceki paragraflarda olduğu gibi azalmasını değil, artmasını tartışacağız.

Bu durumda kuramsal sonuçlar daha da tuhaflaşıyor.Ters geribesleme yerine, düz geribesleme görüyoruz. Nesiller geçtikçe, kuyruklar uzuyor fakat dişilerin uzun kuyruk arzusu daha hızlı artıyor. Kuramsal olarak bu, nesiller geçtikçe kuyrukların uzamaya devam edeceği, hatta artışın gitgide hızlanacağı anla-

mına geliyor. Kuramsal olarak, kuyruklar 10 kilometre olduklarında bile uzamayı sürdürecekler. Elbette ki, uygulamada, bu komik uzunluklara ulaşılmazdan çok önce oyunun kuralları değişmiş olacak; tıpkı bizim Watt buhar makinesinin hızlanarak *gerçekte* saniyede bir milyon devrilik bir hıza erişememesi gibi. Fakat aşırı uçlara geldiğimizde matematiksel modelin vargılarını yumuşatmamız gerekse de, bu vargılar uygulama açısından makul koşullarda gayet geçerli olabilir.

Şimdi, aradan 50 yıl geçtikten sonra, Fisher'in cüretkârca "gelişimin hızının o andaki gelişim düzeyiyle doğru orantılı olduğu kolayca görülebilir; bu nedenle gelişim hızı zamana karşı geometrik olarak artar,"demekle ne kastettiğini anlayabiliyoruz. Fisher'in şu sözleri, yürüttüğü mantığın Lande'ninkiyle aynı olduğunu açıkça gösteriyor: "Böyle bir süreçten etkilenen iki özellik, yani erkeklerde süslü tüylerin evrilmesi ve dişilerin de böylesi özellikleri cinsel açıdan yeğlemesi, birlikte gelişmelidir. Bu süreç katı bir karşı-seçilim tarafından denetlenmediği sürece, gelişim gittikçe artan bir hızla ilerleyecektir."

Fisher ve Lande'nin matematiksel bir mantık yürüterek aynı çok ilginç sonuca varmaları, kuramlarının doğada olup bitenlerin doğru bir yansımasını verdiği anlamına gelmez. Eşeysel seçilim kuramı konusunda en önde gelen otoritelerden biri olan, Cambridge Üniversitesi'nden genetikçi Peter O'Donald, Lande modelinin denetimden çıkmış özelliğinin başlangıçtaki varsayımlarında "kurulu" olduğunu, bu gemi azıya almış özelliğin yürütülen matematiksel mantık sonucunda, biraz da sıkıcı bir biçimde, ortaya çıkmasının kaçınılmaz olduğunu söylemiştir. Alan Grafen ve W. D. Hamilton da dahil bazı kuramcılarsa, yapılan seçimin dişinin çocuklarını yararlı yönde -yarar güden, soyu geliştiren yönde- etkilediği alternatif kuramları tercih etmektedirler. Bu iki bilim adamımızın birlikte üzerinde çalıştıkları kuramda, dişi kuşlar tanı koyan doktorlar gibi çalışıyor ve asalaklardan en az etkilenebilecek erkekleri seçiyorlar. Hamil-

ton'un bu dahice kuramına göre, parlak tüyler erkeğin sağlıklı olduğunu sergileme biçimi.

Asalakların kuramsal önemini tam olarak anlatmak çok zaman alacaktır. Kısaca, dişi tercihine ilişkin tüm "soyu geliştirme" kuramların sorunu şu olmuştur: Eğer dişiler en iyi genleri olan erkekleri başarıyla seçebilselerdi gerçekten, bu başarıları gelecekteki seçeneklerin sayısını azaltırdı. Eğer ortalıkta yalnızca iyi genler olsaydı, seçim yapmanın anlamı kalmazdı. Asalaklar bu kuramsal itirazı ortadan kaldırıyor. Hamilton'a göre bunun nedeni, asalakların ve konakçılarının birbirleriyle asla son bulmayacak, *çevrimsel* bir silahlanma yarışı sürdürmeleri. Buysa, herhangi bir kuş neslinde "en iyi" genlerin, gelecekteki bir başka kuş neslindeki "en iyi" genlerle aynı olmayacağı anlamına gelir. O andaki asalak neslini yenmek için yeterli olan, evrimleşen bir sonraki asalak neslinde işe yaramayacaktır. Dolayısıyla, o andaki asalak neslini yenmek açısından daha iyi donanmış bazı erkekler her zaman olacaktır. Bu nedenle de, dişiler o andaki erkek neslinin en sağlıklısını seçmekle her zaman çocuklarına üstünlük sağlamış olacaktır. Birbirini izleyen dişi nesillerinin kullanabileceği tek *genel* ölçüt, herhangi bir veterinerin de kullandığı göstergelerdir: ışıltılı gözler, parlak tüyler, vs. Bu sağlık belirtilerine sahip olanlar yalnızca sağlıklı erkeklerdir, dolayısıyla, seçilim bu belirtileri taşıyan erkeklerin lehine çalışır ve hatta bu belirtileri uzun kuyruklar ve açılan yelpazeler biçiminde abartır.

Fakat asalak kuramı, doğru olma olasılığına karşın, benim "patlamalar" bölümümün konusu değil. Fisher/Lande taşkınlık kuramına dönersek, şimdi bize gereken, gerçek hayvanlardan gelecek kanıtlardır. Böylesi kanıtları aramaya nereden başlamalıyız? Hangi yöntemleri kullanabiliriz? İsveç'ten Malte Andersson'un umut verici bir yaklaşımı var. Rastlantı eseri, Andersson, benim burada kuramsal düşünceleri tartışmak için seçtiğim uzun kuyruklu dulkuşu üzerinde çalışmış ve bunu kuşun doğal ortamı Kenya'da yapmış. Andersson'un deneyleri teknolojinin

son yeniliklerinden biri kullanılarak yapılmış: süper yapıştırıcı. Mantığı ise şöyle: Eğer erkeklerin gerçek kuyruk uzunluklarının kullanım açısından en uygun değeriyle dişilerin ne istediği arasında bir uzlaşma olduğu doğruysa, bir erkeği aşırı uzun kuyruk sahibi yaparak çok çekici kılmak mümkün olmalıdır. İşte süper yapıştırıcı da bu noktada ortaya çıkıyor. Andersson'un deneyini kısaca anlatacağım çünkü deneysel tasarımın çok güzel bir örneği.

Andersson 36 tane erkek dulkuşu yakalamış ve bunları dörder kuştan oluşan dokuz gruba ayırmış. Her dörtlü gruba da aynı şeyler uygulanmış. Her dörtlü grubun bir üyesinin (bilinçsizce yanlı davranmaktan kaçınmak amacıyla gelişigüzel seçilmesine özen gösterilmiş bir üye) kuyruk tüyleri 14 santimerte olacak şekilde kesilmiş. Kesilen kısım, çabuk kuruyan yapışkan kullanılarak, dörtlü grubun ikinci üyesinin kuyruğunun ucuna yapıştırılmış. Sonuç olarak, birinci kuşun yapay olarak kısaltılmış bir kuyruğu, ikinci üyenin de yapay olarak uzatılmış kuyruğu olmuş. Kıyaslama yapabilmek amacıyla, üçüncü kuşun kuyruğuna dokunulmamış. Dördüncü kuşunsa kuyruk uzunluğu aynı kalmış fakat önce tüylerin uçları kesilmiş, sonra da tekrar yerine yapıştırılmış. Bu anlamsız bir iş gibi görünebilir, ama deney tasarlarken ne denli dikkatli olmamız gerektiğinin çok güzel bir örneği. Bir dişi kuşu etkileyen, erkeğin kuyruk uzunluğundaki değişim değil de, tüylerinin kesilmiş olması ya da bir insan tarafından yakalanıp değiştirilmesi olabilirdi. Dördüncü grupsa, böylesi etkiler için "kontrol" grubu olarak bırakılmış.

Buradaki düşünce, her kuşun çiftleşmedeki başarısını üyesi olduğu dörtlü gruptaki farklı işlem görmüş öbür kuşlarla kıyaslamaktı. Dört ayrı işlemden birinden geçtikten sonra, her erkeğin kendi bölgesindeki eski yerini almasına izin verildi. Erkekler normal işini yaparak dişileri kendi bölgesine çekti ve çiftleşme başladı, yuvalar kuruldu, yumurtlandı. Merakla beklenen soru, dörtlü grup içinde hangi erkeğin dişileri çekmekte en ba-

şarılı olacağıydı. Andersson bunu dişileri gözleyerek değil, bekleyip her bölgede yumurta taşıyan yuvaları sayarak yaptı. Bulduğu şuydu: Yapay olarak uzatılmış kuyrukları olan erkekler, kuyrukları yapay olarak kısaltılmış erkeklerden dört kat çekiciydi. Kuyrukları normal, yani doğal boylarında olanların başarısı öbür ikisinin arasındaydı.

Sonuçlar, yalnızca rastlantı eseri ortaya çıkma olasılığı göz önüne alınarak istatistiksel olarak incelendi. Vargı şöyleydi: Dişileri çekmek tek ölçüt olsaydı, doğal olarak sahip olduklarından daha uzun kuyruğu olan erkekler diğerlerine göre daha başarılı olurlardı. Diğer bir deyişle, eşeysel seçilim kuyrukları sürekli olarak daha uzun olma yönünde zorlar (evrimsel anlamda). Gerçek kuyrukların dişilerin tercih ettiğinden daha kısa olduğu gerçeği, onları kısa tutan bir başka seçilim baskısı olması gerektiğini akla getiriyor. İşte bu, "kullanım" seçilimi. Büyük olasılıkla, kuyruğu özellikle uzun olan erkeklerin ölme olasılığı, kuyruğu ortalama uzunlukta olan erkeklerden daha fazlaydı. Ne yazık ki, Andersson'un değiştirilmiş erkeklerinin sonlarını takip edecek zamanı yoktu. Eğer takip edebilseydi, tahmin ediyorum, kuyrukları yapıştırılarak uzatılmış erkeklerin, genelde, kuyrukları normal erkeklerden daha az yaşadığını görecekti -muhtemelen avcıların saldırısına daha açık oldukları için. Öte yandan, kuyrukları yapay olarak kısaltılmış erkeklerin normal kuyruklulardan daha uzun yaşamaları beklenebilir, çünkü normal uzunluk eşeysel seçilimin en uygun değeriyle kullanım açısından en uygun değer arasında bir uzlaşmadır. Olasıdır ki, kuyrukları yapay olarak kısaltılmış erkekler kullanım açısından en uygun değere daha yakındır ve bu nedenle de daha uzun yaşar. Aslında tüm bunlarda çok fazla varsayım ve tahmin var. Eğer uzun bir kuyruğun kullanım açısından asıl zararı kuyruk büyüdükten sonra ölüm tehlikesinin fazla olması değil de, bu kuyruğu oluşturmaksa, Andersson'un bir hediyesi olarak aşırı uzun kuyruk sahibi olan erkeklerin genç ölmeleri beklenemez.

Dişinin tercihi kuyrukları ve diğer süsleri büyümeye zorluyormuş gibi bir hava tutturdum. Daha önce de gördüğümüz gibi, kuramımızda dişi tercihinin tam zıtı yönde, örneğin gittikçe kısalan kuyruklar yönünde, etkide bulunmaması için hiçbir neden yok. Bildiğimiz çalıkuşunun kuyruğu öylesine kısa ve küt ki, insan bu kuyruğun kullanım amaçları için olması gerektiğinden daha kısa olup olmadığını sormadan edemiyor. Söyledikleri şarkının aşırı gürültülü olmasından da tahmin edebileceğiniz gibi, erkek çalıkuşları arasında çok yoğun bir rekabet vardır. Bu tarz şarkı söylemenin bedeli yüksektir, hatta erkek çalıkuşunun ölümüne -gerçek anlamda- şarkı söylediği görülmüştür. Tıpkı dulkuşları gibi, başarılı çalıkuşlarının da bölgelerinde birden fazla dişi vardır. Böylesi yarışmalı bir ortamda, düz geribeslemelerin işlemesini bekleriz. Çalıkuşunun kısa kuyruğu evrimsel bir taşkın küçülme sürecinin nihai ürününü temsil ediyor olabilir mi?

Çalıkuşlarını bir tarafa bırakırsak, tavuskuşunun yelpazesini, dulkuşuyla cennetkuşunun kuyruğunu mübalağalı görünümleriyle, patlamalı, düz geribesleme sonucu sarmallar çizen evrimin nihai ürünleri olarak ele almak gayet mantıklı. Fisher ve onun günümüzdeki ardılları bize bunun nasıl ortaya çıkmış olabileceğini gösterdi. Peki, bu fikir yalnızca eşeysel seçilime mi bağlı, yoksa başka evrim çeşitlerinde de ikna edici benzetmeler bulabilir miyiz? Bu önemli bir soru, çünkü bizim kendi evrimimizde de patlamayı andıran -hatta daha da öte benzeyen- yönler var; örneğin, son birkaç milyon yıl içerisinde beynimizin gösterdiği hızlı büyüme. Zeki olmanın (ya da zeki olmanın herhangi bir göstergesinin, örneğin uzun ve karmaşık bir tören dansının adımlarını hatırlayabilmenin) cinsel açıdan arzu edilir bir özellik olduğu, beynin hızlı gelişiminin de eşeysel seçilim nedeniyle ortaya çıktığı söyleniyor. Fakat beyin büyüklüğü, eşeysel seçilime benzemekle birlikte aynı olmayan farklı bir çeşit seçilimin etkisi altında patlamış da olabilir. Sanırım, eşeysel seçilime ilişkin yapılacak benzetmelerde iki ay-

rı düzeyi ayırt etmek gerekiyor: cılız bir benzetme ve güçlü bir benzetme.

Cılız bir benzetme şunu söyler: Evrimin bir basamağındaki nihai ürünün bir sonraki basamağı hazırladığı her evrimsel süreç, potansiyel olarak ilerlemeci, bazen de patlamalıdır. Bu düşünceyi bir önceki bölümde "silahlanma yarışı" biçiminde gördük. Avcı tasarımındaki her evrimsel iyileşme, av üzerindeki baskıyı değiştirir ve böylelikle av avcıdan kaçmakta daha ustalaşır. Buysa, avcıları gelişmeye zorlar. Dolayısıyla, durmaksızın yükselen bir sarmalımız var. Gördüğümüz gibi, sonunda avın ya da avcının daha başarılı olması gerekmiyor çünkü aynı zamanda düşmanlar da gelişiyor. Fakat hem avcı hem de av gittikçe daha iyi *donanıyorlar*. Bu, eşeysel seçilime ilişkin cılız bir benzetmedir. Güçlü bir benzetmedeyse, Fisher/Lande kuramının özünün dişi tercih genlerinin kendiliğinden *kendi* kopyalarını seçtiği "yeşil sakal" benzeri bir olgu olduğu dikkate alınır. Eşeysel seçilim dışında bu çeşit bir başka olgu daha olup olmadığı çok açık değil.

Eşeysel seçilim türü patlamalı evrim benzetmelerinin aranabileceği bir yer de insan kültürünün evrimidir, çünkü burada da kaprisli seçimler vardır ve bu seçimler "moda" ya da "çoğunluk her zaman kazanır" etkisine tabidir. Bir kez daha bu bölümün başındaki uyarıya kulak verelim. Eğer sözcüklerimizi kullanırken titiz olacaksak, kültürel "evrim" aslında evrim değildir, fakat bu ikisi arasında ilkeleri kıyaslamamızı doğrulayacak kadar ortak nokta olabilir. Bunu yaparken, farklılıkları küçümsememeliyiz. Konumuz olan patlamalı sarmallara dönmeden önce bu sorunları halledelim.

İnsanlık tarihinde birçok yönden yarı-evrimsel özellikler olduğuna sık sık dikkat çekilir (aslında bir aptal bile bunu görebilir). İnsan yaşamının belirli bir yönünden -diyelim ki, bilimsel bilginin durumu, çalınan müzik türü, giysi modası, ulaşım araçları- yüz yıl ya da on yıl gibi düzenli aralıklarla kesitler alırsanız, eğilimler olduğunu göreceksiniz. Birbirini izleyen A, B, C

gibi üç ayrı zamanda alınmış ölçümlerimiz varsa, bir eğilim olduğunu söylemek B zamanında alınan ölçünün, A ve C'de alınan ölçülerin arasında bir yerde olduğunu söylemektir. İstisnalar olmasına karşın, herkes bu çeşit eğilimlerin uygar yaşamın birçok yönünü temsil ettiğini kabullenecektir. Doğrusunu söylemek gerekirse, bazen eğilimlerin yönü tersine dönebilir (örneğin, etek uzunlukları); bu, genetik evrim için de geçerlidir.

Birçok eğilim, saçma modalarla kıyaslandığında, özellikle yararlı teknolojideki eğilimler, değerleri konusunda fazla tartışmaya gerek olmaksızın *iyileşme* olarak nitelendirilebilir. Örneğin, son 200 yıl içerisinde dünya üzerinde dolaşmaya yarayan araçların atlı arabalardan buharlı araçlara ve de günümüzde süpersonik jetlere doğru, kararlı bir biçimde ve geri dönüş olmaksızın iyileştikleri kuşkusuzdur. İyileşme sözüğünü yansız bir anlamda kullanıyorum. Bu değişimler sonucu hayatın niteliğinin iyileştiğini herkesin kabullenmesi gerektiğini söylemiyorum; kişisel olarak, ben bundan sık sık kuşku duyuyorum. Seri üretimin beceri sahibi ustaların yerine geçmesiyle işçilik standartlarının düştüğü yolundaki yaygın görüşü de destekliyorum. Fakat ulaşım araçlarına yalnızca ulaşım açısından bakarsak -ki bu dünyanın bir yerinden diğerine gitmektir- tarihsel olarak bir tür iyileşme eğilimi olduğu konusunda tartışmaya gerek bile yoktur- bu yalnızca hızın iyileşmesi olsa bile. Tıpkı bunun gibi, on yıllar hatta yıllarla ölçülebilecek bir zaman ölçeğinde, duyarlı ses yükseltme cihazlarında yadsınamaz bir ilerlemeci iyileşme görülmüştür -amplifikatör icat edilmeseydi dünyanın daha güzel olacağı konusunda benimle hemfikir olsanız bile. Değişen zevkler değil; sesin yeniden üretimindeki kalitenin günümüzde 1950'dekinden, 1950'dekinin de 1920'dekinden daha iyi olduğu nesnel, ölçülebilir bir gerçektir. Günümüz televizyonlarında görüntü kalitesi ilk televizyonlardakinden daha iyidir; yayınlanan programların kalitesi için aynı şeyi söyleyemesek de... Savaşta adam öldürmek için kullanılan makinelerin kalitesi iyileşme yönünde çarpıcı bir eğilim gösteriyor; yıllar geçtikçe bu makineler

daha fazla adam öldürebilir hale geliyor. Bunun iyileşme sayılmadığı anlayışı anlatmaya hacet yok.

Hiç kuşku yok ki, dar teknik anlamda her şey zamanla daha iyiye gidiyor. Fakat bu yalnızca uçaklar ve bilgisayarlar gibi, teknik açıdan yararlı şeyler için doğru. İnsan yaşamının iyileşme olmadığı açıkça görülen gerçek eğilimler içeren birçok yönü var. Diller de açıkça evrimleşir; eğilimler gösterirler; farklılaşırlar; farklılaşma sonrası yüzyıllarla birlikte gitgide karşılıklı anlaşılamaz hale gelirler. Pasifik'in sayısız adaları, dilin evrimini incelemek için mükemmel bir atölyedir. Farklı adaların dillerinin birbirlerine benzediği çok açıktır. Bu diller arasındaki fark, birbirine benzemeyen sözcüklerin sayısıyla kesin bir doğrulukla ölçülebilir; bu, X. Bölüm'de tartışacağımız molekülsel taksonomik ölçümlere yakından benzeyen bir ölçüt. Farklılaşmış sözcüklerin sayısı ile ölçülebilen dil farkı, adalar arasındaki uzaklığa (kilometre olarak) göre çizilen bir grafikle gösterilebilir. Grafik üzerindeki noktaların tanımladığı eğrinin matematiksel şekli bize bir adadan diğerine göç hızı hakkında bilgi verecektir. Sözcükler kanolarla gezintiye çıkmış; adaların birbirine uzaklık derecesine bağlı olan aralıklarla bir adadan öbürüne atlamıştır. Tek bir ada içerisinde, sözcükler sabit bir hızla değişir, tıpkı genlerin zaman zaman mutasyon geçirmesi gibi. Tümüyle yalıtılmış bir adanın dilinde zamanla evrimsel bir değişiklik olacak, dolayısıyla, diğer adaların dilinden bir miktar uzaklaşacaktır. Birbirine yakın adalar arasındaki sözcük akışı (kanolarla), uzak olanlara kıyasla daha yüksek olacaktır. Ayrıca uzak adaların ortak atası, yakın adalarınkine kıyasla daha eskidir. Yakın ve uzak adaların dilleri arasındaki ilişkileri açıklayan bu olgular, Charles Darwin'e esin veren Galápagos Adaları'ndaki ispinozlarla ilgili gerçeklere yakından benzer. Tıpkı sözcüklerin kanolarla adadan adaya zıplamaları gibi, genler de kuşların vücutlarında adadan adaya zıplar.

Öyleyse, diller evrimleşir. Fakat, çağdaş İngilizcenin Chaucer İngilizcesinden evrimleşmiş olmasına karşın, bu iki İngiliz-

ce kıyaslandığında çağdaş İngilizcenin iyileşmiş olduğunu öne sürecek pek fazla insan çıkacağını sanmıyorum. Dil söz konusu olduğunda, iyileşme ya da kalite düşüncesi yoktur pek. Dildeki değişimi genelde bozulma olarak görürüz; daha önceki kullanımların doğru, son zamanlardaki değişimlerinse yozlaşma olduğunu düşünme eğilimindeyizdir hep. Fakat yine de tümüyle soyut, değer içermeyen bir anlamda ilerlemeci olan evrim benzeri eğilimler saptayabiliriz. Hatta, anlamdaki artışları -ya da başka bir açıdan bakarsak, bozulmaları- düz geribeslemeye ilişkin kanıtlar olarak görebiliriz. Örneğin, "yıldız" sözcüğü çok beğenilen, olağanüstü bir sinema oyuncusunu tanımlamak için kullanılırdı. Daha sonraları, anlamını yitirerek herhangi bir filmde başrollerden birini oynayan, sıradan sinema oyuncuları için de kullanılmaya başlandı. Bu yüzden, başlangıçtaki olağanüstü beğeni kazanmış anlamını yakalayabilmek için, sözcüğü "süperstar" olarak tırmandırmak zorunda kaldık. Daha da sonra, stüdyo reklamcıları bu sözcüğü çoğu kimsenin adını bile duymadığı oyuncular için bile kullanmaya başladı; böylece bir tırmanma daha sonucu "megastar" çıktı ortaya. Şimdilerdeyse, reklamı yapılan epey bir megastar var ki, en azından ben tanımıyorum. Belki de yeni bir tırmandırmanın zamanı gelmiştir. Yakında "hiperstarlar" mı olacak? Benzeri bir düz geribesleme de "şef" sözcüğünün kullanımında görülür. Bu sözcük, mutfağın başı anlamındaki Fransızca *chef de cuisine* sözcüklerinden geliyor. Bu Oxford Sözlüğü'nde verilen anlam. Öyleyse, tanım gereği, bir mutfakta yalnızca bir "şef" olabilir. Fakat, belki de gururlarını tatmin için, sıradan (erkek) aşçılar, hatta kıdemli hamburgerciler bile artık kendilerine "şef" demeye başladı. Sonuç olarak, şimdilerde, "baş şef" diye totolojik bir deyim duymaktayız!

Fakat yaptığımız eşeysel seçilime benzetmekse, bu, benim "cılız" diye adlandırdığım türden bir benzetmedir. Şimdi, "güçlü" bir benzetme için düşünebileceğim en iyi dünyaya atlamak istiyorum: "pop" müzik dünyasına. Pop müzik tutkunları ara-

sındaki tartışmaları ya da pop müzik kanallarındaki diskcokeylerin konuşmalarını dinlerseniz, çok tuhaf bir şey görürsünüz. Tüm diğer sanat eleştirisi türleri beceri ya da kabiliyet, ruh durumu, duygusal etki, sanat biçiminin nitelikleri ve özellikleri gibi şeylerle ilgilenirken, "pop" müzik alt-kültürü hemen hemen sadece *popülerliğin kendisiyle* ilgilenmektedir. Bir müzik parçasının önemli olan yanı, kulağa nasıl geldiği değil, *kaç kişinin o albümü aldığıdır*. Bu alt-kültürün tümü satış rakamlarına dayalı, Top 20 ya da Top 10 diye adlandırılan, albümlerin sıralandığı listeye takılı kalmıştır. Üzerinde düşünürseniz, bu epey tuhaf bir olgu; ve eğer R. A. Fisher"in taşkın evrim kuramını göz önüne alırsanız çok ilginç bir olgu. Ayrıca, bir diskcokeyin bir albümün listelerdeki konumunu söylerken, bir önceki hafta hangi sırada olduğunu söylemesi de önemli. Bu, dinleyicinin bir albümün o andaki popülaritesinin yanı sıra popülerliğindeki değişimin yönünü ve hızını da değerlendirebilmesini sağlıyor.

Öyle görünüyor ki, birçok insanın bir albümü alma nedeni, yalnızca çok sayıda başka insanın aynı albümü alması ya da alacak olması. Bunun şaşırtıcı kanıtı, albümü yapan şirketlerin satış rakamlarını yukarı, "uçacakları" noktaya çekmek için temsilcilerini dükkânlara göndererek kendi albümlerinden çok sayıda almaları. (Bunu yapmak sanıldığı kadar zor değil, çünkü Top 20 rakamları az sayıda dükkândan gelen satış rakamlarını temel alıyor. Kilit konumdaki bu dükkânların hangileri olduklarını biliyorsanız, ulusal düzeydeki satış tahminlerini önemli ölçüde etkilemek için öyle çok fazla albüm almanız gerekmez. Ayrıca, kilit konumdaki bu dükkânlardaki satıcıların rüşvet aldıklarına dair inandırıcı öyküler de var.)

Daha az bir düzeyde de olsa, aynı olgu -sırf popüler olmak için popüler olma- genelde kitap yayıncılığı, kadın modasında ve reklamcılıkta da var. Bir reklamcının ürünü için söyleyebileceği en iyi şeylerden biri, ürünün kendi türünde en çok satan olduğudur. Kitapların en-çok-satanlar listeleri her hafta yayınla-

nır ve hiç kuşku yok ki, bir kitap bu listelerden birine girecek kadar satış yapar yapmaz, yalnızca bu nedenden ötürü satışı daha da artar. Yayıncılar, bir kitabın "uçtuğundan" söz ederler. Hatta bilimle biraz ilgisi olanlar "kritik uçuş kütlesinden" dem vururlar. Burada atom bombasına benzetme yapılıyor. Uranyum-235, bir yerde çok fazlasını bulundurmadığınız sürece kararlıdır. Fakat bir kritik kütlesi vardır; bu kritik kütle aşıldığında, korkunç sonuçları olan zincirleme bir tepkime ya da taşkın bir süreç başlar. Bir atom bombasında her ikisi de kritik kütleden küçük, iki uranyum-235 kümesi vardır. Bomba ateşlendiğinde, bu iki küme birbirine doğru itilir ve kritik kütle aşılmış olur. Bu da, ortalama büyüklükteki bir kentin sonudur. Bir kitabın satışı "kritikleştiğinde", rakamlar, ağızdan ağza tavsiyeler vs. nedeniyle, satışın taşkın bir biçimde havalandığı noktaya ulaşmış demektir. Satış hızı bir anda müthiş artar ve kaçınılmaz sabitleşme ve bunu izleyen düşüş öncesinde geometrik bir büyüme bile görülebilir.

Bunların altında yatan olguları anlamak zor değil. Temelde, hepsi düz geribesleme örnekleri. Bir kitabın ya da bir pop müzik albümünün gerçek nitelikleri satışını belirlemede önemsiz değildir; ancak, yine de düz geribeslemelerin işlemekte olduğu yerde, hangi kitabın ya da albümün başarılı, hangisinin başarısız olacağını belirleyen güçlü, keyfi bir öğe vardır. Herhangi bir başarı öyküsünde kritik kütle ve uçuşa geçme önemli öğelerse, epey şans öğesi de olmalıdır; ayrıca sistemi anlamış insanların istismarı ve sistemle oynamaları için yeterince alan vardır. Örneğin, bir kitabın ya da albümün reklamı için "kritik noktaya" dek önemli miktarlar harcamaya değer, çünkü ondan sonra reklam için fazla para harcamanız gerekmez. Düz geribesleme devreye girer ve sizin için reklam yapmaya başlar.

Buradaki düz geribeslemelerin Fisher/Lande kuramındaki eşeysel seçilimle ortak noktaları var, ama farklılıkları da var. Uzun kuyruklu tavuskuşlarını tercih eden dişi tavuskuşları kayırılır çünkü *diğer* dişilerin de tercihi aynıdır. Erkeklerin kendi

nitelikleri keyfi ve konuyla ilgisizdir. Bu açıdan bakıldığında, belirli bir albümü Top 20'de olduğu için isteyen pop müzik meraklısı, tıpkı dişi tavuskuşu gibi davranmaktadır. Fakat bu iki örnekte düz geribeslemenin işleme mekanizmaları farklıdır. Ve sanırım, bu bizi bölüme başladığımız yere, benzetmeler konusuna geri götürüyor.



Noktacılığı Noktalamak

Kutsal Kitap'ta geçen büyük göç öyküsüne göre, İsrailoğullarının Sina çölünden geçerek vaat edilmiş topraklara göç etmesi 40 yıl sürdü. Bu yaklaşık 320 kilometrelik bir mesafe. Öyleyse, ortalama hızları günde yaklaşık 22 metreydi; saatte 1 metreye yakın; ya da gece molalarını hesaba katarak, diyelim ki saatte 3 metre. Hesabı nasıl yaparsak yapalım, elimizde komik bir hız (yavaşlık) var, salyangoz hızı deyiminden daha da yavaş (*Guinness Rekorlar Kitabı*'na göre dünya rekorunu elinde bulunduran salyangozun hızı inanılmaz: saatte 50 metre). Fakat elbette kimse bu ortalama hızın sürekli aynı düzeyde korunduğunu düşünmüyor. İsrailoğullarının dura kalka, belki bir yerde uzun süre kamp yaparak yol aldığı çok açık. Büyük olasılıkla, çoğunun belirli bir yönde yol aldıkları

hakkında hiçbir fikri yoktu. Döndüler, dolaştılar, göçebe çöl çobanları gibi bir vahadan diğerine gittiler. Tekrar ediyorum, kimse ortalama hızlarının sürekli aynı düzeyde korunduğunu düşünmüyor aslında.

Şimdi, diyelim ki, sahneye iki belagat sahibi genç tarihçi çıkıverdi ve bize, Kutsal Kitap'ta anlatılan tarihin şimdiye dek "kerteci" düşünce okulunun etkisinde kaldığını söylediler. Söylediklerine göre, "kerteci" tarihçiler, İsrailoğullarının günde 22 metre yol aldığına gerçekten inanırlarmış; her gün tentelerini toplar, doğu-kuzeydoğu yönünde 22 metre sürünür, sonra da kamplarını yeniden kurarlarmış. Genç tarihçilerin bize dediklerine göre, "kerteciliğin" tek seçeneği yeni, dinamik "noktacı" tarih okuluymuş. Genç, radikal noktacılara göre, İsrailoğulları zamanlarının çoğunu "duraklama" halinde, hareketsiz ve kamp kurmuş olarak geçirmişler; sık sık bir yerde yıllarca kalmışlar. Sonra da tekrar yola koyulmuşlar, hem de epey hızla; sonra yine yıllarca kalacakları yeni bir kamp kurmuşlar. Vaat edilmiş topraklara doğru ilerlemeleri kerte kerte ve sürekli olmak yerine, sarsıntılı bir yolculuk olmuş: hızlı hareket edilen kısa dönemlerle noktalanan uzun duraklama dönemleri. Dahası, bu hareket patlamaları her zaman vaat edilmiş topraklara doğru olmamış, neredeyse gelişigüzel yönlere gitmişler. *Büyük göç* düzenine yalnızca büyük ölçekte ve geriye doğru baktığımızda, vaat edilmiş topraklara doğru bir yöneliş görüyoruz.

İşte noktacı Kutsal Kitap tarihçileri böyle bir belagatle medyada olay oluyorlar. Çehreleri, çok satan haber dergilerinde kapakları süslüyor. Hiçbir televizyon belgeseli önde gelen noktacılardan en azından biriyle söyleşmeden tamamlanmış sayılmıyor. Kutsal Kitap çalışmaları konusunda başka bir şey bilmeyen insanlar bir gerçeği hatırlamalı: Noktacılar sahneye çıkmadan önceki karanlık günlerde, herkes yanılmıştı. Dikkat edin; noktacıların popülaritesinin kendilerinin doğru, haklı olmasıyla hiçbir ilgisi yok. Bu popülarite, tümüyle önceki otoritelerin "kerteci" ve yanlış oldukları iddiasına dayanıyor. Noktacılar kendile-

rini herkese devrimci diye sattıkları için dinleniyorlar; haklı oldukları için değil.

Noktacı Kutsal Kitap tarihçileri öyküm elbette gerçek değil. Biyolojik evrim öğrencileri arasındaki tartışmaya benzer bir tartışmayı konu alan mesel. Bazı açılardan hakça olmayan bir mesel. Ama tümüyle haksız değil ve içinde bu bölümün başında anlatılmasını haklı gösterecek kadar gerçek var. Evrimsel biyologlar arasında çok iyi bilinen bir düşünce okulu var. Bu okulun savunucuları kendilerine noktacı diyorlar ve saygıdeğer öncülleri için "kerteci" terimini de kendileri ortaya attılar. Halkın evrim hakkında hemen hemen hiçbir şey bilmeyen kesimi içerisinde müthiş bir propaganda yaptılar. Kendilerinden çok ikincil haberciler tarafından, konumları önceki evrimcilerinkinden, özellikle Charles Darwin'in konumundan tümüyle farklı olarak sunuldu. Buraya kadar Kutsal Kitap benzetmem hakça bir benzetme.

Benzetmenin dürüst olmadığı nokta şu: Kutsal Kitap tarihçileri öyküsündeki "kertecilerin" "noktacılar" tarafından uydurulmuş, var olmayan hedef tahtası oldukları *çok açık*; evrimsel "kerteciler" örneğindeyse, kertecilerin var olmayan uyduruk hedef tahtası oldukları pek o kadar açık değil. Tanıtlanması gerekiyor. Darwin'in ve birçok başka evrimcinin söylediği şeylerin maksadını noktacı olarak yorumlamak mümkün. Fakat bu durumda, noktacı sözcüğünün çok farklı biçimlerde yorumlanabileceğini anlamak önem kazanıyor. Şimdi ben "kerteci" sözcüğü için öyle bir yorum geliştireceğim ki, bu yoruma göre herkes kerteci olacak. İsrailoğullarının meselinin tersine, evrim örneğinde gerçek bir anlaşmazlık var, fakat bu gerçek anlaşmazlık küçük ayrıntılarda ve medyanın reklamını yapıp durduğu bütün bu insanların iddia ettiği kadar önemli değil.

Evrimciler içinde, "noktacılar" başlangıçta paleontologlar arasından geldi. Paleontoloji fosilleri inceleyen bilimdir. Biyolojinin çok önemli bir dalıdır, çünkü evrimsel atalar çok uzun zaman önce ölmüştür ve fosiller ırak geçmişin hayvanları ve bitki-

lerine ilişkin elimizdeki yegâne dolaysız kanıtlardır. Evrimsel atalarımızın neye benzediğini bilmek istiyorsak, temel umudumuz fosillerden gelen bilgilerdir. İnsanlar fosillerin aslında ne olduklarını anlar anlamaz -önceki düşünce okullarında fosillerin şeytanın yaratıkları ya da tufan sırasında boğulmuş zavallı günahkârların kemikleri olduğuna inanılırdı- tüm evrim kuramlarının fosil kayıtlarından beklediği bir şeyler olduğu açıkça belli yaşandı. Fakat bu beklentilerin neler olduğu konusunda bazı tartışmalar yaşandı. İşte, noktacılık tartışmasının aslı, kısmen, burada yatmaktadır.

Elimizde fosiller olduğu için şanslıyız. Hayvan kemiklerinin, kabuklarının ve diğer sert kısımlarının bozunmadan önce bir iz bırakmaları ve bu izin daha sonraları sertleşmekte olan kayayı biçimlendirerek hayvanın kalıcı bir anısını bırakan bir kalıp olarak işlev görmesi, jeolojinin bizlere sunduğu bir olgu; bunun için şanslıyız. Hayvanların ne kadarının öldükten sonra fosilleştiğini bilmiyoruz -bence fosilleşmek bir onurdur- ama gerçekten pek küçük bir bölümün fosilleştiğini biliyoruz. Fosilleşen hayvan sayısı ne denli az olursa olsun, fosil kayıtlarından belirli şeyler beklenebileceğini her evrimci kabul eder. Örneğin, memelilerin evrimleşmesinden önceki kayıtlarda insan fosilleri ortaya çıkması çok şaşırtıcı olurdu! 500 milyon yıllık kayaçlarda tek bir gerçek memeli kafatası bulunsaydı, çağdaş evrim kuramımızın tümü yerle bir olurdu. Yeri gelmişken, bu, yaratılışçıların ve onların takipçisi gazetecilerin, evrim kuramının "yanlışlanamaz" bir totoloji olduğu yolundaki asılsız haberlerine yeterli bir cevaptır. Bu ayrıca, yaratılışçıların, ekonomik çöküntü sırasında Teksas'ın dinozor yataklarında turistleri kandırmak için yontulan uydurma insan ayak izleri üzerinde neden bu denli durduklarının da yeterli bir açıklamasıdır.

Her neyse, gerçek fosillerimizi en yaşlıdan en gence doğru sıralarsak, evrim kuramı, karman çorman bir kalabalık yerine bir tür düzen görmeyi bekler. "Kertecilik" ve "noktacılık" da farklı düzenler görme beklentisi içindedir. Böylesi beklentiler, elimiz-

de ancak fosillerin *tarihlerin saptanması* için bir araç olması ya da en azından, bu fosillerin oluşum sırasını bilmemiz halinde sınanabilir. Fosillerin tarihlerini saptamada karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların çözümleri kısa bir arasöz gerektiriyor Bunun gibi birkaç arasöz daha olacak ve okuyucunun hoşgörmesini diliyorum. Tüm bunlar, bu bölümün ana temasının açıklanması için gerekli.

Fosilleri oluşum sıralarına göre düzenlemeyi çoktandır biliyoruz. Yakın zamanların fosilleri, kayaç çökellerinde daha eski fosillerin altında değil, üstünde bulunuyor. Zaman zaman volkanik patlamalarla bir kayaç kümesi ters dönebiliyor; tabii ki, böyle bir durumda toprağın aşağısına doğru kazarken fosillerin bulunuş sırası da tersine dönmüş oluyor. Fakat bu çok nadir ve rastlandığında da böyle bir şey olduğu açıkça anlaşılıyor. Belirli bir bölgede, dibe doğru kazarken eksiksiz bir fosil kaydı bulabilmek nadiren görülse de, farklı bölgelerin çakışan bölümlerinden elde edilen parçaların bir araya getirilmesiyle iyi bir kayıt ortaya çıkabilir ("aşağı doğru kazma" ifadesini kullanmama karşın, aslında paleontologların katmanlar boyunca aşağı doğru kazdıkları pek az görülür; daha çok çeşitli derinliklerde erozyon sonucu ortaya çıkan fosiller bulurlar). Paleontologlar, fosilleri milyon yıl temelinde tarih sıralamasına yerleştirmeyi öğrenmeden çok önceleri güvenilir bir jeolojik çağlar dizisi çıkarmışlardı ve hangi çağın hangisinden önce geldiğini ayrıntılarıyla biliyorlardı. Belirli bazı kabuk türleri kayaç yaşları konusunda öyle iyi göstergelerdir ki, petrol arayıcıları tarafından arazide kullanılan ana göstergeler olmuşlardır. Bununla birlikte, kendi başlarına yalnızca kayaç katmanlarının göreli yaşını belirleyebilir, mutlak yaşını söyleyemezler.

Daha sonraları, fizikteki gelişmelerle kayaçların ve içindeki fosillerin kesin tarihlerini (milyon yıl temelinde) saptayabilmemize olanak sağlayan yöntemler bulundu. Bu yöntemler belirli radyoaktif elementlerin bozunma hızlarının büyük doğrulukla bilinmesini temel alıyor; sanki müthiş hassas, minyatür krono-

metreler kayaçların içine gömülmüş gibi. Her kronometre, kayaç oluştuğu anda çalışmaya başlamış. Paleontologların yapması gereken tek şey, kazmak ve göstergedeki zamanı okumak. Farklı çeşitlerdeki radyoaktif bozunma bazlı kronometreler farklı hızlarda çalışıyor. Radyokarbonlu kronometreler öylesine hızlı çalışıyor ki, birkaç bin sene sonra yayları boşalıyor ve güvenilemez hale geliyor. Radyokarbon kronometreleri yüz ya da birkaç bin yıl gibi sürelerle uğraşan arkeolojik/tarihsel zaman ölçeğinde organik maddelerin tarihlerinin saptanması için çok yararlı, fakat milyon yıllarla uğraştığımız evrimsel zaman ölçeğinde işe yaramıyor.

Evrimsel zaman ölçeği için potasyum-argon kronometreleri gibi başka çeşitler uygun. Potasyum-argon kronometresi öylesine yavaş ki, arkeolojik/tarihsel zaman ölçeği için uygun değil. Bu, bir atletin 100 metre koşusundaki derecesini ölçmek için sıradan bir saatin akrep kolunu kullanmaya benzer. Öte yandan, evrim megamaratonunun zamanlaması için potasyum-argon benzeri bir saat tam gereken şeydir. Her biri kendine özgü yavaşlama hızına sahip diğer radyoaktif "kronometreler", rubidyum-stronsiyum ve uranyum-toryum-kurşun kronometreleridir. Sonuç olarak, bu arasöz bize şunu anlatıyor: Bir paleontolog önüne gelen fosille ilgili olarak milyonlarca yıllık bir mutlak zaman ölçeğinde hayvanın ne zaman yaşadığını söyleyebilir. Hatırlayacaksınız, bu tarih saptama ve zamanlama tartışmasına çeşitli evrim kuramlarının -"noktacı", "kerteci", vs.- fosil kayıtlarından ne bekleyebileceğini merak ettiğimiz için girdik. Şimdi bu çeşitli beklentilerin neler olduğunu tartışma zamanı geldi.

Önce, diyelim ki, doğa paleontologlara olağanüstü cömert davrandı (ya da, yapılması gereken işleri düşünürseniz, belki de kötü davranmıştır) ve onlara yaşamış olan her hayvanın bir fosilini verdi. Böylesine eksiksiz, kronolojik sıraya göre düzenlenmiş bir fosil kaydına bakabilseydik, evrimciler olarak neler görmeyi beklerdik? Eğer İsrailoğullarının meselinde karikatürleştirilmiş anlamda "kerteciler" olsaydık, şuna benzer bir şeyler gör-

meyi bekleyecektik: Kronolojik fosil dizileri her zaman sabit değişim hızları olan, düzgün evrimsel eğilimler sergileyecektir. Başka bir deyişle, A, B ve C diye üç fosilimiz varsa ve eğer A, B'nin atası, B de C'nin atasıysa, B'nin biçiminin A ve C arasında olmasını beklemeliyiz. Örneğin, A'nın 20 santimetre, C'nin de 40 santimetere uzunluğunda bacakları varsa, B'nin bacakları bu ikisinin arasında bir yerde olmalı; kesin rakam A'nın ve B'nin varoluşları arasında geçen süreyle doğru orantılı olmalıdır.

Kertecilik karikatürünü, İsrailoğullarının günde 22 metrelik ortalama hızını hesaplarken yaptığımız gibi mantıksal sonucuna dek taşırsak, A'dan C'ye gelen evrimsel çizgide bacakların ortalama uzama hızını da hesaplayabiliriz. Diyelim ki, A , C'den 20 milyon yıl önce yaşadı (biraz daha gerçekçi olabilmek için bir örnek vereyim: At ailesinin bilinen en eski üyesi *Hyracotherium*, 50 milyon yıl önce yaşadı ve bir teriyer büyüklüğündeydi); evrimsel büyüme hızı 20 milyon yılda 20 santimetre, yani yılda santimetrenin milyonda biri kadardır. Kerteci karikatürünün, bacakların nesiller boyunca bu çok yavaş hızla kararlı bir biçimde büyüdüğüne inanması gerekiyor. Diyelim ki, bu at benzerinin oluşum süresini 4 yıl olarak aldık; her nesilde santimetrenin milyonda 4'ü kadar büyüme olacaktır. Kertecinin, bütün bu milyonlarca nesil boyunca, bacakları santimetrenin milyonda 4'ü kadar ortalamanın üzerinde olan bireylerin, bacakları ortalama uzunlukta olan bireylere kıyasla üstün olduklarına inanıyor olması gerekir. Buna inanmak, İsrailoğullarının her gün çölde 22 metre yol aldığına inanmaya benziyor.

Aynı şey bilinen en hızlı evrimsel değişimlerden biri olan insan kafatasının büyümesi için de geçerli -beyin hacmi yaklaşık 500 cm^3 olan *Australopithecus* benzeri bir atadan ortalama beyin hacmi 1400 cm^3 olan çağdaş *Homo sapiens*'e. 900 cm^3'lük bu büyüme, yani beyin hacminin yaklaşık üç katına çıkması yalnızca üç milyon yıl içerisinde olmuş. Evrimsel standartlara göre, bu yüksek bir değişim hızı; öyle görünüyor ki, beyin bir balon gibi şişmiş ve gerçekten de bazı açılardan bakıldığında, *Austra-*

lopithecus'un daha düz, çizgileri aşağı doğru eğimli kafatasına kıyasla, çağdaş insan kafatası ampul benzeri, küresel bir balona benzer. Ama üç milyon yıl içerisindeki nesil sayısına bakarsak (diyelim ki her yüzyılda dört nesil), ortalama evrim hızı her nesilde bir santimetreküpün yüzde biri kadardır. Kerteci karikatürü nesilden nesile yavaş ve değiştirilemez bir değişim olduğuna inanmak zorundadır: Her nesilde, oğullar babalarından biraz daha fazla beyinliydi, 0,01 cm^3 daha fazla beyinleri vardı. Bu fazladan 0,01 cm^3'ün her yeni nesile bir öncekine kıyasla önemli bir hayatta kalabilme üstünlüğü sağladığının varsayılması gerekir.

Fakat, bir santimetreküpün yüzde biri çağdaş insanlar arasında var olan beyin büyüklükleri aralığıyla kıyaslandığında küçücük bir miktar. Örneğin, çok sık anlatılan bir gerçek, yazar Anatole France'ın -ki hiç aptal değildi ve Nobel ödülü kazanmıştı- beyninin 1000 cm^3'ten küçük olduğudur; diğer uçta 2000 cm^3'lük beyinler de var: ne dereceye kadar gerçek olduğunu bilmiyorum ama Oliver Cromwell sık sık örnek olarak verilir. Öyleyse, kerteci karkatürünün önemli bir hayatta kalma üstünlüğü verdiğini varsaydığı nesil ortalaması 0,01 cm^3'lük fazlalık, Anatole France ile Oliver Cromwell'in beyinleri arasındaki *farkın* yalnızca on binde biri! Kerteci karikatürü gerçekte var olmadığı için şanslıyız.

Pekâlâ; eğer bu tür var olmayan bir kerteci karikatürü, noktacı şövalyeler için bir yel değirmeni ise, gerçekten var olan ve makul inançlara sahip başka bir çeşit kerteci var mıdır? Sizlere yanıtın evet olduğunu ve bu ikinci anlamdaki kerteciler arasında tüm mantıklı evrimcilerin, hatta inandıkları şeylere dikkatlice baktığınızda kendilerine noktacı diyenlerin de bulunduğunu göstereceğim. Fakat, noktacıların neden kendi görüşlerinin devrimci ve heyecan verici olduğunu düşündüklerini anlamamız gerekiyor. Bu sorunları tartışmak için başlangıç noktamız fosil kayıtlarında görünürde "boşlukların" olmasıdır ve şimdi bu boşluklara geliyoruz.

Darwin'den sonra evrimciler, ellerindeki tüm fosilleri kronolojik sıraya soktuklarında, bu dizinin zorlukla algılanabilir bir düzgün değişimler dizisi oluşturmadığını anladı. Uzun dönemli değişim eğilimlerini ayırt edebiliyoruz -bacaklar gittikçe uzuyor, kafatasları yuvarlaklaşıyor, vs.- fakat fosil kayıtlarında gözlenen eğilimler düz değil, çoğunlukla sıçramalı ve ani. Darwin ve onu izleyenlerin çoğu bunun temelde fosil kayıtlarının mükemmel olmamasından kaynaklandığını düşündü. Darwin, eğer eksiksiz bir fosil kaydı bulabilseydik, ani değil, düzgün bir değişim göreceğimizi düşünüyordu. Fakat fosilleşme rastlantıya bağlı bir süreç olduğundan ve fosillerin bulunması da epey şans gerektirdiğinden, bu iş çoğu karelerin kaybolduğu bir sinema filmi seyretmeye benziyor. Fosiller filmimizi perdeye yansıttığımızda bir tür hareket görebiliyoruz, fakat bu hareket Charlie Chaplin filmlerindekinden daha ani ve sarsak; en eski Charlie Chaplin filminde bile karelerinin onda dokuzu kaybolmamıştır.

Amerikalı paleontologlar Niles Eldredge ve Stephen Jay Gould, 1972'de noktalı dengeler kuramını ilk kez ortaya attıklarında, çok farklı bir öneri getirdiler. Fosil kayıtlarının aslında mükemmellikten bizim düşündüğümüz kadar uzak olmadığını ileri sürdüler. Belki de, "boşluklar" mükemmel olmayan bir fosil kaydının kaçınılmaz ama sinir bozucu sonuçları değil de, gerçekte olanların doğru yansımasıydı. Belki de, dediler, evrim gerçekten belirli bir soy çizgisinde hiçbir evrimsel değişimin olmadığı uzun "durgunluk" dönemleriyle noktalanmış ani patlamalarla gelişti.

Eldredge ve Gould'un düşündüğü türden ani patlamalara gelmeden önce, "ani patlamalar" deyiminin kesinlikle düşünmedikleri anlamlarına bakmalıyız. Şimdiye dek ciddi yanlış anlamalara kaynaklık eden anlamları ortadan kaldırmamız gerekiyor. Eldredge ve Gould bazı çok önemli boşlukların fosil kayıtlarının mükemmel olmamasından kaynaklandığını kesinlikle kabul ediyordu. Bunlar epey de büyük boşluklardı. Örneğin, günümüz-

den 600 milyon yıl önce oluşan kambriyen kayaç katmanları, ana omurgasız gruplarının çoğunu bulduğumuz, en eski kayaçlardır. Bu fosillerin çoğunu ilk ortaya çıkışlarında ileri bir evrim düzeyinde buluyoruz; sanki hiç evrimsel tarihleri yokmuş ve oraya bırakılmışlar gibi... Söylemeye hacet yok, bu ani ortaya çıkış yaratılışçıları çok mutlu ediyor. Fakat her gruptan evrimciler bunun fosil kayıtlarında çok büyük bir boşluğu temsil ettiğine inanıyor; bir nedenle 600 milyon yıl öncesindeki devirlerden gelen çok az sayıda fosil olmasından doğan bir boşluk var. İyi bir neden, bu hayvanların çoğunun vücutlarında yalnızca yumuşak bölümler olmasıdır; fosilleşecek kabuklar, kemikler yoktur. Eğer bir yaratılışçıysanız, bunun bir bahane olduğunu düşünebilirsiniz. Benim burada vurgulamak istediğim, bu boyutta boşluklardan söz ederken, "noktacılarla" "kerteciler"in yorumları arasında hiçbir farklılık yok. Her iki grup da bilimsel olduklarını iddia eden yaratılışçıları dikkate almaz büyük boşlukların gerçekten var olduğunu ve bunların fosil kayıtlarındaki mükemmel olmayan noktalar olduğunu kabullenir. Her iki grup da kambriyen devrinde bu denli çok sayıda, karmaşık hayvan çeşidinin aniden ortaya çıkışının tek alternatif açıklamasının Tanrısal yaratılış olduğunu kabul eder ve bu alternatifi reddeder.

Evrimin ani sıçramalar geçirdiğini söylemenin Eldredge ve Gould'un kastetmediği bir başka muhtemel anlamı daha var. Muhtemeldir ki, fosil kayıtlarındaki bazı boşluklar gerçekten de tek bir nesildeki ani değişimi yansıtmaktadır. Muhtemeldir ki, aslında ara canlılar hiç var olmamıştır. Muhtemeldir ki, tek bir nesilde büyük evrimsel değişimler olmuştur. Bir oğul babasından o denli farklı doğmuştur ki, başka bir türün üyesi olmuştur ve bu öylesine büyük bir mutasyondur ki, buna makromutasyon dememiz gerekir. Makromutasyonlara bağlı evrim kuramlarına "sıçrama" kuramları deniyor. Noktalı dengeler kuramı sık sık gerçek sıçramayla karıştırıldığı için, burada sıçramayı tartışmamız ve evrimde neden önemli bir öğe olamayacağını göstermemiz gerekiyor.

Makromutasyonlar -etkileri geniş olan mutasyonlar- olduğu su götürmez. Buradaki sorun, olup olmadıkları değil, evrimde rol oynayıp oynamadıklarıdır. Bir başka deyişle, bir türün genetik havuzuna katılıp katılmadıkları, ya da tam tersine, daima doğal seçilim tarafından elenip elenmedikleridir. İyi bilinen bir makromutasyon örneği, meyvesineklerindeki "antennapaedia"dır. Normal bir meyvesineğinde, antenlerin bacaklarla ortak noktaları vardır ve dölütte benzer yollardan gelişirler. Fakat farkları da belirgindir ve çok farklı amaçlar için kullanılırlar: bacaklar yürümek için; antenler duyum, koklama ve nesneleri duyumsamak için. "Antennapaedik" sinekler, antenlerin tıpkı bacak gibi geliştiği aykırılıklardır. Ya da başka türlü söylersek, antenleri olmayan ama antenlerin olması gereken yerden çıkmış fazladan bir çift bacağı olan sineklerdir. Bu, DNA'nın kopyalanması sırasında oluşan bir hatadan kaynaklanan gerçek bir mutasyondur. Ve, "antennapaedik" sinekler laboratuvarda beslendiklerinde döl bırakacak kadar yaşayabiliyorlar. Dışarda uzun süre hayatta kalamıyorlar çünkü hareketleri hantal ve can alıcı duyu organları sakat.

Öyleyse, makromutasyonlar gerçekten oluyor. Fakat evrim sürecinde bir rolleri var mı? Sıçramacı denilen kişiler, makromutasyonlara evrimdeki büyük sıçramaların tek bir nesilde oluşmasının bir yolu olarak bakıyorlar. III. Bölüm'de tanıştığımız Richard Goldschmidt gerçek bir sıçramacıydı. Sıçramacılık doğru olsaydı, fosil kayıtlarındaki görünür "boşlukların" hiç de boşluk sayılmaları gerekmezdi. Örneğin, bir sıçramacı, yüz hatları eğimli *Australopithecus*'tan yuvarlak kafalı *Homo sapiens*'e geçişin tek bir nesilde, tek bir makromutasyon adımıyla olduğuna inanabilir. Bu iki tür arasındaki biçim farkı büyük olasılıkla normal bir sinekle "antennapaedik" bir sinek arasındaki farktan daha azdır; ve kuramsal olarak, muhtemeldir ki, ilk *Homo sapiens* iki normal *Australopithecus* ebeveynin aykırı -büyük olasılıkla sürgün edilmiş ve eziyet edilmiş- yavrusuydu.

Tüm bu sıçramalı evrim kuramlarını reddetmek için çok iyi nedenler var. Bunlardan biri -biraz sıkıcı bir neden- tek bir mutasyon adımıyla yeni türler ortaya çıkması halinde, bu yeni türün üyelerinin eş bulmakta epey zorlanacak olmaları. Ben bu nedenin içeriğinin, Biyomorf Ülkesi'nde neden büyük atlamaların olamayacağı tartışmamızda öngördüğüm diğer iki nedenden daha az açıklayıcı ve daha az ilginç olduğunu düşünüyorum. Bu noktalardan birincisi, daha önceki bölümlerde başka bağlamlarda tanıştığımız, büyük istatistikçi ve biyolog R. A. Fisher tarafından ortaya atıldı. Fisher, sıçramacılığın bugünkünden daha moda olduğu günlerde, sıçramacılığın tüm biçimlerinin yılmaz bir karşıtıydı ve aşağıdaki benzetmeyi kullanırdı. Düşünün, derdi, başka bakımlardan çok iyi ayarlanmış, tamamen olmasa bile hemen hemen mükemmel odaklanmış bir mikroskop düşünün. Mikroskopun durumunda gelişigüzel bir değişiklik (mutasyona karşılık gelen bir değişiklik) yaptığımızda, odağı ve görüntünün genel kalitesini iyileştirme şansımız nedir? Şöyle yanıtlıyor:

> Yeterince açıktır ki, yapılacak büyük bir değişikliğin ayarı iyileştirme olasılığı çok düşük olacaktır. Öte yandan, yapımcı ya da kullanıcının bilinçli olarak yaptığı en küçük değişiklikten çok daha küçük değişimlerin iyileştirme olasılığı hemen hemen yüzde elli olacaktır.

Fisher'in "kolayca görülebilir" bulduğu noktanın sıradan bilim adamlarının zihinsel güçleri üzerine saygıdeğer bir yük bindirdiğini daha önce söylemiştim. Aynı şey, Fisher'in "yeterince açık" bulduğu konular için de geçerli. Neyse, üzerinde durduğumuzda Fisher'in hemen her zaman doğru çıktığını görüyoruz ve bu kez düşüncesini fazla zorlanmadan kendimize kanıtlayabileceğiz. Başlamadan önce mikroskopun hemen hemen doğru odaklanmış olduğunu varsaydığımızı hatırlayın. Diyelim ki, mercek mükemmel odaklama için gerekenden birazcık daha

aşağıda, lama gerekenden 2 milimetre daha yakın. Şimdi, eğer merceği gelişigüzel bir yönde birazcık oynatırsak, örneğin 0,2 milimetre, odağın düzelme olasılığı nedir? Merceği 1 milimetre aşağı oynatırsak, odak kötüleşecek. Merceği 1 milimetre yukarı oynatırsak, odak daha iyi olacak. Merceği gelişigüzel oynattığımız için, bunun aşağı ya da yukarı olma olasılığı yüzde elli. Ayar hareketini başlangıçtaki hataya kıyasla ne kadar küçük tutarsak, odağın düzelme şansı yüzde elliye o kadar yaklaşacaktır. Bu, Fisher'in söylediğinin ikinci kısmının doğrulanmasını tamamlıyor.

Şimdi de mikroskop tüpünü büyük bir miktar -bir makromutasyona eşdeğer- ve yine gelişigüzel oynattığımızı düşünelim; diyelim ki, 20 milimetre oynatıyoruz. Bu durumda, hangi yöne hareket ettirirsek ettirelim, ister aşağı ister yukarı, odağı eskisinden daha kötü bir hale sokacağız. Aşağı oynatırsak, odak ideal konumundan 22 milimetre uzak olacak (ve büyük olasılıkla lamı parçalamış olacak). Yukarı oynatırsak, ideal konumundan 18 milimetre uzak olacak. Hareket ettirmeden önce ideal konumdan yalnızca 2 milimetre uzaktaydı; öyleyse, her iki türlü de "makromutasyon"vari büyük hareketimiz kötü bir şey oldu. Hesaplamamızı büyük bir hareket ("makromutasyon") ve küçük bir hareket ("mikromutasyon") için tekrarladık. Aynı hesaplamayı bir dizi ara büyüklükteki hareket için yapabiliriz, ama gereği yok. Artık sanıyorum, hareketimizi ne kadar küçük tutarsak, düzelme olasılığının yüzde elli olduğu uca o kadar yaklaşacağımız; ne kadar büyük tutarsak düzelme olasılığının sıfır olduğu uca o kadar yaklaşacağımız yeterince açık.

Okuyucu, bu yaklaşımın başlangıçtaki varsayımımıza, mikroskopun biz gelişigüzel ayarlamalar yapmadan önce tam odaklanmaya çok yakın olmasına dayandığını fark etmiştir. Mikroskop başta ideal odaktan 2 santimetre uzaktaysa, 1 santimetrelik gelişigüzel bir değişimin bir düzeltme olma şansı yüzde ellidir; tıpkı 0,01 santimetrelik gelişigüzel bir değişimde olduğu gibi. Bu durumda, "makromutasyonun" mikroskopu odağa daha ça-

buk oturtma üstünlüğü var gibi görünüyor. Fisher"in yaklaşımının "megamutasyonlara", diyelim ki gelişigüzel bir yönde 6 santimetrelik harekete de uygulanabileceğine kuşku yok.

Öyleyse Fisher neden o başlangıçtaki varsayımı, mikroskopun işe başlarken neden odağa çok yakın olduğu varsayımını yaptı? Bu varsayım, benzetmede mikroskopun oynadığı rolden kaynaklanıyor. Gelişigüzel yapılan ayarlama sonundaki mikroskop, mutasyon geçirmiş hayvanı temsil ediyor. Gelişigüzel yapılan ayarlama öncesindeki mikroskop, mutasyon geçirmiş hayvanın normal, mutasyon geçirmemiş ebeveynini temsil ediyor. Bir ebeveyn olduğu için de, üreyecek kadar yaşamış ve iyi ayarlanmış olma durumuna hiç de o kadar uzak sayılmaz. Aynı şekilde, gelişigüzel hareket öncesinde mikroskop odaklanmış olmaya o kadar uzak sayılmaz; tersi olsaydı, benzetmede karşılık geldiği hayvan hayatta kalmış olamazdı. Bu yalnızca bir benzetme ve "o kadar uzak" deyiminin 1 santimetre mi, 0,1 santimetre mi, yoksa 0,01 santimetre mi olduğu konusunda tartışmanın bir anlamı yok. Önemli olan konu, büyüklüğü gittikçe artan mutasyonları düşündüğümüzde, mutasyon ne kadar büyükse, yararlı olması olasılığının o kadar düşük olduğu bir noktaya gelinecek olmasıdır. Öte yandan, gittikçe küçülen mutasyonları düşünürsek, mutasyonun yararlı olma olasılığının yüzde elli olduğu bir noktaya gelinecektir.

Antennapaedia gibi makromutasyonların yararlı olup olamayacağı (ya da en azından zararlarından kaçınılıp kaçınılamayacağı) ve bundan dolayı da, evrimsel değişime neden olup olamayacağı tartışması, ele aldığımız mutasyonun *ne kadar* "makro" olduğu konusuna geliyor. Mutasyon ne kadar "makroysa", zararlı etkisi o kadar fazladır ve bir türün evrimine katkıda bulunma olasılığı o kadar azdır. Aslına bakarsanız, genetik laboratuvarlarında incelenen mutasyonların (ki bunlar oldukça makrodur; olmasalardı genetikçiler onları fark etmezlerdi) hemen hepsi zararlıdır (tuhaftır, bunun Darwinciliğe karşı bir sav olduğunu düşünen insanlara rastladım). Öyleyse, Fisher'in mik-

roskop benzetmesi, "sıçramalı" evrim kuramları hakkında şüpheci olmamız için en azından bir neden sunuyor bize.

Gerçek sıçramacılığa inanmamamız için ikinci genel neden ise istatistiksel ve bu nedenin gücü de düşündüğümüz makromutasyonun ne kadar makro olduğuna bağlı. Burada evrimsel değişimlerin karmaşıklığı söz konusu. İlgilendiğimiz evrimsel değişimlerin hepsi olmasa da çoğu, tasarımın karmaşıklığının artışını içerir. Daha önceki bölümlerde tartıştığımız uç örneğimiz göz, bu noktayı açığa kavuşturacak. Bizimkilere benzer gözlere sahip hayvanlar, hiç gözü olmayan atalardan evrildi. Aşırı bir sıçramacı, evrimin tek bir adımda gerçekleştiğini düşünebilir. Bir ebeveynin gözü yoktu, gözlerin olabileceği yerde yalnızca deri vardı. Aykırı bir çocuğu oldu; bu çocuğun tümüyle gelişmiş eksiksiz bir gözü, bu gözün odaklama için değişken mercekleri; merceği küçültmek için gözbebeği diyaframı; doğru, üçboyutlu, renkli görme yeteneği vermek için beyne bağlanmış, hem de doğru bağlanmış sinirleri; üç renkli fotoselleri ve bu fotosellerden milyonlarcasını içeren bir retinası vardı.

Biyomorf modelimizde bu tür çok-boyutlu iyileşmelerin olamayacağını varsaymıştık. Bunun neden mantıklı bir varsayım olduğunu tekrarlayalım; hiçbir şeyden bir göz yapmak için tek bir iyileşmeye değil, çok sayıda iyileşmeye gerek vardır. Bu iyileşmelerin her biri kendi başına oldukça olasılık dışıdır, ama olanaksız olacak kadar olasılık dışı değildir. Aynı anda olan iyileşmelerin sayısı ne kadar çoksa, bunların aynı anda oluşmaları olasılığı da o kadar düşüktür. Bunların rastlantı eseri aynı anda oluşması, Biyomorf Ülkesi'nde çok uzak bir noktaya atlayarak, önceden belirlenmiş bir noktaya konmakla eşdeğerdir. Ele aldığımız iyileşmelerin sayısı yeterince fazlaysa, bunların hep birlikte gerçekleşme olasılığı, tüm amaçlar ve niyetler için, olanaksız denecek kadar düşük olasılıklıdır. Bu yaklaşımı yeterince açık ortaya koymuştuk, fakat iki çeşit varsayımsal makromutasyon arasında ayrım yapmamız yararlı olabilir. Karmaşıklık yaklaşımı bu makromutasyonların ikisini de safdışı eder *gibi görü-*

nüyor, fakat aslında yalnızca birini safdışı ediyor. Birazdan anlayacağınız nedenlerle bu makromutasyonlara Boeing *747* makromutasyonları ve Uzamış DC8 makromutasyonları adını veriyorum.

Boeing *747* makromutasyonları, yukarıda verdiğimiz karmaşıklık yaklaşımıyla gerçekten safdışı bırakılanlardır. İsimlerini, gökbilimci Sir Fred Hoyle'un hatırlanası yanlışından, doğal seçilim kuramını yanlış anlamasından alıyorlar. Hoyle, sözde olasılık dışılık çerçevesinde, doğal seçilimi bir hurda çöplüğünde esen fırtınanın şans eseri bir Boeing *747* yapmasıyla kıyaslıyor. I. Bölüm'de gördüğümüz gibi, bu doğal seçilim için tümüyle yanlış bir benzetme, fakat bazı makromutasyon türlerinin evrimsel değişime yol açması fikri için çok iyi bir benzetme. Aslında, Hoyle'un bilmeden yaptığı temel yanlış, doğal seçilimin gerçekten de makromutasyonlara bağlı olduğunu sanmasıydı. Tek bir makromutasyonun çıplak deri üzerinde yukarıda özelliklerini saydığımız, tümüyle işlevsel bir göze yol açması düşüncesi, gerçekten de fırtınanın bir Boeing *747* yapması kadar olasılık dışıdır. Böylesi varsayımsal makromutasyonlara Boeing *747* makromutasyonu adını vermemin nedeni bu.

Uzamış DC8 makromutasyonları, etkilerinin boyutları geniş olmakla birlikte, fazla karmaşık olmayan mutasyonlardır. Uzamış DC8 daha eski bir uçak olan DC8'in değiştirilmesiyle yapılmış bir uçak; DC8'e benziyor fakat gövdesi uzatılmış. Bu en azından bir açıdan, orijinal DC8'e göre daha fazla yolcu taşıyabilme açısından bir iyileşme. Bu, uçağın boyunda yapılan büyük bir uzama ve bu anlamda da bir makromutasyona benziyor. Daha da ilginç, bu uzama ilk bakışta çok karmaşık bir şey gibi görünüyor. Dev bir uçağın gövdesini uzatmak için yalnızca ek bir kabin eklemek yetmiyor. Sayısız kanalın, kablonun, hava tüpünün ve elektrik telinin uzatılması gerekiyor. Daha fazla koltuk, kül tablası, okuma ışıkları, 21-kanal seçimli müzik sistemleri ve temiz hava vanaları da koymanız gerekiyor. İlk bakışta, uzatılmış bir DC8'de, sıradan bir DC8'e kıyasla, daha faz-

la karmaşıklık olduğu düşünülüyor, ama bu gerçekten böyle mi? Yanıt, hayır; en azından uzatılmış uçaktaki "yeni" şeylerin sadece "aynı şeylerden daha çok yapmak" olması anlamında hayır. III. Bölüm'deki biyomorflar sık sık uzamış DC8 türünden makromutasyonlar geçiriyor.

Bütün bunların gerçek hayvanlardaki mutasyonlarla ne ilgisi var? Yanıt şöyle: Bazı gerçek mutasyonlar DC8'den uzamış DC8'e geçerken yapılanlara çok benzeyen büyük değişimlere yol açıyor; ve bunların bazıları bir anlamda "makro" mutasyon olmalarına karşın, evrim sürecine kesin katkıda bulunmuş. Örneğin, yılanların hepsinde atalarından daha fazla omur vardır. Elimizde fosil olmasaydı bile bundan emin olabilirdik, çünkü yılanların hayatta olan akrabalarından bile daha fazla omurları var. Bunun da ötesinde, farklı yılan türlerinde farklı sayıda omur var ki, bu da omur sayısının evrim sürecinde ortak atadan bu yana sık sık değiştiği anlamına geliyor.

Bir hayvanda omur sayısını değiştirmek için bir kemik eklemekten daha fazla şeyler yapmalısınız. Tıpkı daha fazla koltuk, kül tablası, okuma ışıkları, 21-kanal seçimli müzik sistemleri ve taze hava vanalarında olduğu gibi, her omurla ilişkili bir sinir kümesi, bir kan damarları kümesi, bir kas kümesi, vs. vardır. Tıpkı uçağın gövdesinin orta bölümü gibi, bir yılanın vücudunun orta bölümü de, her biri tek tek ne kadar karmaşık olursa olsun, çoğu birbirine tıpatıp benzeyen *bölmelerden* oluşur. Dolayısıyla, yeni bölmeler eklemek için yapılması gereken basit bir kopyalama işlemidir. Bir yılan bölmesi yapmak için gereken genetik alet edevat -yüksek karmaşıklık düzeyine sahip, adım adım, kerte kerte gelişen bir evrim süreciyle oluşması sayısız nesil almış genetik alet edevat- zaten var olduğuna göre, tek bir mutasyon adımıyla bu eş bölmeler kolayca eklenebilir. Genleri "gelişmekte olan bir dölüte talimatlar" olarak düşünürsek, ek bölme yapmak için gereken talimat yalnızca "buraya aynısından daha fazla sayıda yap" olabilir. Sanırım, ilk uzamış DC8'i yapmak için gereken talimatlar da buna benzer bir şeydi.

Yılanların evriminde, omur sayılarının kesirlerle değil, tamsayılarla değiştiğinden emin olabiliriz. Omur sayısı 26,3 olan bir yılan düşünebiliyor musunuz? Ya 26 omuru vardır, ya da 27; ve bir yavru yılanın ebeveynlerinden bir fazla omura, tam bir omura sahip olduğu durumlar mutlaka olmuştur. Bu, yavru yılanın tam bir sinir kümesi, bir kan damarları kümesi, bir kas kümesi, vs. sahibi olduğu anlamına geliyor. Öyleyse, bir anlamda, bu yılan bir makromutasyon geçirmişti, ama zayıf "uzamış DC8" anlamında. Ebeynlerinden 6-7 tane daha fazla omuru olan yılanların tek bir mutasyon adımıyla ortaya çıkabileceğine kolaylıkla inanılabilir. Sıçramalı evrime karşı geliştirilen "karmaşıklık savı" uzamış DC8 makromutasyonlarına uygulanamaz, çünkü oluşan değişimin yapısına ayrıntılı olarak bakarsak, gerçek anlamda makromutasyon olmadıklarını anlarız. Bunlar, yalnızca tamamlanmış ürüne, yetişkin canlıya naifçe bakarsak makromutasyon olarak nitelenebilir. Dölütün gelişim *işlemlerine* baktığımız zamansa, bunların aslında mikromutasyon olduğunu görürüz -dölüte verilen *talimatlardaki* küçük bir değişimin yetişkinde büyük bir görünür etkiye yol açması anlamında. Aynı şeyler meyvesineklerindeki antennapaedia ve "homeotik mutasyon" denen birçok başka mutasyon için de geçerlidir.

Makromutasyonlar ve sıçramalı evrim konusundaki arasözüm burada tamamlanıyor. Bu arasöz gerekliydi çünkü noktalı dengeler kuramı sık sık sıçramalı evrimle karıştırılıyor. Fakat bu bölümün asıl konusu noktalı dengeler kuramı ve bu kuramın makromutasyon ve gerçek sıçramayla hiçbir bağlantısı yok.

Demek ki, Eldredge ve Gould'un ve diğer "noktacıların" sözünü ettiği "boşlukların" gerçek sıçrama ile hiçbir ilgisi yok; bunlar yaratılışçıları heyecanlandıran "boşluklardan" çok çok daha küçük boşluklar. Bunun da ötesinde, Eldredge ve Gould başlangıçta kuramlarını sıradan, "geleneksel" Darwinciliğe antipatik bakan, radikal ve devrimci bir kuram olarak *sunmadı* -sonraları böyle satılmaya başlandı-; onlarınki uzun zaman önce kabul edilmiş, doğru anlaşılmış, geleneksel Darwinciliği *iz-*

leyen bir kuramdı. Bu doğru anlayışa varabilmek için, korkarım, bir başka arasöze daha ihtiyacımız var; bu kez yeni türlerin nasıl ortaya çıktığı sorusuna, "türleşme" dediğimiz sürece bakacağız.

Darwin'in türlerin kökeni sorununa yanıtı, genel anlamda, türlerin başka türlerden çıktığıydı. Bunun da ötesinde, yaşamın soyağacı dallanan bir ağaçtır; bu, günümüz türlerinden birden fazlasının ortak bir atası olabileceği anlamına geliyor. Örneğin, aslan ve kaplan günümüzde farklı türlerin üyeleri olsalar da tek bir ortak türden ortaya çıktılar, hem de pek uzak olmayan bir geçmişte... Bu atasal tür günümüzdeki iki türden birinin aynısı olabilir ya da üçüncü bir çağdaş tür olabilir, belki de soyu artık tükenmiştir. Aynı şekilde, insan ve şempanzelerin artık farklı türlerin üyesi olduğu çok açık, fakat birkaç milyon yıl önceki ataları tek bir türdü. Türleşme, tek bir türün iki tür haline geldiği bir süreç ve bu iki türden biri baştaki tek türle aynı olabiliyor.

Türleşmeye zor bir sorun olarak bakılmasının nedeni şu: Sonradan atasal olacak tek bir türün bütün üyeleri birbirleriyle çiftleşebilirler; aslında birçok kişi de "tek tür" deyiminin *anlamının bu olduğunu* düşünür. Dolayısıyla, ne zaman yeni bir çocuk tür eskisinden kopma durumuna gelse, türiçi çiftleşme çocuk türün "işini bozacaktır". Aslanların sonradan atası olacaklarla kaplanların sonradan atası olacakların birbirleriyle çiftleşmeyi sürdürdükleri ve bu yüzden de birbirlerine benzer kaldıkları için bir türlü kopamadıklarını düşünebiliriz. Yeri gelmişken, benim "işini bozmak" gibi ifadeleri kullanmamda fazla bir şeyler aramayın; sanki atasal aslanlar ve kaplanlar bir anlamda birbirlerinden ayrılmak "istiyorlarmış" gibi... Sadece şu: Gerçek o ki, türler evrim sürecinde birbirlerinden *ayrılıp uzaklaştılar* ve ilk bakışta, türiçi çiftleşme bu farklılaşmanın nasıl olduğunu görmemizi zorlaştırıyor.

Bu soruna verilecek ilk doğru yanıtın, en belirgin yanıt olduğu hemen hemen kesin. Atasal aslanlarla atasal kaplanlar dün-

yanın başka başka bölgelerinde, birbirleriyle çiftleşemeyecek yerlerde olsalar, türiçi çiftleşme sorunu olmaz. Tabii ki, farklılaşabilmek için farklı anakaralara gitmediler: Kendilerini atasal aslanlar ve atasal kaplanlar olarak düşünmüyorlardı! Fakat tek bir atasal tür zaten farklı anakaralara yayılır, bunu biliyoruz. Diyelim ki, Afrika ve Asya'ya yayıldılar; Afrika'da olanlar Asya'dakilerle çiftleşemedi çünkü karşılaşmıyorlardı. İki anakara üzerinde yaşayan hayvanlarda, ister doğal seçilim etkisiyle ister rastlantının etkisiyle olsun, farklı yönlerde evrilme eğilimi varsa, türiçi çiftleşme farklılaşmalarına ve sonunda iki ayrı tür haline gelmelerine engel teşkil etmez.

Kolayca anlaşılmak amacıyla iki ayrı anakaradan söz ettim, ama coğrafyasal ayrımların türiçi çiftleşmeye engel olması ilkesi bir çölün, bir dağın, bir nehrin, hatta bir karayolunun farklı tarafındaki hayvanlara da uygulanabilir. Aralarında engel olarak yalnızca uzaklık olan hayvanlara bile uygulanabilir. İspanya'daki soreksler Moğolistan'dakilerle çiftleşemez ve İspanya ile Moğolistan'ı bağlayan kesintisiz bir çiftleşebilen soreksler zinciri olsa bile İspanya'dakiler Moğolistan sorekslerinden, evrimsel açıdan, farklılaşabilirler. Her neyse, deniz ya da bir sıradağ gibi fiziksel bir engel düşündüğümüzde coğrafyasal ayrımın türleşmenin kilit noktası olduğu fikri daha da açıklık kazanıyor. Böylece, takımadalar da, büyük olasılıkla, yeni türler için bitek fidanlıklar görevini üstleniyor.

Sonuç olarak, tipik bir türün atasal bir türden nasıl farklılaşarak doğduğuna ilişkin ortodoks yeni-Darwinci görüşümüz bu yönde. Geniş bir karasal alana yayılmış, türiçi çiftleşen, oldukça birörnek, büyük bir atasal tür popülasyonuyla işe başlıyoruz. Herhangi bir hayvan olabilirdi, ama gelin soreksleri düşünmeyi sürdürelim. Kara parçası bir sıradağla ikiye bölünmüş. Soreksler buradan geçmeyecekler çünkü konuksever olmayan bir bölge, ama arada sırada birkaç soreks dağları aşıp öte tarafa geçiyor. Öte tarafta beslenebiliyor ve ana popülasyondan tümüyle kopuk ama türün uzantısı bir popülasyon oluşturuyorlar. Bu iki

popülasyon kendi içlerinde çiftleşiyor ve genlerini dağların iki tarafında ayrı ayrı karıştırıyorlar ama dağlar aşılmıyor. Zamanla, bir popülasyonun genetik bileşiminde olacak her değişim, çiftleşme yoluyla o popülasyon içinde yayılıyor ama öte taraftaki popülasyona geçemiyor. Bu değişimlerin bazıları dağların iki tarafında farklı olabilecek doğal seçilim nedeniyle ortaya çıkabilir; hava koşullarının, avcıların ve asalakların iki tarafta da tıpatıp aynı olmasını bekleyemeyiz. Bazı değişimlerse, yalnızca rastlantı eseri olabilir. Genetik değişimlerin nedeni ne olursa olsun, çiftleşme bu değişimlerin iki popülasyondan birinin içerisinde yayılmasını sağlayacaktır; ama bir popülasyondan diğerine yayılma olmayacaktır. Sonunda, iki popülasyon genetik olarak farklılaşır (ıraksar), yani birbirlerine gittikçe daha az benzerler.

Bir süre sonra, birbirlerine o kadar benzemez olurlar ki, doğabilimciler onların farklı "ırklara" ait olduğunu düşünür. Biraz daha zaman geçtikten sonra, öylesine farklılaşmışlardır ki, onları farklı türler olarak sınıflandırırız. Şimdi, diyelim ki, iklim yumuşamaya başladı ve dağları aşmak kolaylaştı. Yeni türün bazı üyeleri anayurda geri dönmeye başladılar. Uzun zaman önce kaybettikleri kuzenlerinin soyuyla karşılaştıklarında, genetik yapılarının onlarla başarılı çiftleşme yapamayacak kadar farklılaştığı ortaya çıkar. Eğer melezleşmeyi başarırlarsa, yavrular ya hastalıklı ya da katırlar gibi kısır olacaktır. Doğal seçilim, herhengi bir taraftaki bireylerin diğer türle, hatta ırkla melezleşmesini cezalandıracaktır. Doğal seçilim, böylelikle, sıradağların rastlantı eseri aşılması ile başlayan "üretken yalıtım" sürecini bitirir. "Türleşme" tamamlanmıştır. Eskiden elimizde tek tür varken artık iki tür vardır ve bu iki tür birbirleriyle çiftleşmeden aynı yerde var olabilirler.

Aslında, bu iki türün çok uzun süre yan yana yaşayamamaları gibi bir olasılık da var. Bunun nedeni birbirleriyle çiftleşmeleri değil, rekabete girecek olmalarıdır. Aynı tarz bir yaşamı sürdüren iki türün bir yerde uzun süre var olamayacağı, ekolo-

jide yaygın kabul gören bir ilke, çünkü bu iki tür birbirlerine rakip oluyorlar ve biri ya da diğerinin soyu tükeniyor. Kuşkusuz, bizim iki soreks popülasyonunun yaşam tarzları artık aynı olmayabilir. Örneğin, dağların öte tarafında evrilen farklı bir böcek türünü avlamada uzmanlaşmış olabilir. Fakat iki tür arasında önemli bir rekabet varsa, ekologların çoğu, çakışan alandaki türlerden birinin soyunun tükeneceğini düşünür. Eğer soyu tükenen başlangıçtaki, atasal türse, yeni, göçmen tür onun yerini almış demektir.

Coğrafyasal bir ayrılmayla başlayan bir süreci içeren türleşme kuramı, uzun zamandır ortodoks yeni-Darwinciliğin köşetaşlarından biri olmuştur ve bugün hâlâ konuyla ilgili tarafların hepsi bunu yeni türlerin ortaya çıkmasında ana süreç olarak kabul eder (bazıları başka süreçler de olduğunu düşünüyor). Türleşme kuramının çağdaş Darwinciliğe katılması, büyük ölçüde, saygın zoolog Ernst Mayr'ın etkisiyle olmuştur. Kuramlarını ilk kez öne sürdüklerinde "noktacıların" yaptığı, kendilerine şu soruyu sormak oldu: Çoğu yeni-Darwinci gibi türleşmenin coğrafyasal ayrımla başladığı yolundaki ortodoks kuramı kabullendiğime göre, fosil kayıtlarında ne görmeyi beklemeliyim?

Varsayımsal soreks popülasyonunu, sıradağların ötesinde farklılaşan yeni türü, bu türün anayurduna dönmesini ve muhtemelen atasal türün soyunun tükenmesine neden oluşunu anımsayın. Bu sorekslerin fosil bıraktıklarını; hatta fosil kayıtlarının *mükemmel* olduğunu, kilit aşamalarda hiçbir boşluk olmadığını düşünelim. Bu fosillerin bize ne göstermesini bekleriz? Atasal türden yavru türe düzgün bir geçiş mi? Kesinlikle hayır, en azından kazımızı başlangıçtaki atasal sorekslerin yaşadığı anayurt parçasında yapıyorsak. Anayurtta olup bitenlerin tarihini düşünün. Atasal soreksler vardı, mutlu mutlu çiftleşip yaşıyorlardı, değişmek için de belirli bir nedenleri yoktu. Dağların öte yanındaki kuzenleri evrimleşmekle meşguldü ama onların fosilleri dağın öte yanında kaldı ve onların fosillerini kazı-

mızı yaptığımız anayurtta bulamayacağız. Sonra, ansızın (yani, jeolojik standartlarla ansızın), yeni tür geri dönüyor ve, belki de, ana türün yerini alıyor. Ansızın anayurdun katmanlarında gezinirken bulduğumuz fosiller değişiyor. Önceleri fosiller atasal türe aitti. Şimdi, birdenbire ve görünür bir geçiş olmaksızın yeni türün fosilleri çıkıyor karşımıza. Eski türün fosilleri de kayboluyor.

"Boşluklar" mükemmel olmayan, sinirlendirici noktalar, utanç verici durumlar olmaktan öte, ortodoks, yeni-Darwinci türleşme kuramımızı ciddiye aldığımız takdirde tam da beklememiz gereken şey olarak çıkıyor karşımıza. Atasal türden onun çocuğu olan türe geçişin ansızın ve sıçramalı görünmesinin nedeni, bir yerdeki fosiller dizisine baktığımızda büyük olasılıkla *evrimsel* bir olaya bakmıyor olmamızdır; bir *göçe*, başka bir coğrafyadan yeni bir türün gelişine bakmaktayızdır. Mutlaka evrimsel olaylar olmuştur ve bir tür gerçekten de bir diğerinden -muhtemelen kerte kerte- evrilmiştir. Fakat evrimsel geçişin fosillerde belgelendiğini görebilmek için başka bir yerlerde, örneğimizde dağın öbür yanında, kazı yapmalıyız.

Öyleyse, Eldredge ve Gould'un vurguladıkları konu, alçakgönüllü olursak, Darwin ve ardıllarına yardım eli uzatarak kötü bir durumdan kurtarma olarak adlandırılabilir. Aslında, kısmen de böyle sunulmuştu -başlangıçta. Fosil kayıtlarında görünen boşluklar Darwincileri hep kaygılandırmış ve mükemmel olmayan kanıtlara bahaneler uydurmaya zorlamıştı. Darwin bile şöyle yazmıştı:

> Jeolojik kayıtlar mükemmel olmayan noktalarla doludur ve bu gerçek, tüm soyu tükenmiş ve yaşamakta olan yaşam biçimlerini küçük adımlarla birbirine bağlayan sonsuz sayıda çeşitlilik bulunmayışını büyük ölçüde açıklamaktadır. Jeolojik kayıtların doğasına ilişkin bu görüşümü kabul etmeyenler, kuramının da tümünü reddetmekte haklı olurlar.

Eldredge ve Gould şunu ana iletileri yapabilirlerdi: Kaygılanma Darwin, fosil kayıtları mükemmel olsaydı bile, tek bir yerde kazdığın sürece küçük adımlı, yavaş bir ilerleme görmeyi beklememelisin, çünkü evrimsel değişimin çoğu başka bir yerde olmuştur! Daha da ileri gidip şunu da söyleyebilirlerdi:

> Darwin, fosil kayıtlarının mükemmel olmadığını ifade ederken az bile söyledin. Kayıtlar yalnızca mükemmel olmamakla kalmıyor; tam olaylar ilginçleşmeye başladığında, tam evrimsel değişim meydana gelirken kayıtların özellikle mükemmel olmaması için çok iyi nedenler var; kısmen evrim genellikle bizim fosilleri bulduğumuzdan başka bir yerde oluştuğu için; kısmen de evrimsel değişimin çoğunun gerçekleştiği küçük alanlardan birinde kazı yapacak kadar şanslı olsak bile, bu evrimsel değişim -kerte kerte olmasına karşın- çok kısa bir sürede gerçekleştiği ve evrim izlerini görebilmemize olanak sağlayacak fosil kaydının son derece zengin olması gerektiği için!

Fakat, hayır, bunun yerine, özellikle de gazeteciler tarafından büyük bir hevesle izlenen sonraki yazılarında, fikirlerini Darwin'e kökten *karşı* ve yeni-Darwincilere de karşı olarak sundular. Bunu, kendi ani, sıçramalı, seyrek "noktacılık"larının karşısında Darwinci evrim görüşünün "kerteciliğini" vurgulayarak yaptılar. Hatta kendileriyle eski "felaketçilik" ve "sıçramacılık" akımları arasında benzerlikler gördüler; özellikle de Gould. Sıçramacılığı gördük. Felaketçilikse, on sekiz ve on dokuzuncu yüzyıllarda yaratılışçılığın bir biçimiyle fosil kayıtlarının rahatsızlık veren bazı gerçeklerini uzlaştırmak amacıyla yapılan bir girişimdi. Felaketçiler fosil kayıtlarındaki görünür ilerlemenin aslında bir dizi birbirinden ayrı yaratılışı yansıttığına, bu yaratılışların her birinin bir felaketin neden olduğu kitlesel kıyımla sonlandığına inanıyorlardı. Bu felaketlerin en sonuncusu Nuh'un tufanıydı.

Bir tarafta çağdaş noktacılıkla, diğer tarafta felaketçilik ya da sıçramacılıkla kıyaslama, oldukça şiirsel bir güç oluşturdu. Bir paradoksa işaret etmeme izin verin; Eldredge ve Gould derinden yüzeyseller. Sanatsal, edebi bir tavırla çok etkileyici konuşuyorlar, ama ciddi bir evrim anlayışı yerleştirecek hiçbir şey yapmıyorlar ve günümüz yaratılışçılarına, Amerikan eğitimi ve ders kitabı basımını altüst etme amacıyla yaptıkları rahatsız edecek denli başarılı mücadelelerinde düzmece bir yardım ve rahatlık sağlayabiliyorlar. Gerçek şu ki, Eldredge ve Gould, en ciddi anlamda, Darwin ya da onun izleyicileri kadar kerteciler. Yalnızca tüm bu yavaş değişimi, sürekli bir değişim olarak düşünmeleri gerekirken, kısa patlamalar halinde sıkıştırıyorlar; öbür taraftan da adım adım, yavaş gelişen değişimin çoğu fosilin çıkarıldığı bölgelerden uzaktaki coğrafyalarda gerçekleştiğini vurguluyorlar.

Sonuç olarak, noktacıların karşı oldukları aslında Darwin'in kerteciliği değil; kertecilik her neslin bir önceki nesilden pek az farklı olduğu anlamına geliyor; buna karşı çıkmak için sıçramacı olmak gerek ve Eldredge'le Gould sıçramacı değiller. Diğer noktacılarla birlikte karşı çıktıkları, Darwin'in evrim hızının sabit olduğu yolundaki sözde inancı. Buna karşı çıkıyorlar çünkü evrimin (hâlâ kerteci evrim; bu reddedilemez) görece kısa etkinlik patlamaları (evrimsel değişime karşı olan sözde normal direncin kırıldığı bir çeşit kriz atmosferi sağlayan türleşme olayları) sırasında hızla oluştuğunu; ve aradaki uzun durgunluk dönemlerinde evrimin çok yavaşladığını ya da durduğunu düşünüyorlar. Kuşkusuz, "görece" kısa dediğimizde, genelde jeolojik zaman ölçeğine göre kısa demek istiyoruz. Noktacıların evrimci sıçramaları bile, jeolojik standartlara göre anlık olsalar da, onbinlerce ve yüzbinlerce yılla ölçülüyor.

Bu noktada, Amerikalı tanınmış evrimci G. Ledyard Stebbins'in bir düşüncesi aydınlatıcı olacak. Stebbins sıçramalı evrime özel ilgi duymamış, fakat jeolojik zaman ölçeğinden bakarak evrimsel değişimin hızını dramatize etmek istiyor. Bir fare bü-

yüklüğünde bir hayvan türü düşünüyor. Doğal seçilimin, vücut büyüklüğündeki bir artışın, ama çok çok küçük bir artışın lehine çalıştığını varsayıyor. Belki de, dişiler için ortaya çıkan rekabette daha büyük erkekler küçük bir üstünlük sağlıyordur. Herhangi bir zamanda, ortalama büyüklükteki erkekler, ortalamadan biraz daha büyük erkeklerden biraz daha az başarılı. Stebbins, bu varsayımsal örneğinde daha büyük bireylerin matematiksel üstünlüğünü kesin bir rakamla ifade ediyor. Bu üstünlük o kadar küçük ki, insan gözlemciler tarafından ölçülemiyor. Bu üstünlüğün getirdiği evrimsel değişim hızı da o kadar yavaş ki, sıradan insanın yaşam süresi içerisinde fark edilmiyor. Evrimle uğraşan bilim adamlarına göre, bu hayvanlar evrimleşmiyor. Ama aslında Stebbins'in matematiksel varsayımının belirlediği bir hızla, çok çok yavaş da olsa, evrimleşiyorlar. Bu yavaş hızla bile bir fil büyüklüğüne erişeceklerdir. Bu ne kadar zaman alacak? İnsan standartlarına göre çok uzun zaman alacağı açık, ama insan standartları konumuz dışında. Biz jeolojik zamandan söz ediyoruz. Stebbins, varsaydığı yavaş evrim hızında hayvanların 40 gramlık bir ortalama ağırlıktan (fare büyüklüğünde) 6.000.000 gramı aşan bir ortalama ağırlığa (fil büyüklüğünde) evrimleşmelerinin yaklaşık 12.000 nesil aldığını hesaplıyor. Bir neslin 5 yıl sürdüğünü varsayarsak (bu süre farenin ömründen uzun fakat filinkinden kısa) 12.000 nesil için 60.000 yıl geçmesi gerekir. 60.000 yıl fosil kayıtlarını tarih sırasına dizmede kullandığımız olağan jeolojik yöntemler için çok kısa. Stebbins'e göre, 100.000 yıl ya da daha az bir süre içerisinde yeni bir hayvan türünün ortaya çıkması, paleontologlarca "ani" veya "anlık" bir değişim olarak görülür.

Noktacılar evrimdeki sıçramalardan söz etmiyorlar, görece hızlı bir evrimin olduğu dönemlerden söz ediyorlar. Bu dönemlerin bile jeolojik standartlarda anlık olarak ortaya çıkması için insan standartlarında hızlı olması gerekmiyor. Noktalı dengeler hakkında ne düşünürsek düşünelim, kerteciliği (Darwin ve hatta çağdaş noktacıların bir nesilden diğerine ani sıçramalar olma-

dığı yolundaki inançları) "sabit evrimsel hızcılık"la (noktacıların karşı çıktığı ve gerçekte olmasa da sözde Darwin'in benimsediği inanç) karıştırmak çok kolay. Bu ikisi kesinlikle aynı şey değil. Noktacıların inançlarının doğru nitelendirmesi şu olmalıdır: Evrim kerte kerte gerçekleşir; fakat kerte kerte meydana gelen hızlı değişimlerin oluşturduğu kısa dönemleri noktalayan uzun evrimsel "durgunluk" dönemleri içerir. Bu durumda vurgu, önceleri ihmal ettiğimiz ve asıl açıklanması gereken olgu olan uzun durgunluk dönemlerine kayıyor. Noktacıların evrime asıl katkısı kerteciliği reddetme iddiaları değil, durgunluğu vurgulamaları; çünkü onlar da herkes kadar kerteciler aslında.

Mayr'ın türleşme kuramında bile durgunluğun, daha az abartılmış da olsa, vurgulandığını görebiliriz. Mayr, coğrafyasal olarak ayrılmış iki ırktan büyük atasal popülasyonun değişme olasılığının yeni doğan popülasyondan (bizim soreks örneğinde dağın öte tarafındaki) daha az olduğuna inanıyor. Bunun tek nedeni yeni popülasyonun, koşulların muhtemelen farklı olduğu ve doğal seçilim baskılarının değişmiş olduğu yeni otlaklara göçmesi değil. Ayrıca, üreyen büyük popülasyonların evrimsel değişime direnme yönünde içsel bir eğilimleri olduğunu düşünmek için bazı kuramsal nedenler var (Mayr'ın üstünde durmasına rağmen bu nedenlerin önemi tartışmaya açık). Büyük, ağır bir nesnenin eylemsizliği uygun bir benzetme olacak; bu nesneyi sürüklemek zordur. Bu yaklaşım küçük, sınır ötesi popülasyonların, küçük oldukları için, değişme, evrimleşme olasılıklarının fazla olduğunu söylüyor. Dolayısıyla, iki popülasyon ya da soreks ırkının birbirlerinden farklılaştığından söz ediyorum ama Mayr atasal popülasyonun görece durgun kaldığını, yeni popülasyonun da farklılaştığını düşünmeyi yeğlerdi. Evrim ağacı çatallanırken iki eşit dal vermez; ana bir gövde vardır ve yeni dal da bu ana gövdeden çıkar.

Noktalı denge kuramının taraftarları Mayr'ın bu önerisini aldılar ve "durgunluğun" ya da evrimsel değişim yokluğunun bir türün değişmez kuralı olduğunu savunan güçlü bir inanç olarak

abarttılar. Büyük popülasyonlarda, evrimsel değişime etkin bir biçimde direnen genetik güçler olduğuna inanıyorlar. Onlar için evrimsel değişim ender görülen ve türleşmeyle çakışan bir olay. Türleşmeyle şu anlamda çakışıyor: Onların görüşüne göre, yeni bir türün oluştuğu koşullar -küçük, yalıtılmış alt-popülasyonların coğrafyasal olarak ayrılması- normalde evrimsel değişime direnen güçlerin gevşediği ya da alaşağı edildiği koşulların ta kendisidir. Türleşme bir ayaklanma, bir devrim sürecidir. Ve işte bu ayaklanma döneminde evrimsel değişim yoğunlaşır. Bir soy çizgisinin tarihinin büyük bölümünde ise, durağan kalır.

Darwin'in sabit, süreğen bir evrim hızına inandığı doğru değil. Benim İsrailoğulları meselimde komikleştirdiğim aşırı anlamda inanmadığı kesin. Önemli ölçüde inandığını da sanmıyorum. *Türlerin Kökeni*'nin dördüncü basımından (ve sonraki basımlardan) alınan aşağıdaki tanınmış bölüm, Gould'u sinirlendiriyor çünkü burada söylenenlerin Darwin'in genel düşüncesini yansıtmadığına inanıyor:

> Birçok tür bir kez ortaya çıktıktan sonra asla daha fazla değişmiyor... ve, türlerin değişim geçirdiği dönemler, yıllarla ölçülecek kadar uzun olmalarına karşın, büyük olasılıkla, aynı biçimi korudukları dönemlere kıyasla kısa olmuştur.

Gould şunları söyleyerek yukarıdaki tümceyi ve ona benzeyen diğerlerini silkeleyip atmak istiyor:

> Alıntılar seçerek ve dipnotlar arayarak tarih yapamazsınız. Doğru ölçütler, genel eğilim ve tarihsel etkidir. Çağdaşları ya da ardılları Darwin'e bir sıçramacı gözüyle baktılar mı hiç?

Kuşkusuz, Gould genel eğilim ve tarihsel açı konusunda haklı, fakat ondan aldığım bu ikinci tümce çok açık bir *gaf*. Elbette

Darwin'i kimse bir sıçramacı olarak görmedi ve elbette Darwin sıçramacılığa hep karşıydı, fakat önemli olan, noktalı evrimi tartışırken sorunumuzun sıçramacılık olmaması. Daha önce de vurguladığım gibi, noktalı denge kuramı, Eldredge ve Gould'un da dediği gibi sıçramacı bir kuram değil. Öne sürdüğü sıçramalar gerçek, tek nesil içeren sıçramalar değil. Bu sıçramalar, Gould'un kendi tahminine göre, belki de onbinlerce yıl sürmüş çok sayıda nesile yayılmış. Noktalı denge kuramı kerteci bir kuram ama görece kısa dönemli kerteci evrim patlamaları arasında uzun durgunluk dönemleri olduğunu vurguluyor. Gould, noktacılıkla gerçek sıçramacılık arasında tümüyle şiirsel, edebi bir benzerliği belagatle vurgularken güzel sözleri onu yanılgıya götürüyor.

Bu noktada, evrim hızı hakkında bir dizi olası görüş açısını özetleyerek konuya açıklık getirebileceğimi düşünüyorum. Bir tarafta yeterince tartışmış olduğum gerçek sıçramacılık var. Günümüz biyologları arasında gerçek sıçramacılar yok. Sıçramacı olmayan herkes, kertecidir ve buna Eldredge ve Gould da dahildir -kendi kendilerini nasıl tanımlarsa tanımlasınlar. Kertecilik içerisinde, evrim hızı (kerte kerte) konusunda çeşitli görüşler var. Gördüğümüz gibi, bu görüşlerin bazıları gerçek, kerteci-karşıtı sıçramacıkla tümüyle yüzeysel ("edebi" ya da "şiirsel") bir benzerlik taşıyor; bu nedenle de gerçek sıçramacılıkla karıştırılıyor.

Diğer bir uçta da, bu bölümün açılışını yaptığım büyük göç meselinde karikatürleştirdiğim türden "sabit hızcılık" var. Aşırı bir sabit hızcı, bir dallanma ya da türleşme olup olmadığına bakmaksızın, evrimin her daim kaçınılmaz ve kararlı bir biçimde yürüdüğüne, evrimsel değişim miktarının geçen süreyle doğru orantılı olduğuna inanır. Son zamanlarda, günümüz moleküler genetikçileri arasında bir çeşit sabit hızcılığın oldukça popülerleşmesi de bir başka ironi. Evrimsel değişimin protein molekülleri düzeyinde tıpkı varsayımsal İsrailoğulları gibi, gerçekten sabit bir hızla ilerlediği ve kollar, bacaklar gibi dıştan görü-

nür özellikler büyük oranda noktalı evriliyor *olsa bile* bunun doğru olduğu iyi bir savunmanın temeli olurdu. V. Bölüm'de bu konu üzerinde durmuştuk, bir sonraki bölümde yine sözünü edeceğiz. Fakat büyük ölçekli yapıların ve davranış biçimlerinin evrimi söz konusu olduğunda, hemen hemen tüm evrimciler sabit hızcılığı reddedeceklerdir; Darwin de reddederdi. Sabit hızcı olmayan herkes ise, değişken hızcıdır.

Değişken hızcılık içinde iki çeşit inanç ayırt edebiliyoruz: "kesikli değişken hızcılık" ve "süreğen değişken hızcılık". Aşırı bir "kesikçi" yalnızca evrim hızının değiştiğine inanmakla kalmaz, aynı zamanda hızın tıpkı bir otomobilin vites kutusu gibi, ansızın bir düzeyden bir başka düzeye atladığına inanır. Örneğin, evrimin yalnızca iki hızı olduğuna inanabilir: çok hızlı ve durmuş. (Bu noktada, yedi yaşındayken yatılı okuldaki gözetmenimin giysileri katlama, soğuk duş alına ve yatılı okul yaşamının diğer günlük işlerindeki performansıma ilişkin hakkımda yazdığı rapordaki alaycılığı hatırlamaktan kendimi alamıyorum: "Dawkins'in yalnızca üç hızı var: yavaş, çok yavaş ve durma.") "Durmuş" hız, noktacıların büyük popülasyonları karakterize ederken kullandıkları "durgunluk". Son vitesteki evrim, büyük, evrimsel açıdan durağan popülasyonların çevresindeki küçük, yalıtılmış popülasyonlarda türleşme sırasında oluşan hız. Bu görüşe göre, evrim hep iki vitesten birindedir; asla arada bir yerde olmaz. Eldredge ve Gould kesikçiliğe yatkınlar ve bu açıdan gerçekten de radikaller. Onlara "kesikli değişken hızcılar" diyebiliriz. Yeri gelmişken, bir kesikli değişken hızcının türleşmeyi son vites evrim süreci olarak vurgulamak zorunda olmasının *özel* bir nedeni yok. Bununla birlikte, uygulamada çoğu bunu yapıyor.

Öte yandan, "süreğen değişken hızcılar" evrim hızının çok hızlı, çok yavaş ve durma arasında -tüm ara hızlar dahil- sürekli değiştiğine inanıyor. Belirli hızları diğerlerinden daha fazla vurgulamak için özel bir neden görmüyorlar. Özellikle, süreğen değişken hızcılara göre durgunluk yalnızca, yavaş-ötesi evrim

içeren aşırı bir durum. Bir noktacı içinse, durgunluk çok özel bir şeydir. Noktacı için durgunluk, yalnızca hızı sıfır olacak kadar yavaş olan evrim değildir; durgunluk yalnızca değişimin lehine çalışan hiçbir itici güç olmaması nedeniyle oluşan, edilgen bir evrim yokluğu değildir. Durgunluk, aynı zamanda, evrimsel değişime karşı olumlu bir *direnci* temsil eder; türler, evrim lehine çalışan itici güçlere *rağmen, evrimleşmemek* için etkin önlemler almaktaymış gibi düşünülür neredeyse.

Durgunluğun gerçek bir olgu olduğuna inanan biyologların sayısı, durgunluğun nedenleri hakkında fikir birliğine varabilenlerin sayısından daha fazla. Aşırı bir örnek olarak bir koelakant olan *Latimeria*'yı alalım. Koelakantlar 250 milyon yıl öncesinde yaşamış, büyük bir "balık" grubuydu (aslında, balık olarak nitelendirmemize karşın, bizimle olan akrabalıkları alabalıklara olan akrabalıklarından daha fazladır) ve öyle görünüyor ki, dinozorlarla yaklaşık aynı zamanlarda tükendiler. "Öyle görünüyor ki" dedim çünkü 1938'de, Güney Afrika kıyısı açıklarında avlanan bir açık deniz balıkçı teknesinin ağlarına, zooloji dünyasını hayretlere düşüren, yaklaşık 1,5 metre uzunluğunda, sıra dışı bacak-benzeri yüzgeçleri olan, tuhaf bir balık yakalandı. Rakamlarla ölçülemeyecek kadar değerli olduğu anlaşılana dek hemen hemen tümüyle parçalandı, ama şansımız varmış ki, bozulmakta olan kalıntıları yetkin bir Güney Afrikalı zoologların tam da zamanında, dikkatini çekti. Gözlerine inanamayan bilim adamı balığı yaşayan bir koelakant olarak tanımladı ve *Latimeria* adını verdi. O günden bugüne, aynı bölgede birkaç tane örnek yakalandı ve bu tür incelenerek tanımlandı. Bu bir "yaşayan fosil"; yüz milyonlarca yıl önceki fosil atalarının yaşadığı zamandan beri çok az değişmiş bir yaşayan balık anlamında...

Öyleyse, durgunluk var. Şimdi ne yapacağız? Bunu nasıl açıklayacağız? Bazılarımız, *Latimeria*'ya dek inen soy çizgisinin aynı kaldığını, çünkü doğal seçilimin bu çizgiyi hareket ettirmediğini söyleyeceklerdir. Bir anlamda, *Latimeria*'nın evrimleşmeye "gereksinimi" yoktu, çünkü bu hayvanlar koşulların

fazla değişmediği bir yerde, denizin diplerinde başarılı bir yaşam sürdürüyorlardı. Belki de, hiç silahlanma yarışına girmediler. Karaya çıkan kuzenleriyse evrimleşti, çünkü doğal seçilim, içlerinde silahlanma yarışlarının da olduğu çeşitli düşmanca koşullarla onları zorladı. Kendilerine noktacı adını verenler de dahil bazı biyologlar, günümüz *Latimeria*'sına götüren soy çizgisinin var olabilecek doğal seçilim baskılarına rağmen, değişime etkin bir biçimde direndiğini söyleyebilirler. Kim haklı? *Latimeria* örneğimizde kimin haklı olduğunu bilmek zor, fakat bu sorunun yanıtını aramak amacıyla tutabileceğimiz bir yol, ilke olarak, var.

Daha adil olabilmek için *Latimeria*'yı düşünmeyi bırakalım. Çok vurucu bir örnek ama aynı zamanda çok da aşırı ve noktacıların güvenecekleri bir örnek değil. Onların inancı daha az aşırı, kısa dönemli durgunluk örneklerinin çokça görüldüğü ve kural oluşturdukları, çünkü değişimi zorlayan doğal seçilim güçleri olsa bile, değişime etkin olarak direnen mekanizmalara sahip oldukları yönünde. Şimdi bu varsayımı en azından ilke olarak, denemek üzere yapabileceğimiz çok basit bir deney anlatacağım. Yaban popülasyonları alıp, kendi seçilim güçlerimizi bunların üzerinde uygulayabiliriz. Türlerin etkin olarak değişime direndikleri varsayımına göre, belirli bir nitelik hedefleyerek hayvanları yetiştirirsek, tür, deyim yerindeyse, ayaklarını sıkıca yere basacak ve hareket etmeyi reddedecektir, en azından bir süre. Örneğin, inekleri alır ve daha fazla süt vermeleri için seçerek çoğaltırsak, başarısız olmamız gerekir. Türün genetik mekanizmaları kendi evrim-karşıtı mekanizmalarını harekete geçirir ve değişim baskısıyla savaşır. Tavukları daha fazla yumurta vermek üzere evrimleştirmek istersek, başarısız olmamız gerekir. Boğa güreşçileri o rezil "sporları" adına seçimli yetiştirme yaparak boğalarının cesaretini artırmak isterlerse, başarısız olmaları gerekir. Bu başarısızlıklar kuşkusuz geçici olacaktır. Sonunda, basınç altında yıkılan bir baraj misali, evrim-karşıtı olduğu iddia edilen güçler yenilecektir ve soy çizgisi hızla yeni

bir dengeye kayacaktır. Fakat yeni bir seçimli yetiştirme programı başlattığımızda en azından bir miktar dirençle karşılaşmamız gerekir.

Tabii ki, gerçekte, yakaladığımız hayvan ve bitkileri seçerek yetiştirme yoluyla evrimi şekillendirmeye çalıştığımızda başarısız olmuyoruz ya da başlangıçta bir zorluk dönemi geçirmiyoruz. Hayvan ve bitki türleri genellikle seçimli yetiştirmeye hemen boyun eğerler ve hayvan yetiştiricileri hiçbir içsel, evrim-karşıtı olduğu iddia edilen güç saptayamamıştır. Eğer bir zorluk çıkacaksa, bu zorluk başarılı bir seçimli yetiştirme programı birkaç nesil uygulandıktan *sonra* ortaya çıkacaktır. Bunun nedeni birkaç nesil süren seçimli yetiştirme sonrasında, var olan genetik çeşitlilik tükenmesidir; bu yüzden yeni mutasyonlar beklememiz gerekir. Mutasyon geçirmedikleri için koelakantların evrimlerinin durduğu akla yakın -belki de denizin dibinde kozmik ışınlardan kurtuluyorlardı!- fakat benim bildiğim kadarıyla hiç kimse bunu ciddi olarak öne sürmedi. Her ne olursa olsun, noktacıların türlerin kendi içlerinde evrimsel değişime karşı bir direnç olduğunu söylerken kastettikleri bu değil.

Kastetikleri, VII. Bölüm'de "işbirliği yapan genler" konusunda anlatmak istediğime daha çok benziyor: gen gruplarının birbirlerine çok iyi uyum sağladıkları ve böylelikle klübün üyesi olmayan yeni genlerin işgaline direndikleri fikri. Bu oldukça karmaşık bir fikir ve mantıklı olabilir. Aslında bu fikir, Mayr'ın daha önce sözünü ettiğimiz eylemsizlik düşüncesinin kuramsal desteklerinden biriydi. Her neyse, seçimli yetiştirmeyi denediğimizde hiçbir başlangıç direnci ile karşılaşmamamız gerçeği, başka bir şeyi akla getiriyor: Eğer soy çizgileri yabanıl doğada birçok nesil boyunca değişmeden kalabiliyorsa, bunun nedeni değişime direnmeleri değil, değişim yönünde doğal seçilim baskısı olmamasıdır. Değişmiyorlar çünkü aynı kalan bireyler, değişen bireylere kıyasla daha kolay hayatta kalabiliyor.

Öyleyse, noktacılar da Darwin ya da bir başka Darwinci kadar kerteciler; yaptıkları yalnızca kerteci evrim patlamaları ara-

sına uzun durgunluk dönemleri eklemeleri. Dediğim gibi, noktacıların diğer Darwinci akımlardan gerçekten farklı oldukları tek nokta, durgunluğu olumlu bir şey olarak, evrimsel değişim yokluğu yerine evrimsel değişime karşı etkin direnç olarak vurgulamalarıdır. Ve bu açıdan da büyük olasılıkla hatalılar. Şimdi geriye noktacıların neden kendilerini Darwin'den ve yeni-Darwincilikten bu denli uzak *gördüklerinin* gizemini açıklamak kaldı.

Yanıt "kerte kerte" sözcüğünün iki anlamının birbirine karıştırılmasında yatıyor; burada silmek için çok uğraştığım ama birçok insanın kafasının gerisinde bir yerlerde hâlâ yaşayan, noktacılıkla sıçramacılık arasındaki karmaşa da buna katkıda bulunuyor. Darwin tutkulu bir sıçramacı karşıtıydı ve bu karşıtlık, öne sürdüğü evrimsel değişimlerin son derece kerte kerte geliştiğini tekrar tekrar vurgulamasına yol açtı. Bunun nedeni, sıçramacılığın Darwin için Boeing *747* makromutasyonu anlamına gelmesiydi: yepyeni, karmaşık organların genetik değneğin tek bir hareketiyle, Pallas Athena'nın Zeus'un kafasından yaratılması gibi bir anda varlık bulması; ya da tümüyle biçimlenmiş, karmaşık, işlev görebilen gözlerin tek bir nesilde yalnızca derinin olduğu bir yerde ortaya çıkması... Darwin, sıçramacılığı böyle anlıyordu, çünkü onun en etkili karşıtlarından bazıları sıçramacılığı böyle anlamıştı ve sıçramacılığın evrimde temel bir unsur olduğunu düşünüyorlardı.

Örneğin, Argyll Dükü evrimin kanıtlarını kabul ediyor fakat tanrısal yaratılışı da arka kapıdan gizlice içeri sokmak istiyordu. Bu işte yalnız da değildi. Cennet Bahçesi'nde bir kere, tek bir kez ve bir daha tekrarlanmamak üzere yaratılmak yerine, birçok tutucu Viktoryen, evrimin kritik noktalarında Tanrı'nın defalarca işe karıştığını düşünüyordu. Karmaşık organların, örneğin gözün, Darwin'in öne sürdüğü gibi yalın organlardan yavaş basamaklarla evrilmek yerine, bir anda varlık buldukları düşünülüyordu. Bu insanlar anlık bir "evrimin" doğaüstü bir müdahale -ki kendi inançları buydu- anlamına geleceğini biliyorlardı; fırtına ve Boeing *747*'lere ilişkin verdiğim istatistiksel nedenler-

den dolayı. Aslına bakarsanız, *747* sıçramacılığı da sulandırılmış bir yaratılışçılık biçimi. Başka bir deyişle, Tanrısal yaratılış sıçramacılığın son noktasıdır; cansız kilden tümüyle biçimlenmiş insana en büyük atlayıştır. Darwin de bunu anlamıştı. Gününün önde gelen jeologlarından Sir Charles Lyell'e yazdığı bir mektupta şöyle diyordu:

> Doğal seçilim kuramına böylesi eklemeler yapmak gerektiğini düşünseydim, kuramımı çöpe atardım... Doğal seçilim kuramı herhangi bir aşamada mucizevi eklemeler gerektirseydi, gözümde değeri sıfıra inerdi.

Bu küçümsenecek bir konu değil. Darwin'e göre, doğal seçilim yoluyla evrim kuramının tüm *önemi*, karmaşık uyumların varlığına *mucizevi olmayan* bir açıklama getirmesiydi. Kitabımın temel noktası da bu. Darwin'e göre, engellerden atlamak için Tanrı'nın yardımına gerek duyan bir evrim, evrim sayılmazdı. Böyle bir yardım eli, evrimin temel noktasını anlamsız kılıyordu. Bunun ışığında, Darwin'in neden durmaksızın evrimin *kerteci* özelliğini irdelediğini anlamak kolay. IV. Bölüm'de alıntıladığım cümleyi neden yazdığını anlamak da kolay:

> Eğer birbirini izleyen, sayısız, küçük değişimlerle oluşması olanaksız herhangi bir karmaşık organın var olduğu gösterilebilseydi, benim kuramım çökerdi.

Kerteciliğin Darwin için önemine başka bir açıdan da bakabiliriz. Günümüzde de birçok kişinin zorluk çektiği gibi, Darwin'in çağdaşları insan bedeninin ve başka karmaşık varlıkların evrimsel yoldan varlık bulduğuna inanmakta zorluk çekiyordu. Tek hücreli amibi uzak atamız olarak düşünen -yakın zamanlara kadar böyle düşünmek modaydı- birçok kişi için, zihinlerinde amiple insan arasındaki boşluğu kapatmak son derece zordu. Böylesine yalın bir başlangıçtan böylesine karmaşık bir şeyin

evrilmesi mantıksızdı. Darwin, bu inanmazlığı yenmenin bir yolu olarak gördüğü için küçük adımlardan oluşan kerteci bir dizi fikrine başvurdu. Yaklaşım şöyleydi: Bir amibin bir insana dönüşmesini düşünmek zor olabilir, fakat bir amibin biraz daha farklı bir amibe dönüşmesini düşünmek zor değil. Sonra da biraz daha farklı bir şeye, sonra da biraz daha farklı bir şeye... ve böylece sürer. III. Bölüm'de gördüğümüz gibi, ancak ve ancak yol boyunca çok çok sayıda basamak olduğunu ve her basamağın çok çok ufak olduğunu vurguladığımız takdirde bu yaklaşım kuşkularımızın üstesinden gelebilir. Darwin bu kuşku kaynağıyla sürekli savaşıyordu ve sürekli aynı silahı kullanıyordu: sayısız nesili kapsayan, neredeyse fark edilmeyecek, kerte kerte gelişen değişimi vurgulamak.

Yeri gelmişken, J. B. S. Haldane'nin aynı kuşku kaynağıyla mücadelede kullandığı düşünce tarzını alıntılamaya değer. Haldane şuna işaret ediyordu: Amipten insana geçişe benzer bir şey, her annenin rahminde yalnızca dokuz ayda olup bitiyor. Gelişim, evrimden çok farklı bir süreç elbette, fakat tek bir hücreden insana geçişin *mümkün olup olmadığı* konusunda kuşku duyanların, kuşkularını yatıştırmak için kendilerini dölüt olarak düşünmeleri yetecektir. Umarım bana ukala demezsiniz ama, saygıdeğer atamız olarak amibi seçmemin nedeni yalnızca bir geleneği izlemek; yoksa bir bakterinin daha iyi bir seçim olduğunu düşünüyorum. Tabii bakteriler bile, en azından bizim bildiklerimiz, çağdaş organizmalardır.

Yaklaşımı özetlersek, Darwin evrimin kerteciliğini, *karşı çıktığı* fikir nedeniyle çok vurguladı: on dokuzuncu yüzyılda evrim konusunda yaygın olan yanlış anlamalar nedeniyle. O günün bağlamında "kerte kerte" deyiminin *anlamı,* "sıçramanın zıddıydı". Eldredge ve Gould, yirminci yüzyıl sonlarının bağlamında, "kerte kerte" deyimini çok farklı bir anlamda kullanıyorlar. Bu deyimi, açık açık olmasa da etki olarak, "sabit hızda" anlamında kullanıyor ve kendi kavramları "noktacılık" kapsamında karşı çıkıyorlar. Kerteciliği bu "sabit hızcılık" anlamında eleştiri-

yorlar. Hiç kuşkusuz, bunu yapmakta haklılar: sabit hızcılık aşırılığıyla benim büyük göç meselim kadar gülünç.

Fakat bu kabul edilebilir eleştiriyi Darwin eleştirisiyle birleştirmek, "kerte kerte" deyiminin birbirinden epey farklı olan iki anlamını birbirine karıştırmaktır yalnızca. Eldredge ve Gould'un kerteciliğe karşı çıktıkları anlamda, Darwin'in de onlarla aynı fikirde olacağından kuşkulanmak için hiçbir neden yok. Darwin'in tutkulu bir kerteci olduğunu söylerken kullandığım anlamda, Eldredge ve Gould da kerteciler. Noktalı denge kuramı Darwinciliğe atılan ufak bir ciladır; bu konu Darwin zamanında tartışılmış olsaydı, o da onaylardı. Bu kuram, ufak bir cila olarak, özel bir popülerliği hak etmiyor. Popüler olmasının ve benim bu kitabın koca bir bölümünü ayırmamın nedeni, noktalı denge kuramının Darwin ve ardıllarının görüşlerine kökten karşıymış gibi sunulması -bazı gazeteciler tarafından fazlasıyla satışının yapılması. Neden böyle oldu?

Darwin'in kuramına inanılmamasını sağlamak için gözü dönmüş bir gayretle çalışan insanlar var her tarafta. Bu insanlar üç ana sınıfta incelenebilir. Birincisi, dini nedenlerle evrim kuramının yanlış olmasını isteyenlerdir. İkincisi, evrimin doğruluğunu reddetmek için hiçbir nedeni olmayan ama genelde politik ya da ideolojik nedenlerle Darwin'in kuramındaki mekanizmayı tatsız bulanlardır. Bunların arasında bazıları doğal seçilim fikrini kabul edilemeyecek kadar sert ve acımasız buluyor; bazıları da doğal seçilimi gelişigüzel olmayla ve dolayısıyla "anlamsızlıkla" karıştırıyor ki, bu onurlarına dokunuyor; daha başkaları da Darwinciliği ırkçı ve başka kabul edilemez imalar içeren Sosyal Darwincilikle karıştırıyor. Üçüncüsü, -"medya" adını verdikleri alanda çalışan birçok kişi bu sınıfa dahil- iyi haber elde etme sevdasına, pişmiş aşa soğuk su katmayı seven insanlar var ve Darwincilik çok leziz bir pişmiş aş olacak kadar yerleşmiş ve saygınlık kazanmıştır.

Güdüleri ne olursa olsun, hepsi aynı tepkiyi veriyor. Saygın bir bilim adamı günümüz Darwin kuramına ilişkin bir ayrıntıya

yönelik bir eleştiri damlası fısıldadığında, hevesle bu damlanın üzerine atlıyor ve ölçeğinden çıkarıp şişiriyorlar. Bu hevesleri öylesine güçlü ki, bana, çok hassas ayarlanmış bir mikrofonu olan, güçlü bir amplifikatörleri varmış da, Darwinciliğe karşı itiraza benzeyen en ufak bir kelamı bile kaçırmamak için kulak kesilmiş dinliyorlarmış gibi geliyor. Çok yazık, çünkü ciddi tartışmalar ve eleştiriler her bilimin son derece önemli bir parçasını oluşturur ve eğer mikrofonlar yüzünden sesini kesme gereğini duyan bilim adamları varsa, bu trajik bir durumdur. Bu arada, söylemeye gerek yok ya, amplifikatörleri güçlü ama yüksek teknoloji ürünü değil; bu yüzden de çok fazla parazit var ve sesleri çarpıtıyor! Çok dikkat ederek Darwinciliğin günümüzdeki nüanslarından biri hakkındaki kuruntusunu fısıldayan bir bilim adamı, kendi çarpıtılmış ve güçlükle tanınabilecek sözcüklerinin heyecanla bekleyen hoparlörlerden kulakları sağır edecek bir gürültüyle çıktığını ve yankılandığını duyabilir.

Eldredge ve Gould fısıldamıyorlar, belagatle ve tüm güçleriyle bağırıyorlar! Bağıra bağıra söyledikleri çoğu kez ustaca fakat verdikleri mesaj Darwincilikte yanlış bir şeylerin olduğu. Yaşasın, "bilim adamları" bunu kendi ağızlarıyla söylediler! *Kutsal Kitap'ta Yaratılış*'ın editörü şöyle yazmış:

> ...dinsel ve bilimsel konumumuzun son yıllarda yeni-Darwinci ruhsal güven düzeyinin azalmasıyla büyük oranda güçlendiği reddedilemez. Ve, bunun yarattığı olanakları sonuna dek kullanmamız gerekir.

Eldredge ve Gould cahil yaratılışçılığa karşı savaşta yiğit şampiyonlar oldular. Kendi sözlerinin yanlış kullanılmasına itirazlarını yüksek sesle belirttiler, ama mesajlarının *bu kısmında* mikrofonların suskun kaldığını gördüler. Onları anlayabiliyorum, çünkü ben de farklı cinsten bazı mikrofonlarla -dinsel ayar yerine politik ayarlı mikrofonlardı- benzer bir deneyim yaşadım.

Artık söylenmesi gereken tek şey, gerçeği yüksek sesle ve açık seçik tekrarlamaktan ibaret: Noktalı denge kuramı, yeni-Darwinci sentez içinde yer almaktadır. Hep öyleydi. Şişirilmiş belagatin neden olduğu hasarı tamir etmek zaman alacak fakat sonunda tamir edilecek. Noktalı denge kuramı yeni-Darwinci kuramın yüzeyinde ilginç ama ufak bir kırışık olarak kendi ölçeğinde gözler önüne serilecek. Bu kuram "yeni-Darwinci ruhsal güven düzeyi"nde hiçbir "azalma"ya yol açmıyor ve Gould'un, sentetik kuramın (bu yeni-Darwinciliğin bir başka adı) "tümüyle öldüğü" savına kesinlikle temel teşkil etmiyor. Bütün bunlar, sanki Dünya'nın mükemmel bir küre değil de, hafif basık bir küremsi olduğu keşfedilmiş ve

KOPERNİK YANILMIŞ!
DÜNYA DÜZDÜR KURAMI DOĞRULANDI.

başlığıyla sancak açılmış gibi bir durum yaratıyor.

Hakkını yemeyelim. Gould'un sözleri Darwinci sentezin sözde "kerteciliğine" olduğu kadar, bir başka savına da yöneltilmişti. Eldredge ve Gould'un karşı çıktıkları bu sav, evrimin, en geniş jeolojik zaman ölçeğinde bile popülasyon ya da türler içerisinde meydana gelen olayların bir ekstrapolasyonu (dışsal kestirim) olduğuydu. Eldredge ve Gould "tür seçilimi" adını verdikleri, daha yüksek bir seçilim biçimi olduğuna inanıyorlar. Bu konuyu bir sonraki bölüme bırakıyorum. Bir sonraki bölümde, yine kaypak bir zeminde Darwin karşıtı olarak görülmüş, "dönüşmüş dallanmacılar" adı verilen bir başka biyologlar grubuyla da uğraşacağım. Bu biyologlar genel taksonomi (sınıflandırma bilimi) alanında çalışıyorlar.



Yaşamın Tek Gerçek Ağacı

Bu kitabın ana konusu karmaşık "tasarım" sorununun çözümü olarak evrim; Paley'in kutsal bir saatçinin varlığını kanıtladığını düşündüğü olayların gerçek açıklaması olarak evrim... Durmadan gözlerden ve yankıyla yön bulmadan söz etmemin nedeni bu. Fakat evrim kuramının açıklığa kavuşturduğu birçok başka şey de var. Bunlar çeşitlilik olgusu, dünyanın dört bir tarafına dağılmış farklı hayvan ve bitki çeşitlerinin düzeni ve bunların özelliklerinin dağılımı. Asıl olarak gözler ve diğer karmaşık mekanizmalarla ilgilenmeme karşın, evrimin rolünün bir başka boyutunu, doğayı anlamamıza yardım etmesini ihmal etmemeliyim. İşte, bu yüzden, bu bölüm taksonomi ile ilgili.

Taksonomi, sınıflandırma bilimidir. Bazılarının gözünde bu bilim hiç de öyle olmadığı halde sıkıcı bir konu; bilinçaltında

tozlu müzelerin ve saklama sıvısının kokuları var. Aslında taksonomi hiç de sıkıcı değildir. Tümüyle anlamaktan uzak olduğum nedenlerden dolayı, aynı zamanda tüm biyolojinin en haşin tartışmalarının yapıldığı alanlardan biri. Düşünürler ve tarihçiler de bu konuya ilgi duyuyorlar. Her evrim tartışmasında önemli bir rolü var. Ve, Darwin karşıtı geçinen çağdaş biyologların en tanınmışları da taksonomistler arasından çıkıyor.

Taksonomistler çoğunlukla hayvan ya da bitkileri inceler ama aslında her şey sınıflandırılabilir: kayaçlar, savaş gemileri, bir kütüphanedeki kitaplar, yıldızlar, diller... Düzenli bir sınıflandırma yapmak, sık sık kolaylığın, uygulama gereklerinin bir ölçütü olarak sunulur; bunda gerçek payı var. Koca bir kütüphanedeki kitaplar gelişigüzel bir biçimde düzenlendikleri sürece hiçbir işe yaramaz; belirli bir konudaki kitapları istediğiniz zaman bulabilmelisiniz. Kütüphanecilik bilimi -ya da sanatı- bir uygulamalı taksonomi alıştırmasıdır. Aynı nedenle, biyologlar, hayvan ve bitkileri fikir birliğine varılmış, adlandırılmış gruplara yerleştirirlerse hayatları daha kolaylaşacaktır. Fakat bunun hayvan ve bitkilerin sınıflandırılması için tek neden olduğunu söylemek, önemli şeyleri gözden kaçırmamıza neden olur. Evrim biyologları için canlıların sınıflandırılmasının çok özel bir yanı, başka sınıflandırmalarda olmayan bir yanı var. Evrim fikrinin sonuçlarından biri, canlıların aile ağacında tek bir doğru dallanma olduğunu ve sınıflandırmamızı bunun üzerine kurabileceğimizi bildirir. Bu sınıflandırma, tek olmasına ek olarak, benzersiz bir özelliğe de sahip: *mükemmel yerleşim*. Bunun ne anlama geldiği ve neden bu denli önemli olduğu bu bölümün temel konularından biri olacak.

Kütüphaneyi biyolojik olmayan sınıflandırmaya örnek olarak kullanalım. Bir kütüphanede ya da kitapçıdaki kitapların nasıl sınıflandırılacağı sorusunun tek, doğru, bir eşi daha olmayan bir yanıtı yoktur. Bir kütüphaneci koleksiyonunu şu ana gruplarda toplayabilir: bilim, tarih, edebiyat, diğer sanatlar, yabancı çalışmalar, vs. Kütüphanedeki bu ana bölümlerin her biri alt

bölümlere ayrılmalıdır. Kütüphanenin bilim kanadının altbölümleri biyoloji, jeoloji, kimya, fizik, vs. olabilir. Bilim kanadının biyoloji bölümü fizyoloji, anatomi, biyokimya, entomoloji, vs. gibi konulara ayrılmış raflar halinde düzenlenebilir. Son olarak da, her raftaki kitaplar abece sırasına göre yerleştirilebilir. Kütüphanenin öbür ana kanatları, tarih kanadı, edebiyat kanadı, yabancı dil kanadı, vs. aynı biçimde alt bölümlere ayrılabilir. Kısaca, kütüphane, okuyucunun istediği kitabı eliyle koymuş gibi bulmasını sağlayan hiyerarşik bir biçimde düzenlenmiştir. Hiyerarşik sınıflandırma rahatlık sağlar çünkü kitabı almak isteyen kişi, koca kitap koleksiyonu içinde yolunu çabucak bulur. Sözlüklerdeki sözcüklerin abece sırasına göre düzenlenmelerinin nedeni de budur.

Fakat bir kütüphanedeki kitapları düzene koymak için kullanılacak tek bir hiyerarşi yok. Aynı kitap koleksiyonu farklı bir kütüphaneci tarafından farklı, ama yine de hiyerarşik bir biçimde düzenlenebilir. Örneğin, ikinci bir kütüphaneci ayrı bir yabancı diller kanadı yapmaz da, kitapları konu alanlarına göre yerleştirmeyi yeğleyebilir: Almanca biyoloji kitapları, biyoloji bölümüne; Almanca tarih kitapları, tarih bölümüne; vs. Üçüncü bir kütüphaneciyse, radikal bir tutum benimseyerek, konusu ne olursa olun, tüm kitapları kronolojik yayın sırasına göre yerleştirir ve istenen konulardaki kitapların bulunması için indeks kartları kullanır.

Bu üç kütüphane planı birbirlerinden oldukça farklı, fakat büyük olasılıkla üçü de gayet güzel çalışacak ve çoğu okuyucu tarafından benimsenecektir. Bir zamanlar, radyoda Londra klüplerinden birinin yaşlıca bir üyesinin, bir kütüphaneci tuttuğu için klübü eleştirmesini dinlemiştim. Klüp kütüphanesi yüz yıldır düzenleme ve kütüphaneci olmaksızın çalışıyordu; yaşlı üye neden şimdi bir düzenlemeye gerek duyulduğunu anlamıyordu. Görüşmeyi yapan kişi kibar bir sesle sordu: "Kitapların nasıl yerleştirilmeleri gerektiğini düşünüyorsunuz?" Adam hiç düşünmeksizin, "En büyük kitaplar solda, en küçük kitaplar

sağda!" diye kükredi. Bazı kitapçılar, kitaplarını en çok talep edilen konulara göre sınıflandırır. Bilim, tarih, edebiyat, coğrafya, vs. yerine, ana bölümler bahçecilik, yemek kitapları, "TV kitapları", macera romanları gibi başlıklardır. Hatta bir keresinde bir kitapçıda "DİN VE UFOLAR" diye etiketlenmiş bir raf gördüm.

Öyleyse, kitapların nasıl sınıflandırılacağı sorusunun *doğru* bir çözümü yok. Kütüphaneciler sınıflandırma politikası konusunda birbirleriyle akla uygun tartışmalar yapabilir, fakat bu tartışmaların kaybedilmesi ya da kazanılmasındaki ölçütler arasında sınıflandırma sisteminin "gerçekliği" ya da "doğruluğu" gibi bir kavram olmayacaktır. Bunun yerine, tartışmanın ölçütleri "okuyucu rahatlığı", "kitapları bulma hızı", vs. gibi şeyler olacaktır. Bu anlamda, bir kütüphanedeki kitapların sınıflandırılması keyfîdir. Bu, iyi bir sınıflandırma sistemi oluşturmanın önemli olmadığı anlamına gelmiyor. Bunun anlamı, mükemmel bilgi dünyasında, tek doğru sınıflandırma olarak evrensel fikir birliğine varılabilecek bir sistem olmadığıdır. Öte yandan, göreceğimiz gibi, kitapların sınıflandırılmasında görülmeyen bu güçlü özellik canlıların sınıflandırılmasında karşımıza çıkıyor; en azından evrimsel bir bakış açımız varsa...

Kuşkusuz, canlıların sınıflandırılmasında da bir sürü sistem önermek mümkün, fakat bunların bir tanesi dışında hepsinin bir kütüphanecinin sınıflandırması kadar keyfî olduğunu göstereceğim. Eğer istenen yalnızca kolaylıksa, bir müzeci elindeki numuneleri büyüklüklerine ve saklama koşullarına göre sınıflandırabilir: büyük, içi doldurulmuş numuneler; tepsilerde mantar üzerine sabitlenmiş küçük, kuru numuneler; şişelerde sıvı içinde tutulan numuneler; lam üzerinde saklanan numuneler; vs. Kolaylık sağlayacak böylesi gruplamalar hayvanat bahçelerinde sıkça görülür. Londra Hayvanat Bahçesi'nde, gergedanlar "Fil Evi"ne yerleştirilmiş, çünkü fillerinkinin aynısı olan sağlam kafesler içinde tutulmaları gerekiyormuş. Bir uygulamalı biyolog hayvanları zararlılar (medikal zararlılar, tarımsal zarar-

lılar, doğrudan tehlikeli ısırganlar ya da sokanlar olarak alt bölümlere ayrılmış), yararlılar (aynı biçimde alt bölümlere ayrılmış) ve yansızlar olarak sınıflandırabilir. Bir beslenme uzmanı ise, etlerinin besin değerine göre sınıflandırıp gruplara ayırabilir. Büyükannem bir keresinde hayvanları ayaklarına göre sınıflandıran bir çocuk kitabını resimlemişti. Antropologlar dünya üzerindeki kabilelerin kullandığı çok sayıda, geniş hayvan sınıflandırma sistemini belgelemiştir.

Ama düşünülebilecek tüm sınıflandırma sistemleri içerisinde, "doğru" ve "yanlış", "gerçek" ve "gerçek dışı" benzeri sözcüklerin, tam bir bilgi verildiğinde tam bir fikir birliği ile uygulanabileceği eşi olmayan, tek bir sistem vardır. Bu tek sistem, evrimsel ilişkileri temel alan sistemdir. Karışıklıktan kaçınabilmek için, biyologların sistemin en titiz biçimine verdikleri adı kullanacağım: dallanmacı taksonomi.

Dallanmacı taksonomide, canlıların gruplandırılmasındaki nihai ölçüt kuzenliğin ne kadar yakın olduğu, başka bir deyişle, ortak atanın görece ne kadar yakın bir zamanda yaşadığıdır. Örneğin, kuşlar ortak bir atadan geldikleri için kuş-olmayanlardan ayrılır; bu ortak ata, kuş-olmayan hayvanların hiçbirinin ortak atası değildir. Memelilerin hepsi ortak bir atadan gelmişlerdir ve bu ortak ata, memeli-olmayan hayvanların hiçbirinin ortak atası değildir. Kuşların ve memelilerin daha uzakta ortak bir atası vardır ve bu ortak ata yılan, kertenkele, tuatara gibi birçok hayvanın da ortak atasıdır. Bu ortak atadan gelen hayvanların hepsine amniyonlular denir. Öyleyse, kuşlar ve memeliler amniyonlulardandır. Dallanmacılara göre, "sürüngenler" gerçek bir taksonomik terim değildir, çünkü hariç tutularak tanımlanır: kuşların ve memelilerin dışındaki tüm amniyonlular. Başka bir deyişle, tüm "sürüngenlerin" (yılanlar, kaplumbağalar, vs.) en yakın zamandaki ortak atası bazı "sürüngen-olmayanların" da (yani kuşların ve memelilerin) ortak atasıdır.

Memeliler arasında, fareler ve sıçanların yakın zamanda yaşamış bir ortak atası vardır; leoparların ve aslanların yakın za-

manda yaşamış bir ortak atası vardır; insanların ve şempanzelerin de. Yakın akraba olan hayvanların yakın zamanda yaşamış bir ortak atası vardır. Daha uzaktan akraba olan hayvanların ortak atası daha eski bir zamanda yaşamıştır. Çok çok uzaktan akraba olan hayvanların -insanlar ve sümüklüböcekler gibi- ortak atası çok çok uzun zaman önce yaşamıştır. Organizmalar asla birbirleriyle *ilişkisiz* olamaz, çünkü bizim bildiğimiz yaşamın yerküre üzerinde yalnızca tek bir kez ortaya çıktığı kesindir.

Gerçek dallanmacı taksonomi son derece hiyerarşiktir. Hiyerarşik deyimini, dalları hep ıraksayan ve asla yakınsamayan bir ağaç anlamında kullanıyorum. Bana göre (bazı sınıflandırma akımları bunu kabul etmeyecektir, sonra tartışacağız) bunun nedeni, hiyerarşik sınıflandırmanın tıpkı bir kütüphanecinin sınıflandırması gibi kolaylık sağlaması ya da dünyadaki her şeyin hiyerarşik düzende olması değil, evrimsel soy düzeninin hiyerarşik olmasıdır. Yaşam ağacı bir kez belirli bir en küçük uzaklığın ötesine dallandıktan sonra (temelde bu türün sınırlarıdır), dallar asla ve asla tekrar bir araya gelmez (VII. Bölüm'de ökaryot hücrenin oluşumunda gördüğümüz gibi, çok ender istisnalar olabilir). Kuşlar ve memeliler ortak bir atadan gelmişlerdir, fakat artık evrim ağacının ayrı dallarındadırlar ve asla bir araya gelmeyeceklerdir: Bir kuşla bir insanın melezi olmayacaktır. Aynı ortak atadan gelmiş olma özelliğine sahip organizmalar grubuna -ki bu ortak ata, grup üyesi olmayanların ortak atası değildir- *dal* diyoruz.

Bu kesin hiyerarşiyi anlatmanın bir başka yolu da "mükemmel yerleşimdir". Büyük bir sayfaya hayvanların adlarını yazıyoruz ve ilişkili kümelerin etrafına halkalar çiziyoruz. Örneğin, fare ve sıçanı, yakın akraba olduklarını ve ortak atalarının yakın bir geçmişte yaşadığını gösteren küçük bir halka içine alıyoruz. Kobaylar ve sukobaylarını da bir başka küçük halka içine alıyoruz. Sonra da, sıçan/fare halkasıyla kobay/sukobayı halkasını içine alan (kunduzlar, kirpiler, sincaplar ve birçok başka hayvanla birlikte) daha büyük bir halka çiziyor ve ismini koyu-

yoruz: kemirgenler. İçteki küçük halkalar daha büyük olan dış halkaların içine "yerleşmiş" oluyor. Kâğıdın başka bir yerinde, aslan ve kaplan küçük bir halka içindedir; bu halka, kediler adlı daha büyük bir halkanın içindedir. Kediler, köpekler, gelincikler, ayılar, vs. etoburlar adlı tek bir büyük halkanın içinde, iç içe geçmiş halkalar halinde bir araya gelir. Sonra da kemirgenler halkası ve etoburlar halkası, memeliler adlı koca bir halkanın içine yerleşir.

Bu iç içe halkalar dizisinin önemli özelliği, *mükemmel yerleşimdir*. Çizdiğimiz halkalar asla, tek bir kez bile birbirini kesmeyecektir. Üst üste gelmiş herhangi iki halka alın; biri tümüyle diğerinin içinde kalmaktadır. İçteki halkanın çevrelediği alan tümüyle dıştaki halka tarafından çevrelenmiştir: kesişme yoktur. Mükemmel taksonomik yerleştirmenin bu özelliği kitaplarda, dillerde, toprak türlerinde, felsefe akımlarında görülmez. Bir kütüphaneci biyoloji kitaplarının çevresine bir halka, teoloji kitaplarının çevresine ikinci bir halka çizdiğinde, bu iki halkanın kesiştiğini görecektir. Kesişen alanda, "Biyoloji ve Hıristiyan İnancı" benzeri kitaplar olacaktır.

Dışardan bakıldığında, dillerin sınıflandırmasının da mükemmel yerleşim özelliği olmasını bekleriz. VIII. Bölüm'de gördüğümüz gibi, diller de hayvanlara benzer bir yolla evrilir. İsveççe, Norveççe ve Danimarkaca gibi yakın bir geçmişte ortak bir atadan ıraksamış diller birbirlerine, İzlandaca gibi uzak bir geçmişte ıraksadıkları dillerden daha yakındır. Fakat diller yalnızca ıraksamakla kalmaz, aynı zamanda karışırlar da. Çağdaş İngilizce, çok daha önceleri ıraksamış Alman dil ailesinin ve Latin kökenli dillerin bir melezidir ve bu yüzden de hiçbir hiyerarşik yerleşim şemasına tam uymaz. İngilizceyi çevreleyen halkalar başka halkalarla kesişir. Biyolojik sınıflandırma halkaları asla bu biçimde kesişmez çünkü tür düzeyinin daha üstündeki biyolojik evrim her zaman ıraksaktır.

Kütüphane örneğimize dönersek, hiçbir kütüphaneci ara-kitaplar ya da kesişme sorununu çözemez. Biyoloji ve teoloji bö-

lümlerini yan yana koymak ve aralarındaki koridora ara-kitapları yerleştirmek bir işe yaramaz; biyolojiyle kimya, fizikle jeoloji, tarihle teoloji, tarihle biyoloji arasındaki kitapları ne yapacağız? Sanırım, ara elemanlar sorunu evrimsel biyolojiden kaynaklanan sistem dışındaki tüm taksonomik sistemlerin kaçınılmaz, içsel bir parçasıdır. Kişisel olarak, profesyonel yaşamımda gereken o basit dosyalama işlerine her kalkıştığımda neredeyse fiziksel anlamda hasta oluyorum: kitaplarımı, arkadaşlarımın gönderdiği bilimsel makaleleri (iyi niyetlerine teşekkür ediyorum) raflara dizmek; idari kâğıtları dosyalamak; eski mektuplar; vs. Bir dosyalama sistemi olarak ne seçerseniz seçin, hiçbir yere uymayan tuhaf şeyler hep çıkar; ve ben karar verememenin rahatsızlığıyla (üzgünüm ama) tuhaf kâğıtları bazen senelerce, onları atabileceğimden emin oluncaya dek, masanın üstünde bırakırım. Pek tatmin edici olmaz ama sık sık "muhtelif" gruplamasına başvurmak zorunda kalırız; öyle bir gruptur ki bu, bir kez başlattıktan sonra sinir bozucu bir hızla dolar. Bazen kütüphanecilerin ve biyolojik müzeler dışındaki müzelerin sorumlularının ülser hastalığına özellikle açık olup olmadıklarını merak ederim.

Canlıların sınıflandırılmasında böylesi dosyalama sorunları ortaya çıkmaz. "Muhtelif" hayvanlar yok. Tür düzeyinden daha yukarıda kaldığımız sürece ve yalnızca günümüz hayvanlarını (ya da belirli bir zaman dilimindeki hayvanları) incelediğimiz sürece, tuhaf ara hayvanlar olmayacaktır. Eğer bir hayvan tuhaf bir ara canlı -diyelim ki, memeliyle kuş arasında- gibi görünüyorsa, bir evrimci bu hayvanın ya kuş ya da memeli o*lması gerektiğinden* kesinlikle emindir. Ara hayvan görünümü bir yanılsama olsa gerektir. Bir kitabın aynı anda hem tarih hem de biyoloji bölümlerine ait olması mümkündür. Dallanmacılık eğilimli biyologlar, kütüphanecilerin balinaları memeli olarak mı, balık olarak mı, yoksa memelilerle balıklar arasında mı sınıflandırmanın "kolaylık" sağlayacağı yolundaki tartışmalara asla girmez. Bizim yaklaşımımız gerçeklere dayanır. Bu örnekte de, ol-

gular tüm çağdaş biyologları aynı vargıya götürmektedir. Balinalar balık değil, memelidir; ve asla ve asla ara bir canlı değildir. Balinaların balıklarla akrabalığı, insanların veya ornitorenklerin ya da diğer memelilerin balıklarla akrabalığından daha yakın değildir.

Tüm memelilerin -insanların, balinaların, ornitorenklerin ve diğerlerinin- balıklara *kesinlikle eşit derecede* yakın olduğunu anlamak çok önemli; eşit yakınlıktalar çünkü tüm memeliler balıklara aynı ortak atayla bağlı. Örneğin, memelilerin bir merdiven oluşturduğu, bu merdiven üzerinde alt basamaktakilerin balıklara üst basamaktakilerden daha yakın olduğu söylencesi evrime hiçbir şey borçlu olmayan bir ukalalıktır. Bu, bazen "büyük varlık zinciri" olarak adlandırılan, eski, evrim tarafından alaşağı edilmiş olması gereken fakat gizemli bir biçimde birçok insanın kafasında yer etmiş, evrimci kavrayış-öncesi bir kavramdır.

Bu noktada, yaratılışçıların evrimcilere meydan okumasındaki ironiye dikkat çekmekten kendimi alamayacağım: "Ara hayvanlarınızı çıkarın ortaya. Eğer evrim doğru olsaydı, kediyle köpeğin ortasında, kurbağayla filin ortasında hayvanlar olmalıydı. Bir kurbafil gören var mı hiç?" Bana, evrimle alay etmek için acayip yaratıkların örneğin, bir atın gövdesinin arkasıyla köpeğin ön tarafının birleştirilmesiyle elde edilmiş hayvanların çizimlerini içeren, yaratılışçı kitapçıkları gönderiyorlar. Öyle görünüyor ki, bunu çizenler, evrimcilerin böylesi hayvanların var olduğuna inandığını düşünüyor. Oysa bu, evrimcilerin düşündüklerinin tam karşı-savı. Evrim kuramının bize verdiği beklentilerden en güçlü olanlarından biri de bu türden ara-canlıların olmaması gerektiğidir. Hayvanlarla kütüphanedeki kitapları karşılaştırıp durmamın nedeni de bu.

Sonuç olarak, evrimleşmiş canlı varlıkların sınıflandırılmasında, bu sınıflandırmaya özgü ve başka bir sınıflandırmada olmayan mükemmel bilgi dünyasında mükemmel anlaşma sağlama özelliği vardır. "Gerçek" ve "gerçek dışı" benzeri sözcükle-

rin dallanmacı sınıflandırmanın savlarına uygulanabileceğini, fakat bir kütüphanecinin sınıflandırmasının savlarına uygulanamayacağını söylerken kastettiğim buydu. İki çekince getirmem gerekiyor. Birincisi, gerçek dünyada mükemmel bilgi yoktur. Biyologlar atalığa ilişkin olgularda fikir birliğine varamayabilirler ve bu anlaşmazlıkların çözümlenmesi zor olabilir çünkü bilgileri mükemmel değildir -örneğin, yeterince fosil olmaması. Bu konuya geri döneceğim. Gereğinden *fazla* fosil olduğundaysa ikinci bir sorun ortaya çıkacaktır. Yalnızca günümüz hayvanları yerine, yaşamış tüm hayvanları sınıflandırmaya dahil etmeye kalkışırsak, sınıflandırmanın kesin ayrım sağlama özelliği ortadan kalkabilir. Bunun nedeni şu: Günümüz hayvanlarından ikisi birbirlerinden ne denli uzak olursa olsun -diyelim ki, bir kuş ve bir memeli- bir zamanlar mutlaka ortak bir ataları olmuştur. Bu atayı da çağdaş sınıflandırmamıza sokmaya çalışırsak, karşımıza sorunlar çıkabilir.

Soyu tükenmiş hayvanları ele almaya başladığımız anda artık ara-hayvanların olmadığı savı doğru değildir. Tam tersine, artık potansiyel olarak sürekli bir ara-hayvanlar dizisiyle uğraşmak zorunda kalırız. Günümüz kuşlarıyla günümüz kuş-olmayanları -örneğin, memeliler- arasındaki ayrım, kesin bir ayrımdır çünkü gerisin geri ortak ataya yakınsayan ara-hayvanların hepsi ölmüştür. Bu noktayı vurgulamak için, bir kez daha "şefkatli" bir varsayımsal doğa olduğunu ve bize eksiksiz bir fosil kaydı, yeryüzünde yaşamış her hayvana ilişkin bir fosil verdiğini düşünelim. Bir önceki bölümde bu fanteziyi ortaya attığımda, böyle bir varsayımsal doğanın aslında hiç de nazik sayılmayacağını söylerken, tüm fosilleri inceleme ve tanımlama ıstırabından söz ediyordum. Ama şimdi bu paradoksal zalimliğin başka bir yönüne geliyoruz. Eksiksiz bir fosil kaydı olduğu takdirde, hayvanları ayrı ayrı isimlendirilebilir öbeklerde sınıflandırmak çok zor olacaktır. Eksiksiz bir fosil kaydı olsaydı, hayvanları isimlerle ayırmaktan vazgeçmek ve bir matematiksel ya da grafiksel ölçek kaydırma notasyonu oluşturmak zorunda kalırdık. İnsan

beyni ayrı ayrı isimleri yeğler; bu yüzden, fosil kaydının eksiksiz olmaması bir anlamda çok daha iyi.

Yalnızca günümüz hayvanları yerine, yeryüzünde yaşamış tüm hayvanları ele alırsak, "insan" ve "kuş" gibi sözcükler, tıpkı "uzun", "kısa" benzeri sözcükler gibi sınırlarda belirsiz ve bulanık hale gelir. Zoologlar bir fosilin kuş olup olmadığını sonsuza dek tartışıp asla bir çözüme ulaşamayabilir. Aslına bakarsanız, meşhur *Archaeopteryx* fosili için bu konuda sık sık tartışıyorlar. "Kuş/kuş-olmayan", "uzun/kısa" ayrımından daha açıksa, bunun tek nedeni, "kuş/kuş-olmayan" için tüm tuhaf arahayvanların ölmüş olmasıdır. Garip bir salgın hastalık gelip tüm orta boylu insanları öldürseydi, "uzun" ve "kısa" da "kuş" veya "memeli" gibi kesin bir anlama kavuşurdu.

Ara elemanların soyunun tükenmiş olması nedeniyle münasebetsiz bir belirsizlikten kurtulmuş olan yalnızca hayvanların sınıflandırılması değil. Aynı şey insan etiği ve yasaları için de geçerli. Bizim yasal ve ahlak sistemlerimiz türlere son derece bağlı. Bir hayvanat bahçesi yöneticisinin gereksinim fazlası şempanzeleri "uyutma" yetkisi vardır, fakat fazlalık bir hayvan bakıcısını ya da bilet satıcısını "uyutma" yetkisi müthiş bir öfkeyle karşılanacaktır. Şempanze hayvanat bahçesinin malıdır. İnsanlarınsa bugünlerde kimsenin malı olmadığı varsayılıyor. Fakat yine de şempanze ayrımcılığı bu biçimiyle pek ender dile getirilir ve bunu savunacak bir mantık olup olmadığı konusunda kuşkuluyum. Bizlerin Hıristiyan kaynaklı davranışlarımızın insanın nefesini kesen türcülüğü işte böyle. Tek bir insan zigotunun kürtajla alınması (birçoğu zaten kendiliklerinden düşüyorlar), herhangi bir sayıdaki zeki, yetişkin şempanzenin kesilip biçilmesinden çok daha fazla ahlaksal endişe ve erdemli öfke yaratıyor! Aslında canlı şempanzeleri kesip biçme niyeti olmayan, nazik, liberal bilim adamlarının, eğer isterlerse, yasal bir müdahale olmaksızın bunu yapma haklarının olduğunu tutkuyla savunduklarını gördüm. En ufak bir *insan* hakları ihlalinde tüyleri hemen diken diken olanlar da böylesi insanlardır. Bu

çifte standardı rahatça kabul edip mutlu olabilmemizin nedeni, insanla şempanze arasındaki ara-canlıların hepsinin ölmüş olmasıdır.

İnsanlarla şempanzelerin en son ortak atası beş milyon yıl gibi kısa bir süre önce yaşadı; bu, şempanzelerle orangutanların ortak atasının zamanından daha yakındır ve hatta şempanzelerle maymunların ortak atalarından 30 milyon yıl öncedir. Şempanzelerle bizim genlerimizin %99'u ortak. Yerküre üzerindeki çeşitli unutulmuş adalarda şempanze/insan ortak atasına götüren tüm ara canlılar keşfediliverseydi, yasalarımızın ve ahlak kurallarımızın bu keşiften önemli ölçüde etkilenmeyeceğini kim iddia edebilirdi; özellikle de, bu soy çizgisi üzerindeki canlılar büyük olasılıkla birbirleriyle çiftleşmiş olacağına göre... Ya tüm çizgiye insan haklarının eksiksiz verilmesi gerekecekti (oylar şempanzelere), ya da ayrıntılı tasarlanmış, ırkçılık benzeri bir ayrımcı yasalar sistemi yapılarak, mahkemelerden belirli bireylerin yasalar açısından "insan" mı yoksa "şempanze" mi olduğuna karar vermeleri istenmesi gerekecekti. Babalar kızlarının "bunlardan" biriyle evlenme isteği karşısında üzüntüsünden kahrolacaktı. Yeryüzünün, içinde epey ders barındıran bu fantezinin gerçekleşemeyeceğini umacak kadar iyi araştırıldığını sanıyorum. Fakat insan "hakları" konusunda açık ve aşikâr bir şeyler olduğunu düşünen birileri varsa, bilmeliler ki, bu utandırıcı ara-canlıların günümüze kadar yaşamamış olmaları yalnızca şans eseridir. Alternatif bir noktaya değineyim: Şempanzeler bugüne dek keşfedilmemiş olsalardı, belki de bugün onlara utandırıcı ara canlılar olarak bakılacaktı.

Bir önceki bölümü okuyanlar, tüm savın, yani çağımız hayvanlarıyla sınırlı kalmazsak grupların belirsizleşeceği savının evrimin noktalı olmadığı, sabit hızda sürdüğü varsayımına dayandığını söyleyeceklerdir. Evrim görüşümüz düzenli ve sürekli değişim ucuna ne kadar yaklaşırsa, yaşamış tüm hayvanlara kuş ya da kuş-olmayan, insan ya da insan-olmayan gibi sözcükleri uygulamamızın olasılığı hakkında o kadar kötümserliğe ka-

pılacağız. Mutasyon geçirmiş beyni, babası ve şempanze benzeri kardeşininkinin iki katı olan bir ilk insanın gerçekten de yaşamış olduğuna ancak aşırı bir sıçramacı inanabilir.

Gördüğümüz gibi, noktalı denge savunucularının çoğu gerçek sıçramacı değildir, ama isimlerin belirsizliği sorunu, daha sürekli bir bakış açısı benimsemiş olanlara kıyasla, onlara daha az keskin görünecektir. Eğer yaşayan her hayvan bir fosil olarak günümüze kalabilmiş olsaydı, noktacılar için bile isimlendirme sorunu ortaya çıkardı, çünkü ayrıntılara girdiğimizde noktacılar aslında kertecidir. Fakat hızlı geçişlerin olduğu kısa dönemleri belgeleyen fosiller bulmamızın özellikle olasılık dışı, uzun durgunluk dönemlerini belgeleyen fosiller bulmamızın da özellikle olası olduğunu varsaydıkları için, "isimlendirme sorunu" noktacı bir bakış açısından bakıldığında, noktacı-olmayan bir evrim bakışına kıyasla daha az keskin görünecektir.

İşte bu nedenledir ki, noktacılar, özellikle de Niles Eldredge, "türü" gerçek bir "varlık" olarak almanın üzerinde bu kadar duruyor. Noktacı olmayanlar için, "türün" tanımlanabilmesinin tek nedeni, tuhaf ara canlıların ölmüş olmasıdır. Evrimsel tarihin tümüne bakan bir aşırı noktacı-karşıtı, "türü" ayrı bir varlık olarak görmez; yalnızca yaygın bir sürekliliktir. Noktacı karşıtına göre, bir türün asla açıkça tanımlanmış bir başlangıcı olmamıştır ve yalnızca zaman zaman açıkça tanımlanmış bir sonu olmuştur (soyun tükenmesi); çoğu kez bir tür kesin bir biçimde sonlanmaz, kerte kerte yeni bir türe dönüşür. Öte yandan, noktacı, bir türün belirli bir zamanda varlık bulduğunu düşünür (daha doğru biçimde ifade etmek gerekirse, on binlerce yıllık bir geçiş dönemi vardır, fakat jeolojik standartlara göre bu süre kısadır). Bunun da ötesinde, noktacı için türün belirli, en azından hızlı bir sonu vardır, yeni bir türe kerte kerte geçiş yoktur. Noktacının bakış açısından, bir türün ömrünün çoğu değişmez bir durgunluk içinde geçer, çünkü bir türün belirli, ayrı bir başı ve sonu, dolayısıyla da, belirli, ölçülebilir bir "ömrü" vardır. Noktacı olmayanlar içinse, türün tek bir organizma gibi bir öm-

rü yoktur. Aşırı noktacı, "türü" ismini gerçekten hak eden ayrı bir varlık olarak görür. Aşırı noktacı-karşıtı için, "tür" sürekli akan bir nehrin keyfi bir uzunluğudur ve başlangıcıyla sonunu sınırlayacak çizgiler çizmenin özel bir nedeni olamaz.

Bir grup hayvanın tarihçesini anlatan noktacı bir kitapta -diyelim ki, atların son 30 milyon yıl içerisindeki tarihçesi- oyundaki karakterler tek tek organizmalar değil türler olabilir, çünkü noktacı yazar, türleri kendi ayrı varlıkları olan gerçek "şeyler" olarak düşünür. Türler ansızın ortaya çıkacak ve çıktıkları gibi ortadan kaybolacaklardır, yerlerine onları izleyen türler gelecektir. Bir tür diğerine yol verdikçe, birbirini izleyen türler tarihçesi oluşacaktır. Fakat, aynı öyküyü bir noktacı-karşıtı yazmaya kalktığında, tür isimlerini yalnızca belirsiz bir kolaylık sağlama aracı olarak kullanacaktır. Noktacı-karşıtı zaman içre uzunlamasına baktığında, türleri ayrı varlıklar olarak görmekten vazgeçer. Bu oyunun gerçek aktörleri, kaymakta olan popülasyonlardaki bireysel organizmalar olacaktır. Böyle bir öyküde, hayvan tekleri başka hayvan teklerini doğuracaktır, türler türleri değil. Öyleyse, noktacıların, sıradan, bireysel düzeydeki Darwinci seçilime benzer olarak düşündükleri, tür düzeyindeki doğal seçilime inanmaları şaşırtıcı değil. Öteyandan, noktacı olmayanlar, doğal seçilimi bireysel organizma düzeyinin üstündeki bir düzeyde işleyen bir süreç olarak görmeyeceklerdir; onlar için "tür seçilimi" fikri pek cazip değildir, çünkü türleri jeolojik zaman içerisinde ayrı bir varoluşa sahip varlıklar olarak düşünmezler.

Bir anlamda geçen bölümden kalmış olan tür seçilim varsayımını şimdi ele almak uygun olacak. Bu varsayım üzerinde fazla durmayacağım, çünkü *Extended Phenotype*'da (Yaygın Fenotip) bu konunun evrim açısından taşıdığı iddia edilen önem konusundaki kuşkularımı ilettim. Yeryüzünde yaşamış olan türlerin büyük çoğunluğunun soylarının tükendiği doğru. Ayrıca, yeni türlerin en azından soy tükenme hızını dengeleyecek bir hızla ortaya çıktıkları da doğru; öyle ki, bileşimi durmaksızın

değişen bir çeşit "tür havuzu" var. Tür havuzuna yapılan, gelişigüzel olmayan kayıtlar ve havuzda türlerin gelişigüzel olmayan bir biçimde ayrılmasının, kuramsal olarak bir çeşit yüksekdüzeyli doğal seçilim oluşturduğu da doğru. Türlerin bazı özelliklerinin soylarının tükenmesi ya da yeni türlerin ayrılması olasılığına karşı işlediği doğru olabilir. Yeryüzünde gördüğümüz türler öncelikle dünyaya gelmek -"türleşmiş olmak"- ve tükenmemek için ne gerekiyorsa sahip olma eğilimindedirler. Çok istiyorsanız buna bir çeşit doğal seçilim diyebilirsiniz, ama ben bunun birikimli seçilimden çok, tek-basamaklı seçilime daha yakın olduğunu düşünüyorum. Benim kuşku duyduğum şey, bu çeşit seçilimin evrimin açıklanmasında büyük bir önem taşıdığı iddiasıdır.

Bu benim neyin önemli olduğu konusunda önyargılı görüşümü yansıtıyor olabilir. Bu bölümün başında da söylediğim gibi, bir evrim kuramından istediğim, kalp, eller, gözler ve yankıyla yer bulma gibi karmaşık, iyi tasarlanmış mekanizmaları açıklaması. Hiç kimse, en ateşli taraftarı bile tür seçiliminin bunu yapabileceğini düşünmez. Bazıları tür seçiliminin fosil kayıtlarındaki uzun dönemli belirli eğilimleri açıklayabileceğini düşünüyor -oldukça sık gözlenen, çağlar geçtikçe vücudun büyümesi gibi. Daha önce de gördüğümüz gibi, günümüz atları 30 milyon yıl önceki atalarından büyük. Tür seçilimcileri bunun sürekli bireysel üstünlük sonunda oluştuğu fikrine karşı çıkıyor: Fosil eğilimlerinin tür içerisinde büyük at bireylerin küçük at bireylerden sürekli daha başarılı olduğunu göstermediğini düşünüyorlar. Onlara göre olan şu: çok sayıda tür, yani bir tür havuzu vardı. Bu türlerin bazılarında ortalama vücut büyüklüğü fazlaydı, bazılarındaysa küçüktü (belki de bazı türlerde büyük bireyler daha iyiydi, bazılarındaysa küçük bireyler). Vücut büyüklüğü fazla olan türlerin soyunun tükenmesi olasılığı (ya da daha büyük olasılıkla kendilerine benzer yeni türlerin ayrılması) küçük vücutlu türlere kıyasla daha azdı. Tür seçilimcisine göre, tür içinde her ne olursa olsun, fosillerde büyük vücuda doğru

görülen eğilimin nedeni birbiri ardı sıra gelen ve ortalama vücut büyüklüğü gittikçe artan türlerdi. Fosillerdeki eğilim daha büyük vücutlara doğru olmasına karşın, türlerin çoğunda *daha küçük* bireylerin yeğleniyor olması bile mümkün. Başka bir deyişle, *tür* seçilimi büyük bireylerin yeğlendiği azınlıktaki türleri yeğlemiş olabilir. Günümüz tür seçilimciliğinin sahneye çıkmasından uzun zaman önce, büyük yeni-Darwinci kuramcı George C. Williams şeytanın avukatlığını yapmaktan sakınmayarak tam da bu noktaya parmak basmıştı.

Burada ve belki de tür seçilimine ilişkin tüm sözde örneklerde, evrimsel bir eğilimin olmadığı, daha ziyade *ardılcı* bir eğilim olduğu söylenebilir: bir parça çıplak arazi birbiri ardı sıra küçük otlar, daha büyük otlar, çalılar ve son olarak da olgun "tepe noktası" orman ağaçları tarafından işgal edildikçe, büyük ve daha büyük bitkilere doğru gerçekleşen eğilim gibi... Her neyse, buna ister ardılcı eğilim deyin ister evrimsel eğilim deyin, tür seçilimcileri birer paleontolog olarak fosil kayıtlarının birbirini izleyen katmanlarında bulmaya uğraştıkları şeyin bu tür bir eğilim olduğuna inanmakta haklıdır. Fakat, az önce de söylediğim gibi, hiç kimse tür seçiliminin karmaşık uyumların evrimi konusunda önemli bir açıklama olduğunu söylemek istemiyor. Nedeni şöyle anlatılabilir:

Karmaşık uyumlar çoğu durumda türün özelliği değil, bireyin özelliğidir. Türlerin gözleri ve yürekleri yoktur, türün içindeki bireylerin vardır. Bir türün görme yeteneği kötü olduğu için soyu tükenirse, bu, o türdeki bütün bireylerin kötü görme yüzünden öldüğü anlamına gelir. Görme yeteneğinin niteliğiyse bireysel hayvanların bir özelliğidir. *Türün* hangi özelliklere sahip olduğu söylenebilir? Bunun yanıtı, türün hayatta kalmasını ve üremesini, bireysel hayatta kalma ve üreme etkilerinin toplamına indirgenemeyen yollardan etkileyen özellikler olduğudur. Varsayımsal atlar örneğinde, büyük bireylerin yeğlendiği azınlıktaki türlerin soylarının tükenmesi olasılığının, daha küçük bireylerin yeğlendiği çoğunluktaki türlere kıyasla daha az oldu-

ğunu öne sürmüştüm. Fakat bu pek ikna edici değil. Türün hayatta kalabilme yeteneğinin, türün bireysel üyelerinin hayatta kalma yeteneğinden ayrı tutulmasını gerektiren nedenler düşünmek zor.

Tür düzeyindeki özelliklere ilişkin daha iyi bir varsayımsal örnek verebilirim. Bazı türlerde tüm bireylerin aynı biçimde bir hayat sürdürdüklerini varsayalım. Örneğin, koalaların hepsi okaliptüs ağaçlarında yaşıyor ve yalnızca okaliptüs yaprakları yiyor. Buna benzer türlere birörnek diyebiliriz. Diğer bir tür ise yaşamlarını başka başka biçimlerde sürdüren çeşitli bireyler içerebilir; her birey bir koala kadar özelleşmiş olabilir fakat bir bütün olarak tür, çeşitli beslenme biçimleri içerir. Türün bazı üyeleri yalnızca okaliptüs yaprağı, bazıları yalnızca buğday, bazıları da yalnızca yerelması, bazıları da yalnızca limon kabuğu yiyor. Bu ikinci çeşit türe çeşitlenmiş tür diyelim. Birörnek türün soyunun çeşitlenmiş türe kıyasla yok olması olasılığının daha fazla olacağı koşulları kolayca tahmin edebilirsiniz. Koalaların yaşamı okaliptüs olup olmamasına bağlı ve Hollanda karaağaç hastalığına benzer bir okaliptüs vebası koalaların işini bitirecektir. Öte yandan, çeşitlenmiş türde, besinleri olan bitkilere dadanan salgın bir hastalıkta türün *bazı* üyeleri yaşayacak ve tür devam edecektir. Ayrıca, çeşitlenmiş türün yeni, yavru türler oluşturma olasılığının birörnek türe kıyasla daha fazla olacağını kolayca kabul edebiliriz. Bu anlattığım belki de gerçek tür-düzeyinde seçilim örneğidir. Kısa uzaklıkları görebilme ya da uzun bacaklı olmanın tersine, "birörneklik" ve "çeşitlilik" gerçek tür-düzeyi özelliklerdir. Sorun, böylesi tür-düzeyi özelliklerinin az olması.

Amerikalı evrimci Egbert Leigh'in, "tür seçilimi" deyimi moda olmadan önce öne sürülmüş olmasına karşın, gerçek tür-düzeyi seçilimi için olası bir aday olarak yorumlanabilecek, ilginç bir kuramı var. Leigh ezeli bir sorunla, bireylerde "diğerkâm" davranışın evrimiyle uğraşıyordu. Çok doğru bir saptama yapmıştı; bireyin çıkarları türünkiyle çatışıyorsa, bireyin çıkarları

-kısa dönemli çıkarlar- üstün gelmeliydi; bencil genlerin yürüyüşünü hiçbir şey durduramaz gibi görünmekteydi. Fakat Leigh ilginç bir sav öne sürdü. Birey için en iyi olanın, tür için en iyi olanla çakıştığı gruplar ya da türler olmalıdır. Ve, birey için en iyi olanın tür için en iyi olandan çok farklı olduğu başka türler de olmalıdır. Diğer koşulların eşit olması durumunda, ikinci tür çeşidinin soyunun tükenmesi olasılığı daha fazladır. Öyleyse, tür seçiliminin bir biçimi, bireyin kendini feda etmesinin lehine değil, bireylerin kendi çıkarlarını feda etmelerinin istenmediği türlerin lehine çalışır. Bu durumda, bencil olmayan bireysel davranışların evrileceğini görebiliriz, çünkü tür seçilimi bireyin diğerkâmlığının yine bireyin çıkarına hizmet ettiği türlerin lehine işleyecektir.

Gerçek tür-düzeyindeki özelliklere belki de en iyi örnek üreme biçimiyle ilgilidir: eşeyli ve eşeysiz üreme. Yeterince yerim olmadığı için üzerinde duramayacağım nedenlerden ötürü, eşeyli üremenin varlığı Darwinciler için büyük bir kuramsal bulmacadır. Yıllar önce, bireysel organizma düzeyinin üzerindeki düzeylerde seçilim fikrine genelde düşmanca bakan R. A. Fisher, eşeysellik özel durumu için bir istisna yapmaya hazırlanmıştı. Eşeysel üreme yapan türler, diyordu Fisher, bazı nedenlerden ötürü (ki yine bu nedenlere yer ayıramıyorum; sanıldığı kadar kolay anlaşılır değil) eşeysiz üreme yapan türlere kıyasla daha hızlı evrilir. Evrilme türlerin yaptığı bir şeydir, bireysel organizmaların değil; yani bir organizmanın evrimleşmesinden söz edemezsiniz. Fisher, tür-düzeyindeki seçilimin, eşeysel üremenin hayvanlar arasında bu denli yaygın olmasının nedenlerinden biri olduğunu savunuyordu. Ama bu doğruysa, elimizdeki bir birikimli seçilim değil, tek-basamaklı seçilim örneğidir.

Bu sava göre, eşeysiz türler oluştuktan sonra tükenme eğilimindedir çünkü değişen çevreye ayak uyduracak kadar hızlı evrilemezler. Eşeyli türlerse, tükenmeme eğilimindedir, çünkü çevreye ayak uyduracak kadar hızlı evrilirler. Dolayısıyla da, etrafımızda gördüklerimiz çoğunlukla eşeyli türlerdir. Fakat hı-

zı iki sistemde farklı farklı olan evrim, elbette ki, bireysel düzeydeki birikimli seçilimle işleyen bildiğimiz Darwinci evrimdir. Tür seçilimi yalnızca iki özellik arasında seçim yapan -eşeyli/eşeysiz, yavaş evrim/hızlı evrim- basit, tek-basamaklı seçilimdir. Eşeyliliğin donanımları, eşey organları, cinsel davranış, eşeyli hücre bölünmesinin hücresel donanımı, bütün bunların hepsi standart, alt-düzey Darwinci birikimli seçilimle ortaya çıkmıştır; tür seçilimiyle *değil*. Her neyse, günümüzde uzlaşma sağlanmış görüş, eşeyliliğin grup düzeyinde ya da tür düzeyinde bir çeşit seçilimle korunduğu yolundaki eski kuramı kabul etmez.

Tartışmayı bitirecek olursak, tür seçilimi herhangi bir zamanda yeryüzünde var olan türlerin düzenini açıklayabilir. Bunun sonucu olarak da, jeolojik çağlar boyunca türlerin düzenindeki değişimi de, yani fosil kayıtlarındaki düzen değişimini de açıklayabilir. Fakat tür seçilimi yaşamın karmaşık donanımının evriminde önemli bir güç değildir. Bu seçilimin yapabileceği en iyi şey, gerçek Darwinci seçilimle ortaya çıkan çeşitli alternatif karmaşık donanımlar arasından birini seçmektir. Daha önce de vurguladığım gibi, tür seçilimi oluşabilir fakat pek fazla bir iş yapar görünmüyor! Şimdi sınıflandırma ve yöntemleri konusuna geri döneceğim.

Dallanmacı sınıflandırmanın kütüphanecilerin sınıflandırma çeşidine göre üstün olduğundan, doğada keşfedilmeyi bekleyen tek bir, gerçek hiyerarşik yerleşim içerdiğinden söz etmiştik. Yapmamız gereken tek şey, bu yerleşimi keşfedecek yöntemler geliştirmektir. Ne yazık ki, uygulamada güçlükler var. Taksonomistin umacısı da evrimsel yakınsamadır. Bu öylesine önemli bir olgu ki, bir bölümün yarısını zaten ona ayırdık. IV. Bölüm'de dünyanın başka bir yerinde yaşayan, ilişkisiz hayvanlara benzeyen hayvanlar bulunduğunu, çünkü yaşam tarzlarının aynı olduğunu gördük. Yeni Dünya ordu karıncaları, Eski Dünya sürücü karıncalarına benziyordu. Afrika ve Güney Amerika'nın birbirleriyle oldukça ilişkisiz elektrik balıkları ve gerçek kurtlarla Tas-

manya'nın keseli "kurdu" *Thylacinus* arasında esrarengiz benzerlikler evrilmiştir. Tüm bu örneklerde yalnızca bu benzerliklerin yakınsak olduğunu (ortak bir noktaya doğru evrildiğini), yani ilişkisiz hayvanlarda birbirlerinden bağımsız olarak evrildiklerini söylemiş, hiçbir açıklama ya da kanıt getirmemiştim. Peki, bu hayvanların birbirleriyle ilişkisiz olduklarını nereden biliyorum? Taksonomistler kuzenliğin yakınlığını ölçmek için benzerlikleri kullanıyorlarsa, bu hayvan çiftlerini birbirine bağlarmış gibi görünen bu benzerlikler onları neden kandıramadı? Ya da, soruyu başka türlü, daha kaygı verici bir biçimde sorarsak, taksonomistler bize iki hayvanın -diyelim ki yabani tavşanla ada tavşanı- yakın akraba olduğunu söylediklerinde, kitlesel yakınsama yüzünden yanılıp yanılmadıklarını nereden bileceğiz?

Bu gerçekten kaygılandırıcı bir soru, çünkü sınıflandırma bilimi tarihi, taksonomistlerin kendilerinden öncekilerin tam da bu nedenle yanılgıya düştüklerini ilan ettikleri örneklerle doludur. IV. Bölüm'de Arjantinli bir taksonomistin litopternaların gerçek atların atası olduğunu ilan ettiğinden, ama günümüzde litopteraların gerçek atlara yakınsadığının düşünüldüğünden söz etmiştim. Uzun bir süre, Afrika kirpisinin Amerika kirpisiyle yakın akraba olduğu sanılmıştı, fakat şimdi bu iki grubun dikenlerinin birbirlerinden bağımsız evrildiği düşünülüyor. Büyük olasılıkla, dikenler her iki anakarada da aynı nedenlerle yararlı oldu. Gelecekteki taksonomist kuşağının tekrar fikir değiştirmeyeceğini kim iddia edebilir ki? Ortak bir noktaya doğru ilerleyen (yakınsak) evrim aldatıcı benzerlikleri böylesine güçlü bir biçimde taklit edebiliyorsa, taksonomiye ne kadar güven duyabiliriz? Kişisel olarak, benim iyimser olmamın ana nedeni, sahneye moleküler biyolojiyi temel alan çok güçlü yeni yöntemlerin çıkmış olması.

Daha önceki bölümlerden bir özet yaparsak, birbirlerinden ne denli farklı görünürlerse görünsünler, moleküler düzeye indiğimizde tüm hayvanlar, bitkiler ve bakteriler şaşırtıcı biçimde birörnektir. Genetik kodun kendisine baktığımızda, bu gerçeğin

etkileyici biçimde sergilendiğini görürüz. Genetik sözlükte, her biri üç harften oluşan 64 DNA sözcüğü vardır. Bu sözcüklerin her birinin protein dilinde kesin bir karşılığı, çevirisi vardır (ya belirli bir aminoasit ya da bir noktalama işareti). Tıpkı bir insan dilinin keyfi olması gibi (örneğin, dinleyiciye içinde yaşanacak bir yer anlamını veren "ev" kelimesinin ses olarak hiçbir içsel özelliği yoktur), genetik dil de keyfidir. Bunu bildiğimize göre, her canlı, dış görünüşü diğer canlılardan ne denli farklı olursa olsun, gen düzeyinde neredeyse aynı dili "konuşmaktadır". Genetik şifre evrenseldir. Ben bunu, tüm organizmaların tek bir ortak atadan geldiklerinin kesin kanıtı olarak değerlendiriyorum. Keyfi "anlamlar" içeren aynı sözlüğün iki kez ortaya çıkma olasılığı düşünemeyeceğimiz kadar küçüktür. VI. Bölüm'de gördüğümüz gibi, belki bir zamanlar farklı bir genetik dil kullanan organizmalar var olmuştur, fakat artık bizimle değiller. Yaşamakta olan tüm organizmalar, tek bir atadan gelmiştir ve bu atadan neredeyse aynı sözlüğü, 64 DNA sözcüğünün hemen hemen her birinde aynı olan genetik sözlüğü miras olarak almışlardır.

Bu gerçeğin taksonomi üzerindeki etkisini bir düşünün. Moleküler biyoloji çağından önce, zoologlar yalnızca çok sayıda anatomik özelliği aynı olan hayvanların kuzenliğinden emin olabiliyordu. Moleküler biyoloji birdenbire anatomi ve embriyolojinin sunduğu yavan listeye eklenecek benzerlikleri içeren, yeni bir define sandığı açmış oldu. Ortak genetik sözlüğün 64 özdeşliği (benzerlik sözcüğü çok zayıf kaldığından "özdeşlik" diyorum) yalnızca bir başlangıç. Taksonomi, dönüştü. Bir zamanların belirsiz kuzenlik tahminleri, istatistiksel kesinlik kazandı.

Taksonomist için, genetik sözlüğün neredeyse kelimesi kelimesine evrensel olması, iyiden de öte. Bir zamanlar tüm canlıların kuzen olduğunu biliyor fakat hangi çiftlerin diğerlerinden daha yakın kuzen olduğunu söyleyemiyorduk. Fakat moleküler bilgi bunu yapabiliyor, çünkü bize toplam bir özdeşlik yerine değişken benzerlik dereceleri veriyor. Anımsayacaksınız, genetik çeviri donanımının ürünü, protein molekülleridir. Her pro-

tein molekülü bir tümce, sözlükteki aminoasit sözcüklerinden oluşan bir zincirdir. Bu tümceleri çevirilmiş protein biçimi ya da orijinal DNA biçimi olarak okuyabiliriz. Tüm canlılar aynı sözlüğü kullanıyorsa da, hepsi aynı tümceleri yapmıyor. İşte bu, bize değişen kuzenlik derecelerini saptama olanağı veriyor. Protein tümceleri ayrıntılarda farklı olsalar da, çoğu kez bütünde benzer düzende oluyor. Herhangi bir organizma çiftinde, her zaman, aynı atasal tümcenin hafifçe "bozulmuş" uyarlamaları olduğu açıkça belli olacak kadar benzeyen tümceler bulabiliriz. Bunu ineklerin ve bezelyelerin histon dizileri arasındaki ufak farklılıklar hakkında verdiğimiz örnekte gördük.

Artık taksonomistler kafataslarını ya da bacak kemiklerini nasıl kıyaslıyorsa, moleküler tümceleri de öyle kıyaslayabiliyor. Çok yakın benzerlikler gösteren protein ya da DNA tümcelerinin yakın kuzenlerden geldiği, farkı daha çok olan tümcelerin daha uzak kuzenlerden geldiği varsayılabiliyor. Tüm bu tümceler, yalnızca 64 sözcüklü evrensel sözlükle yapılıyor. Çağdaş moleküler biyolojinin güzelliği, iki hayvan arasındaki farklılığın, kullandıkları belirli bir tümcenin uyarlamaları arasında farklı olan tümcelerin sayısıyla kesin bir biçimde ölçülebilmesi. III. Bölüm'deki genetik hiperuzayın terimleriyle, bir hayvanın diğerinden kaç adım uzak olduğunu (en azından belirli bir protein molekülüne göre) ölçebiliyoruz.

Bilim dünyasında etkin bir genetik akımın, "yansızcıların" yorumuna göre de (bir sonraki bölümde bunlarla tekrar karşılaşacağız), moleküler dizileri kullanmanın taksonomiye sağladığı bir ek üstünlük, moleküler düzeydeki evrimsel değişimin çoğunun *yansız* olması. Bu, moleküler değişimin doğal seçilimle değil, gelişigüzel olması anlamına geliyor; ve bu nedenle de taksonomisti yanıltacak ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrim umacısının var olmasının nedeni, zaman zaman görülen şanssızlık. Bununla ilişkili bir başka gerçek de, daha önce gördüğümüz gibi, herhangi bir molekülün birbirlerinden çok farklı hayvan gruplarında aşağı yukarı sabit bir hızda evrimleşmesi. Bu, iki

hayvanın kıyaslanabilir molekülleri (diyelim ki, insan sitokromu ve yabandomuzu sitokromu) arasındaki farklılıkların sayısının bu hayvanların ortak atasının yaşadığı çağlardan bu yana geçen zamanın iyi bir ölçütü olduğu anlamına geliyor. Oldukça dakik bir "moleküler saatimiz" var. Bu moleküler saat, yalnızca hangi hayvan çiftinin ortak atasının daha yakın bir geçmişte yaşadığını değil, aynı zamanda bu ortak atanın yaklaşık *ne zaman* yaşadığını tahmin etmemizi sağlıyor.

Bu noktada, görünürdeki bir tutarsızlık nedeniyle okuyucunun kafası karışabilir. Bu kitabın tümü doğal seçilimin ezici önemini vurgulamakta. Öyleyse nasıl oluyor da şimdi moleküler düzeyde evrimsel değişimin gelişigüzelliğini vurguluyoruz? XI. Bölüm'de göreceğiz; aslında bu kitabın ana konusu olan uyumların evrimine ilişkin bir anlaşmazlık yok. En ateşli yansızcı bile gözler ve eller gibi karmaşık çalışan organların gelişigüzel oluştuğunu düşünmez. Aklı başında her biyolog, bunların yalnızca doğal seçilimle oluşmuş olabileceğini kabul eder. Ama yansızcı, böylesi uyumların buzdağının tepesi olduğunu düşünür -bence haklıdır da... Moleküler düzeyden bakıldığında, evrimsel değişimin çoğu işlevsel değildir.

Moleküler saat geçerli olduğu sürece -ki, her çeşit molekülün kendine özgü hızıyla evrildiği doğru gibi görünüyor- bu saati evrim ağacının dallanma noktalarının tarihini saptamak için kullanabiliriz. Ve, eğer çoğu evrimsel değişimin moleküler düzeyde yansız olduğu doğruysa, bu, taksonomist için bulunmaz bir nimettir. Ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrim sorununun istatistiksel silahlarla savuşturulabileceği anlamına gelir. Her hayvanın hücrelerinde koca genetik metin ciltleri var. Yansızcıya göre, bu metinlerin çoğunun hayvanı sürdürdüğü yaşam biçimine uyarlamakla hiçbir ilgisi yok; doğal seçilim bunlara dokunmamış ve metinler şans eseri oluşanlar dışında ortak bir noktaya doğru ilerleyen evrime tabi olmamış. Seçilim açısından herhangi bir özelliğe sahip olmayan iki büyük metnin şans eseri birbirine benzeme olasılığı hesaplanabilir ve gerçek-

ten de çok düşüktür. Daha da iyisi, moleküler evrimin sabit hızı, evrimsel tarihin dallanma *tarihlerini* saptamamıza olanak sağlar.

Yeni moleküler dizi okuma yöntemlerinin taksonomistin donanımına eklediği gücü ne kadar vurgulasak yeridir. Tüm hayvanların tüm moleküler tümcelerinin şifresi henüz çözülmedi, fakat artık kütüphaneye gidip, köpeğin, kangrunun, dikenli karıncayiyenin, tavuğun, engerek yılanının, su kelerinin, sazanın ve insanın, diyelim, hemoglobin tümcelerini kelimesi kelimesine, harfi harfine bulabiliyoruz. Hayvanların hepsinde hemoglobin yok, ama başka proteinler var; örneğin, her hayvanda ve bitkide bir uyarlaması olan ve çoğunu kütüphanede bulabileceğimiz histonlar. Bunlar bacak uzunluğu, kafatasının genişliği gibi yaşa veya sağlığa göre, hatta gözlemcinin görme yeteneğine göre değişen cinsten belirsiz ölçümler değil. Bunlar aynı tümcenin aynı dilde kelimesi kelimesine bilinen uyarlamaları ve tıpkı müşkülpesent bir Rumca bilgininin aynı İncil'in iki parşömenini kıyaslaması gibi, yan yana konup ayrıntılarıyla ve kesin bir doğrulukla karşılaştırılabilirler. DNA dizileri tüm yaşamın talimatlarıdır ve biz onların şifresini biliyoruz artık.

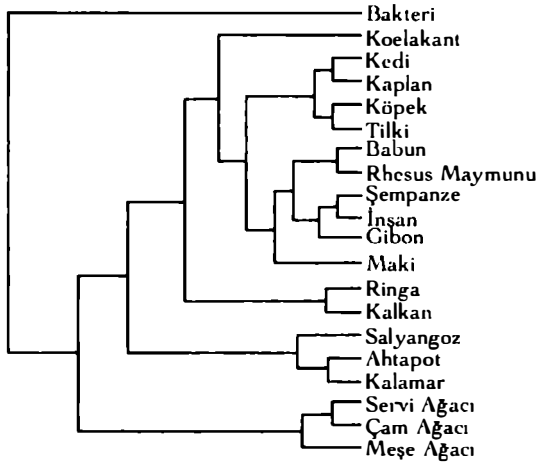
Taksonomistin temel varsayımı, yakın kuzenlerde belirli bir moleküler tümcenin uyarlamalarının uzak kuzenlerdekine kıyasla daha benzer olacağıdır. Buna "cimrilik ilkesi" deniyor. Cimrilik, ekonomik tutumluluğa verilen bir başka ad. Elimizde tümceleri bilinen bir grup hayvan varsa -diyelim ki, bir önceki paragrafta sıralanan sekiz hayvan- görevimiz bu sekiz hayvanı birbirine bağlayan olası ağaç şemalarından hangisinin en cimri şema olduğunu bulmaktır. En cimri ağaç, varsayımsal olarak, "ekonomik anlamda en tutumlu" olan ağaçtır, yani evrim sürecinde en az sayıda sözcük değişikliği ve en az miktarda yakınsama içeren ağaç. Olasılık dışılık kavramına dayanarak en az miktarda yakınsama varsayma hakkımız var. Birbirleriyle akraba olmayan iki hayvanın kelimesi kelimesine, harfi harfine aynı

moleküler diziye ulaşması olasılığı, özellikle de çoğu moleküler evrimin yansız olduğu düşünülürse, düşüktür.

Tüm olası ağaçlara bakmak istediğimizde karşımıza hesap zorlukları çıkıyor. Elimizde sınıflandırılacak yalnızca üç hayvan varsa, olası ağaçların sayısı yalnızca üçtür: A ile B birleşmiş, C dışarda; A ile C birleşmiş, B dışarda; B ile C birleşmiş, A dışarda. Sınıflandırılacak hayvan sayısını daha da artırıp aynı hesaplamayı yapabilirsiniz; olası ağaçların sayısı hızla artacaktır. Yalnızca dört hayvan varsa, olası kuzenlik ağaçlarının toplam sayısı hâlâ hesaplanabilir düzeydedir: 15. Bilgisayarın 15 taneden hangisinin en cimri ağaç olduğunu bulması pek uzun sürmez. Fakat sınıflandırılacak hayvan sayısı 20 taneyse, olası ağaç sayısı 8.200.794.532.637.891.559.375 olacaktır (9. Şekil'e bakın). 20 hayvan için, günümüz bilgisayarlarının en hızlısının en cimri ağacı bulması 10.000 milyon yıl alacaktır; yaklaşık evrenin yaşı kadar. Ve, taksonomistler sık sık 20'den fazla hayvan için ağaç çizmek ister.

İlk önemseyenler moleküler taksonomistler olmasına karşın, patlayacak kadar büyük sayılar sorunu moleküler-olmayan sınıflandırmada da hep olmuştur. Moleküler olmayan taksonomistler sezgisel tahminler yaparak bu sorundan kaçınmaya çalışmışlardır. Denenebilecek tüm aile ağaçlarından çoğu hemen elenebilir -örneğin, insanları solucana maymunlardan daha yakın yerleştiren milyonlarca aile ağacı. Taksonomistler komik olduğu böylesine bariz olan kuzenlik ağaçlarıyla ilgilenmez bile ve dikkatlerini kendi önyargılarını şiddetle ihlal etmeyen görece az sayıdaki ağaç üstünde yoğunlaştırır. Büyük olasılıkla bu doğru bir tutum, ama gerçekten en cimri olan ağacın ele alınmadan bir kenara atılanların arasında olma olasılığı her zaman var. Bilgisayarlar da kısa yoldan işlem yapmak üzere programlanabilir ve patlayacak kadar büyük sayılar sorunu daha küçük hale getirilebilir.

Moleküler bilgi öylesine zengin ki, sınıflandırmamızı farklı proteinler için tekrar tekrar yapabiliriz. Böylelikle, bir molekü-



9. Şekil Bu doğru aile ağacıdır. Bu 20 canlıyı sınıflandırmanın 8.200.794.532.637.891.559.374 yolu daha vardır ve hepsi yanlıştır.

lün incelenmesinden çıkardığımız sonuçları, bir başka molekülün incelenmesinden çıkanları doğrulamak için kullanabiliriz. Eğer bir protein molekülünün anlattığı öykünün yakınsama nedeniyle karışmış olduğu kaygısını taşıyorsak, bir başka protein molekülüne bakarak kolayca kontrol edebiliriz. Yakınsak evrim aslında özel bir çeşit rastlantıdır. Rastlantıların bir özelliği, bir kez gerçekleşseler bile, ikinci kez gerçekleşme olasılığının daha da düşük olmasıdır; üçüncü kez gerçekleşme olasılıkları daha da düşük... Birbirinden ayrı daha fazla sayıda protein molekülü alarak rastlantıyı tümüyle bertaraf edebiliriz.

Örneğin, bir grup Yeni Zelandalı biyoloğun yaptığı bir çalışmada, 11 hayvan beş değişik protein molekülü kullanılarak, beş kere birbirlerinden bağımsız olarak sınıflandırıldı. Bu 11 hayvan, koyun, rhesus maymunu, at, kangru, sıçan, ada tavşanı, köpek, domuz, insan, inek ve şempanzeydi. Yapmaya çalıştıkları, bir protein kullanarak bu 11 hayvanın akrabalık ilişkilerini gösteren bir ağaç çizmekti. Sonra da, başka bir protein kullanarak *aynı* akrabalık ağacının elde edilip edilemeyeceğini görmekti. Daha sonra da, aynı şeyi bir üçüncü, dördüncü ve beşinci

protein için yapmaktı. Kuramsal olarak, örneğin evrim doğru olmasaydı, beş proteinin her biri tümüyle farklı bir "akrabalık" ağacı verebilirdi.

Kütüphanede bu 11 hayvan için denenebilecek beş protein vardı. 11 hayvan için olası akrabalık ilişkisi ağacı sayısı 654.729.075'ti ve bildik kısa yolların kullanılması gerekti. Bilgisayar beş protein molekülünün her biri için en cimri akrabalık ilişkisi ağacını çizdi. Bu, 11 hayvan arasındaki en doğru akrabalık ilişkisi ağacı için birbirinden bağımsız, en iyi beş tahmini verir. Umabildiğimiz en iyi sonuç, beş tahmini ağacın birbirlerinin eşi olmasıydı. Yalnızca şans eseri bu sonucu elde etme olasılığı son derece düşük: Olasılığı gösteren sayının ondalık virgülden sonra 31 tane sıfırı var. Belirli bir miktar yakınsak evrim ve rastlantı beklenmelidir; dolayısıyla, eğer mükemmel bir anlaşma elde edemezsek şaşırmayacaktık. Fakat farklı ağaçlar arasında önemli bir anlaşma çıkmazsa kaygılanacaktık. Sonunda, elde ettiğimiz birbiriyle özdeş beş ağaç değil, birbirine çok benzeyen beş ağaç oldu. Beş molekülün hepsi de insan, şempanze ve maymunu birbirlerine yakın yerleştirmekte anlaşmışlardı; fakat bu kümeye bir sonraki en yakın hayvanın ne olacağı konusunda anlaşmazlık vardı: hemoglobin B, köpek diyordu; fibrinopeptit B, sıçan; fibrinopeptit A, sıçan ve tavşandan oluşan bir küme; hemoglobin A, sıçan, tavşan ve köpekten oluşan bir küme...

Köpekle belirli bir ortak atamız, sıçanla da başka bir ortak atamız var. Bu iki ata geçmişin belirli bir anında gerçekten var oldu. Birinin diğerinden daha yakın bir geçmişte olması gerekiyor; öyleyse ya hemoglobin B ya da fibrinopeptit B evrimsel akrabalık ilişkileri tahmininde yanılmış olmalı. Dediğim gibi, böylesi sapmaların bizi kaygılandırması gerekmez. Belirli bir miktar yakınsama ve rastlantı bekliyoruz zaten. Eğer gerçekte köpeğe daha yakın akrabaysak, biz ve sıçan fibrinopeptit B'lerimiz açısından birbirimize yakınsamışız demektir. Eğer gerçekte sıçana daha yakın akrabaysak, biz ve köpek hemoglobin B'lerimiz açısından birbirimize yakınsamışız demektir. Diğer mole-

küllere bakarak, bunlardan hangisinin daha olası olduğu hakkında bir fikir edinebiliriz. Fakat konuyu daha fazla uzatmayacağım; asıl önemli noktayı vurgulamış bulunuyorum.

Taksonominin biyolojik alanların en kinci, kötü huylusu olduğunu söylemiştim. Stephen Gould bu alanı "adlar ve pislik" olarak gayet güzel tanımladı. Taksonomistler kendi düşünce akımlarına, politika ya da ekonomide bekleyebileceğimiz, fakat genellikle akademik bilimde ummadığımız bir biçimde bağlılar. Bir taksonomi okulunun üyeleri kendilerini tıpkı ilk Hıristiyanlar gibi, kuşatılmış bir kardeşler çetesi olarak görür. Bunu, ilk olarak, taksonomist bir tanıdığım kederden bembeyaz olmuş bir yüzle bana gelip bilmem kimin (isim önemli değil) dallanmacılara *geçtiği* "haberini" verdiğinde anladım.

Taksonomik düşünce akımlarının bir özetini yapacağım, büyük olasılıkla bu akımların bazı üyelerini kızdırmış olacağım, fakat yine de birbirlerini öfkeden çıldırttıkları (bunu bir alışkanlık haline getirmişler) kadar değil; öyleyse gereksiz zarar vermiş olmayacağım. Taksonomistler temel felsefeleri açısından iki ana kampa ayrılmışlar. Bir tarafta amaçlarının evrimsel akrabalık ilişkilerini keşfetmek olduğunu açıkça söyleyenler var. Onlara göre (ve bana göre), iyi bir taksonomik ağaç, evrimsel ilişkilerin aile ağacıdır. Taksonomi alanında çalışıyorsanız, hayvanların birbirleriyle olan kuzenliklerinin yakınlığı hakkında elinizden gelen en iyi tahmini yapmak için, var olan tüm yöntemleri kullanırsınız. Bu taksonomistlere bazen "filetikçiler" deniyor ama aslında onlara bir ad bulmak zor, çünkü en belirgin ad olan "evrimci taksonomistler" adına belirli bir alt-akım tarafından el konulmuş. Bu bölümü şimdiye dek bir filetikçinin bakış açısından yazdım.

Fakat oldukça mantıklı nedenlerle farklı bir yoldan ilerleyen birçok taksonomist var. Taksonomi alanında çalışmanın nihai amacının evrimsel akrabalık ilişkilerini keşfetmek olduğunu kabullenmeye eğilimli olmalarına karşın, taksonomi *uğraşını* benzerlikleri oluşturan kuramdan (ki benim için bu evrim kuramı) ayrı tutmakta ısrar ediyorlar. Bu taksonomistler benzerlikleri

başka soruları bir yana bırakarak kendi içinde incelemek istiyor. Bu benzerliklerin nedeninin evrimsel geçmiş olup olmadığı ve yakın benzerliklerin yakın kuzenlikten kaynaklanıp kaynaklanmadığı sorunlarına karşı önyargılı olmak istemiyorlar. Sınıflandırmalarını yalnızca benzerlikleri kullanarak kurmak istiyorlar.

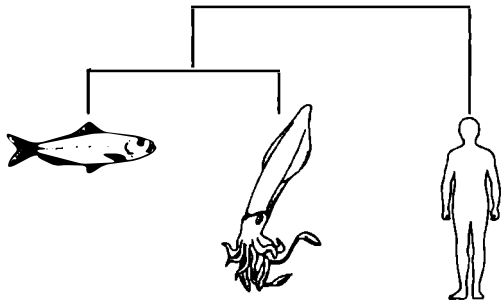
Bunu yapmanın yararlarından biri, evrimin gerçekliğinden kuşkuluysanız, bunu denemek için benzerlikleri kullanabilmeniz. Eğer evrim gerçekse, hayvanlar arasındaki benzerlikler belirli, öngörülebilir bir düzen izlemelidir, özellikle de hiyerarşik yerleşim düzenini. Eğer evrim gerçek değilse, *nasıl* bir düzen beklenebileceğini ancak Tanrı bilir, ama yerleşik bir hiyerarşik düzen beklemek için hiçbir neden yoktur. Bu akım, sınıflandırmanızı *yaparken* evrimin gerçekliğini varsaydığınız takdirde taksonomik çalışmanızın sonuçlarını evrimin gerçekliğini denemek üzere kullanamayacağınız konusunda ısrarlı: böyle bir yaklaşımın kısır döngü olacağını düşünüyorlar. Birileri evrimin gerçekliğinden ciddi olarak kuşku duyuyor olsaydı, bu yaklaşım güçlü bir yaklaşım olurdu. Tekrarlayayım, taksonomistler arasındaki bu ikinci düşünce akımı için uygun bir ad bulmak zor. Ben onlara "arı-benzerlik ölçücüleri" diyeceğim.

Filetikçiler, açık açık evrimsel akrabalık ilişkilerini keşfetmeye çalışan taksonomistler, iki ayrı düşünce akımına ayrılıyor: Willi Hennig'in tanınmış kitabı *Phylogenetic Systematics*'te (Filogenetik Sistematik) ortaya attığı ilkeleri izleyen dallanmacılar; ve "geleneksel" evrimci taksonomistler. Dallanmacılar, dalları saplantı haline getirmişlerdir. Onlar için, taksonominin amacı, soy hatlarının evrimsel süreç içerisinde hangi sırayla birbirlerinden ayrıldıklarını bulmaktır. Bu hatların dallanma noktasından bu yana ne kadar değiştiklerine aldırmazlar. "Geleneksel" (bu sözcüğü aşağılayıcı bir anlamda düşünmeyin) evrimci taksonomistler, dallanmacılardan, temelde yalnızca dallanan bir evrim türü düşünmemeleriyle ayrılır. Ayrıca, yalnızca dallanmayı değil, evrim sürecinde oluşan toplam değişim miktarını da dikkate alırlar.

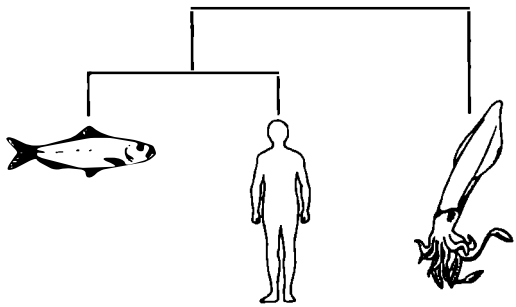
Dallanmacılar işe başladıkları andan itibaren dallanan ağaçlar çerçevesinde düşünür. İdealde, uğraşmakta oldukları hayvanlar için tüm olası dallanan ağaçları yazarak başlarlar (yalnızca ikili dallanmalar, çünkü herkesin sabrının bir sınırı vardır!). Moleküler taksonomiyi tartışırken gördüğümüz gibi, çok sayıda hayvanı sınıflandırıyorsanız bu iş zorlaşıyor, çünkü olası ağaç sayısı astronomik miktarlarda artıyor. Fakat aynı zamanda kısa yollar (şansımız varmış) ve işe yarar yaklaştırmalar da olduğunu gördük; bu da bu tip taksonominin uygulamada yapılabilir olduğu anlamına geliyor.

Tartışmayı sürdürebilmek için, yalnızca üç hayvan, kalamar, ringa ve insanı sınıflandırmaya çalıştığımızı düşünürsek, ikili dallanma yapan yalnızca üç tane ağaç vardır:

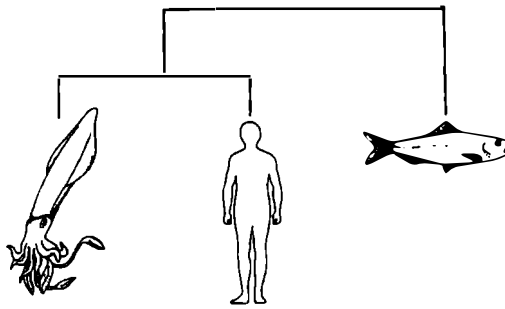
1. Kalamar ve ringa birbirlerine yakın, insan "dışardaki grup".



2. İnsan ve ringa birbirlerine yakın, kalamar dış grup.



3. Kalamar ve insan birbirlerine yakın, ringa dış grup.



Dallanmacılar üç olası ağaca sırayla bakacak ve en iyisini seçeceklerdir. En iyi ağacın hangisi olduğuna nasıl karar verecekler? Temelde, en iyi ağaç, en çok sayıda özelliği ortak olan hayvanları birleştiren ağaçtır. "Dış grup", diğer ikisiyle en az sayıda ortak özelliği olan hayvana verilen ad. Yukarıdaki ağaç listesinde, ikincisi yeğlenecektir, çünkü insan ve ringa, birbirleriyle kalamar ve ringanın ya da kalamar ve insanın paylaştığından daha fazla ortak özellikleri paylaşır. Kalamar, dış gruptur, çünkü insanla ya da ringayla fazla ortak özelliği yoktur.

Aslında bu, ortak özelliklerin sayılması kadar basit değil, çünkü bazı özellik çeşitleri bilerek göz ardı edilir. Dallanmacılar, yakın geçmişte evrilmiş özelliklere ağırlık vermek ister. Örneğin tüm memelilerin ilk memeliden miras aldığı eski özellikler, memeliler içerisinde sınıflandırma yaparken işe yaramaz. Hangi özelliklerin eski olduğuna karar vermek için kullandıkları yöntemler çok ilginçtir ama bu bizi kitabın kapsamı dışına çıkaracaktır. Bu aşamada hatırlanması gereken asıl şey, dallanmacının üzerinde uğraştığı hayvanları birleştirebilecek tüm olası çatallanan ağaçları dikkate aldığı (en azından ilke olarak) ve tek doğru ağacı seçmeye çalıştığıdır. Ve, gerçek dallanmacı, dallanan ağaçları yani "kladogramları", aile ağaçları, evrimsel kuzenliğin yakınlığını gösteren ağaçlar olarak gördüğünü saklamaz.

Dallanma saplantısı aşırıya vardırıldığında tuhaf sonuçlar verebilir. Bir türün yakın kuzenlerinden son derece farklı olup, uzak kuzenleriyle her ayrıntıda özdeş olması kuramsal olarak mümkün. Örneğin, günümüzden 300 milyon yıl önce, birbirine çok benzeyen iki balık türü olduğunu varsayalım; adları Yakup ve Esav olsun. Diyelim ki, bu türlerin her ikisinin de soyu günümüze dek ulaştı. Esav'ın soyundan gelenler durgun kaldı. Denizin derinliklerinde yaşamaya devam ettiler ama evrilmediler. Bunun sonucu olarak, Esav'ın soyundan gelenler temelde Esav'ın aynısı kaldılar ve bu yüzden de Yakup'a çok benziyorlar. Yakup'un soyundan gelenler evrildi ve çoğaldı. Sonunda, tüm günümüz memelilerini ortaya çıkardılar. Fakat Yakup'un soyundan gelenlerden biri, denizin derinliklerinde kaldı, değişmedi ve o da günümüze soyunu bıraktı. Bunlar Esav'ın günümüz soyuna o kadar benziyor ki, ikisini ayırt etmek çok zor.

Şimdi, bu hayvanları nasıl sınıflandıracağız? Geleneksel evrimci taksonomist, Yakup ve Esav'ın ilksel derin deniz soylarının arasındaki benzerliği fark edecek ve onları birlikte sınıflandıracaktır. Keskin dallanmacı bunu yapamaz. Yakup'un derin deniz soyu, Esav'ın derin deniz soyuna çok benzemesine karşın, memelilerin daha yakından kuzenidir. Memelilerle ortak ataları, Esav'la ortak atalarından daha yakın bir geçmişte yaşamıştır - aradaki süre çok az olsa da... Bu yüzden, memelilerle birlikte sınıflandırılmalıdır. Bu size tuhaf görünebilir, ama kişisel konuşmak gerekirse, ben bu durumu sükûnetle karşılayabilirim; en azından tümüyle mantıklı ve belirgin bir durum. Aslında, hem dallanmacılığın hem de geleneksel evrimsel taksonominin iyi yanları var ve ben, kullandıkları yöntemi açıkça anlattıkları sürece hayvanları nasıl sınıflandırdıklarına aldırmıyorum.

Diğer ana akıma, arı-benzerlik ölçücülerine dönersek, onlar da iki alt-akıma ayrılabilirler. Her iki alt-okul da sınıflandırma yaparken uygulamadaki düşüncelerinden evrimi çıkarma konusunda anlaşırlar. Fakat sınıflandırma uygulamalarını nasıl yapacakları konusunda ayrılırlar. Bu taksonomistlerin alt-akımla-

rından birine bazen "fenetikçiler", bazen de "sayısal taksonomistler" deniyor. Ben bunlara "ortalama uzaklık ölçücüleri" diyeceğim. Diğer benzerlik ölçücüleri akımı ise, kendilerine "dönüşmüş dallanmacılar" diyorlar. Bu kötü bir isim; çünkü aslında dallanmacı falan *değiller*! Julian Huxley, dal terimini ortaya attığında, bu terimi açıkça ve hiçbir şüpheye yer bırakmayacak biçimde tanımladı. Dal, belirli bir atanın soyundan gelen tüm organizmaların kümesidir. "Dönüşmüş dallanmacıların" ana özelliği tüm evrim ve atalık kavramlarından kaçınmak olduğuna göre, kendilerine dallanmacı demeleri hiç de mantıklı değil. Bunu yapmalarının tarihsel bir nedeni var: Gerçek dallanmacılar olarak yola koyuldular ve onların temel felsefesini ve mantıklarını terk ederek yalnızca bazı yöntemlerini aldılar. Bunu hiç istemememe rağmen, sanırım onlara dönüşmüş dallanmacılar demekten başka çarem yok.

Ortalama uzaklık ölçücüler yalnızca sınıflandırmalarında evrimi kullanmayı reddetmekle kalmıyorlar (yine de hepsi evrime inanıyor). Benzerliğin bir dallanma hiyerarşisi olması gerektiğini bile kabul etmeme konusunda ısrarlılar. Eğer gerçekten hiyerarşik bir düzen varsa, bu düzeni ortaya çıkaracak yöntemler kullanmaya çalışıyorlar, ama böyle bir düzen yoksa, uğraşmıyorlar. Doğaya gerçekten hiyerarşik bir biçimde düzenlenip düzenlenmediğini sormaya çalışıyorlar. Bu kolay bir iş değil ve sanıyorum, böyle bir amaca ulaşmak için herhangi bir yöntemin olmadığını söylersem haksızlık etmiş olmam. Her neyse, bu amaç bence takdire şayan önyargılardan kaçınma ilkesinin bir parçası. Yöntemleri çoğu kez karmaşık ve matematiksel ve canlıların sınıflandırılmasında olduğu kadar cansızların -örneğin, kayaçların ya da arkeolojik eserlerin- sınıflandırılması için de uygun.

Ortalama uzaklık ölçücüler hayvanlarıyla ilgili ölçülebilecek ne varsa ölçüyorlar. Bu ölçümlerin yorumlanmasında biraz akıllı olmak gerekiyor ama bunun üstünde durmayacağım. Sonunda, tüm ölçümler her hayvanla diğer hayvanlar arasında bir

benzerlik dizini (ya da tam tersi, bir farklılık dizini) oluşturmak üzere birleştiriliyor. İstiyorsanız, hayvanları uzayda noktalardan oluşan bulutlar olarak düşünebilirsiniz. Fareler, sıçanlar, hamsterler, vs. uzayın bir bölümünde bulunuyor. Uzayın uzak bir yerinde, aslanlar, kaplanlar, leoparlar, çitalar, vs. içeren bir başka küçük bulut var. Uzaydaki herhangi iki nokta arasındaki uzaklık, iki hayvanın çok sayıda özelliği birleştirildiğinde birbirlerine ne kadar yakından benzediklerinin bir ölçüsü oluyor. Aslanla kaplan arasındaki uzaklık kısa. Fareyle sıçan arasındaki de öyle. Fakat sıçanla kaplan ya da fareyle aslan arasındaki uzaklık fazla. Özelliklerin birleştirilmesi genellikle bir bilgisayarın yardımıyla yapılıyor. Bu hayvanların içinde oturdukları uzay, yüzeysel bakıldığında biraz Biyomorf Ülkesi'ne benziyor, ama "uzaklıklar" genetik değil, fiziksel vücut benzerliklerini temsil ediyor.

Her hayvanla diğer tüm hayvanlar arasında bir ortalama benzerlik (ya da uzaklık) dizini hesaplandıktan sonra, bilgisayar, uzaklıklar/benzerlikler dizisini taramak üzere programlanıyor, hiyerarşik bir kümelenme düzeni oluşturulmaya çalışılıyor. Ne yazık ki, kümeleri aramak üzere hangi hesaplama yönteminin kullanılacağı hakkında epey çatışma var. Doğruluğu çok açık bir yöntem yok ve yöntemlerin hepsi aynı yanıtı vermiyor. Daha da beteri, bu bilgisayar yöntemleri, orada olmasalar bile, hiyerarşik düzenlenmiş küme-içinde-kümeler "görmeye" aşırı "hevesliler". Uzaklık ölçücüler ya da "sayısal taksonomistler" akımının son zamanlarda modası biraz geçti. Benim görüşüm, modası olmamanın geçici bir durum olduğu -moda genelde böyledir- ve bu tip "sayısal taksonominin" kolayca bir kenara atılamayacağıdır. Yeniden gündeme geleceklerini sanıyorum.

Diğer arı-düzen ölçücüleri, daha önce gördüğümüz tarihsel nedenlerle kendilerine dönüşmüş dallanmacılar diyenlerdir. "Pisliğin" yayıldığı grup işte bu. Gerçek dallanmacıların saflarından nasıl ayrıldıklarını anlatmayacağım. Dönüşmüş dallanmacıların, görüşlerinin altında yatan felsefe açısından diğer arı-

düzen ölçücülerle, "fenetikçi" ya da "sayısal taksonomistler", yani benim ortalama-uzaklık ölçücüleri adını verdiklerimle epey ortak yanları var. Bunların ortak noktası, evrimi taksonomi uygulamalarına taşımaya karşı duydukları antipati; bu, evrim düşüncesinin kendine karşı bir düşmanlık beslemelerini *gerektirmiyor* elbette.

Dönüşmüş dallanmacıların gerçek dallanmacılarla ortak noktaları, uygulamalarında çoğu kez aynı yöntemleri kullanmalarıdır. Her iki akım da işin başından itibaren çatallanan ağaçlar düşünürler. Her ikisi de belirli özellikleri taksonomi açısından önemliler ve önemsizler şeklinde ayırırlar. Ayrıldıkları nokta, bu ayrımın altında yatan mantıktır. Ortalama-uzaklık ölçücüler gibi, dönüşmüş dallanmacılar da aile ağaçları keşfetmek üzere yola çıkmazlar; aradıkları arı-benzerlik ağaçlarıdır. Ortalama-uzaklık ölçücüler gibi, benzerlik düzeninin evrimsel geçmişi yansıtıp yansıtmadığı sorusunu açık bırakırlar. Fakat Doğa'ya gerçekten hiyerarşik düzen içinde olup olmadığını sormaya hazır (en azından kuramsal olarak) uzaklık ölçücülerin tersine, dönüşmüş dallanmacılar Doğa'nın hiyerarşik düzenlenmiş olduğunu *varsayarlar*. Onlar için, nesnelerin dallanan bir hiyerarşi içinde (ya da yerleşim yerleri halinde) sınıflandırılmaları gerektiği bir aksiyom, bir inanç olayıdır. Dallanan ağacın evrimle hiçbir ilgisi olmadığı için, bunun ille de canlılara uygulanması gerekmez. Savunucularına göre, dönüşmüş dallanmacıların yöntemleri yalnızca hayvanlarla bitkileri değil, taşları, gezegenleri, kütüphanedeki kitapları, bronz çağı toprak çanaklarını sınıflandırmada da kullanılabilir. Diğer bir deyişle, kütüphane kıyaslamasında vurguladığım noktayı, yani evrimin eşi olmayan bir hiyerarşik sınıflandırmanın tek sağlam temeli olduğunu kabullenmezler.

Önceden de gördüğümüz gibi, ortalama-uzaklık ölçücüleri, her hayvanın diğer hayvanlardan ne kadar uzak olduğunu ölçer; burada "uzak", "benzemiyor" ve de "yakın", "benziyor" anlamına gelir. Ancak bir çeşit toplu ortalama benzerlik dizini he-

sapladıktan sonradır ki, sonuçlarını dallanan, küme-içinde-küme hiyerarşisi ya da "ağaç" şeması terimleriyle yorumlamaya başlarlar. Öte yandan, dönüşmüş dallanmacılar bir zamanlar içlerinde oldukları gerçek dallanmacılar gibi, ta işin başında kümeli, dallanmalı düşünmeye başlarlar. Tıpkı gerçek dallanmacılar gibi, tüm olası çatallanan ağaçları kâğıda döker (en azından ilke olarak) ve en iyisini seçmeye çalışırlar.

Peki, her olası "ağaç" dediklerinde aslında sözünü ettikleri nedir ve en iyi demekle neyi kastediyorlar? Her ağaç dünyanın hangi varsayımsal durumuna karşılık geliyor? Gerçek bir dallanmacı, W. Hennig'in bir izleyicisi için, yanıt çok açıktır. Dört hayvanı birleştiren 15 olası ağacın her biri olası bir aile ağacını temsil eder. Dört hayvanı birleştiren 15 olası ağaçtan yalnızca biri doğru olandır. Bu hayvanların atalarının geçmişi geçekti ve yeryüzünde yaşandı. Tüm dallanmaların ikili dallanmalar olduğunu varsayarsak, 15 olası geçmiş vardır. Bu olası geçmişlerin 14'ü yanlıştır. Yalnızca biri doğru olabilir ve geçmişin gerçekte nasıl yaşandığını verebilir. Sekiz hayvan düşünüldüğünde, ortaya çıkan 135.135 ağaçtan 135.134'ü yanlıştır. Yalnızca bir tanesi geçmişin gerçeğini yansıtır. *Hangisinin* doğru olduğunu görmek kolay olmayabilir, fakat gerçek dallanmacı bir taneden fazlasının doğru olamayacağından emindir en azından.

Peki, bu 15 (ya da 135.135 ya da her ne ise) olası ağaç ve içlerinden doğru olanı, dönüşmüş dallanmacının evrimsel-olmayan dünyasında neye karşılık geliyor? Eski öğrencim ve yeni çalışma arkadaşım olan Mark Ridley'in *Evolution and Classification* (Evrim ve Sınıflandırma) adlı kitabında işaret ettiği gibi, pek bir şeye karşılık gelmiyor. Dönüşmüş dallanmacı düşüncelerine atasallık kavramının girmesine izin vermeyi reddeder. Ona göre "ata" kirli bir sözcüktür. Ama bir taraftan da, sınıflandırmanın dallanan bir hiyerarşi olması gerektiğinde ısrarlıdır. Peki öyleyse, bu 25 (ya da 135.135) olası hiyerarşik ağaç atasal geçmiş ağaçları değilse, nedir Allah aşkına? Bu görüşün, dünyanın işte böylesine hiyerarşik düzenlendiğine ilişkin bulanık,

idealist bir anlayış, dünyada her şeyin bir "karşıtı" olduğunu, bir mistik "ying"i ya da "yangı"ı olduğunu belirten bir anlayış bulmak için antik felsefeye başvurmaktan başka yapabilecek bir şeyi yoktur. Bu görüş asla bundan daha somut bir noktaya gidemez. Dönüşmüş dallanmacının evrimsel-olmayan dünyasında, "6 hayvanı birleştiren olası 945 ağaçtan yalnızca biri doğru olabilir; diğerlerinin tümü yanlıştır" benzeri güçlü ve açık öneriler getirmek kesinlikle mümkün değildir.

Dallanmacı için, ata sözcüğü neden kirli bir sözcük? Ataların asla var olmadığına inandıkları için değil (umarım). Daha çok, ataların taksonomide yeri olmadığına karar vermişler. Taksonomi *uygulamaları* söz konusu olduğunda, bu savunulabilir bir konum. Bazı geleneksel evrimci taksonomistler yapsa da, hiçbir dallanmacı, aile ağaçları üzerine etli butlu ata resimleri çizmez. Hangi klikten olursa olsun tüm dallanmacılar, gözlenen, gerçek hayvanlar arasındaki tüm akrabalık ilişkilerini bir kuzenlik, bir biçim sorunu olarak ele alırlar. Bu gayet mantıklı. Mantıklı olmayan, bunu, ata kavramına karşı, hiyerarşik biçimde dallanan ağacı sınıflandırmanızın temeli olarak benimsemenize temel bir kanıt sağlarken atalardan söz edilmesine karşı bir tabu haline getirmektir.

Taksonomide dönüşmüş dallanmacılık akımının en tuhaf yönünü en sona bıraktım. Bazı dönüşmüş dallanmacılar, fenetikçi "uzaklık ölçücülerle" paylaştıkları, evrimsel ve atasal varsayımları taksonomi uygulamasının dışında bırakma konusunda söylenebilecek bir şeyler olması gerektiği düşüncesiyle -ki gayet mantıklı bir düşünce bu- tatmin olmayıp, çizmeyi aşıyor ve evrimin kendisinde yanlış bir şeyler olduğu sonucuna varıyor! Bu, önemsemeye değmeyecek kadar anlamsız; fakat "dönüşmüş dallanmacıların" en önde gelenlerinden bazıları evrim fikrinin ta kendisine, özellikle de Darwinci evrim kuramına karşı gerçek bir düşmanlık besliyorlar. Bunlardan ikisi, New York"taki Amerika Doğa Tarihi Müzesi'nden G. Nelson ve N. Platnick, "Kısaca, ... Darwincilik, sınanmış ve yanlış olduğu anlaşılmış

bir düşüncedir." diye yazacak kadar ileri gidiyor. Bu "sınamanın" ne olduğunu bilmeyi çok isterdim ve bunun da ötesinde, Nelson ve Platnick'in Darwinciliğin açıkladığı olguları, özellikle de uyumsal karmaşıklığı nasıl bir alternatif kuramla açıkladıklarını bilmeyi çok isterdim.

Dönüşmüş dallanmacıların her türlüsünün, köktenci yaratılışçılar olduklarını söylemiyorum. Benim kendi yorumum, taksonominin biyolojideki önemini abartmaktan hoşlandıkları yönünde. Dönüşmüş dallanmacılar evrimi unuttukları ve özellikle taksonomi konusunda düşünürken ata kavramını asla kullanmadıkları takdirde daha iyi sınıflandırma yapacaklarına karar vermişler -belki de haklılar. Tıpkı bunun gibi, bir uzman, diyelim ki bir sinir hücreleri uzmanı, evrimi göz önünde bulundurmanın kendisine yardımcı olmayacağı kararına varabilir. Bu uzman, sinir hücrelerinin evrimin bir ürünü olduğunu kabul eder fakat araştırmalarında bu gerçeği kullanması gerekmemektedir. Fizik ve kimya konularında epey şey bilmesi gerekmektedir ama Darwinciliğin, sinir itkileri hakkında yaptığı araştırmayla bir ilgisinin olmadığına inanmaktadır. Bu savunulabilir bir konum. Fakat, kendi bilim dalınızın uygulamalarında belirli bir kuramı kullanmadığınız için bu kuramın *yanlış* olduğunu söylemeniz akla uygun değil. Bunu yalnızca kendi bilim dalınızın önemini müthiş abartıyorsanız söylersiniz.

O durumda bile söylediklerinizi mantıklı olmayacaktır. Kuşkusuz, bir fizikçi, fizik çalışırken Darwinciliğe gereksinim duymaz. Fizikle kıyaslandığında biyolojinin önemsiz olduğunu düşünebilir. Bunun sonucu olarak, bu fizikçiye göre Darwinciliğin bilimdeki önemi fazla değildir; fakat buradan yola çıkıp Darwinciliğin *yanlış* olduğu sonucuna varması akla uygun değildir! Yine de, dönüşmüş dallanmacılar akımının bazı liderlerinin yapmış oldukları bu. Dikkat edin, "yanlış" sözcüğü, Nelson ve Patrick'in kullandığı sözcüğün ta kendisi. Aslında söylemeye gerek yok, bir önceki bölümde sözünü ettiğim hassas mikrofonlar Nelson ve Patrick'in sözlerini yakalamış ve sonuç olarak

epey sansasyon yaratmış. Köktenci yaratılışçı camiasında kendilerine onurlu bir yer edinmişler. Geçenlerde, bir dönüşmüş dallanmacı lideri bir söyleşi için benim çalıştığım üniversiteye konuk geldi ve yılın en kalabalık dinleyici kitlesini salona topladı. Nedenini anlamak pek zor değil.

Saygın bir müzede çalışan saygın biyologlardan gelen, "Kısaca, ..., Darwincilik, sınanmış ve yanlış olduğu anlaşılmış bir düşüncedir." benzeri bir ifade, yaratılışçıların ve yanlışlıklar yapmada çıkarı olanların arayıp da bulamadıkları nimettir. Okuyucularımı dönüşmüş dallanmacılık konusuyla sıkmamın tek nedeni bu. Nelson ve Platnick'in Darwinciliğin yanlış olduğunu yazdıkları kitabın eleştirisinde Mark Ridley'in dediği gibi (benden daha ılımlı bir ifadeyle): "Söylediklerinin atasal türlerin dallanmacı sınıflandırmada temsil edilemeyecek kadar aldatıcı olduğu *anlamına geldiğini* kim bilebilirdi ki?" Kuşkusuz, ataların kesin kimliklerini belirlemek zor ve hatta bunu yapmamak için iyi nedenler de var. Ama başkalarının asla atalarımızın olmadığı sonucuna varmasına neden olacak laflar söylemek, dili ayartmak ve gerçeğe ihanet etmektir.

Artık dışarı çıkayım da, bahçeyi falan çapalayayım bari.



Lanetli Rakipler

Hiçbir ciddi biyolog, evrimin gerçek olduğundan, tüm canlıların birbirlerinin kuzeni olduğundan kuşku duymaz. Bununla birlikte, bazı biyologların, Darwin'in evrimin *nasıl* bir yolla gerçekleştiği konusundaki görüşleri hakkında kuşkuları olmuştur. Zaman zaman bu yalnızca sözcüklerle ilgili bir tartışma olup çıkar. Örneğin, noktalı evrim kuramı Darwinci-karşıtı olarak sunulabilir. Ancak IX. Bölüm'de de tartıştığım gibi, aslında Darwinciliğin ufak bir çeşitlemesidir ve rakip kuramlara ilişkin bir bölümde yeri yoktur. Fakat, kesinlikle Darwin çeşitlemesi *olmayan* başka kuramlar da var, Darwinciliğin ruhuna dümdüz saldıran kuramlar... Bölümümüzün konusu işte bu rakip kuramlar. Zaman zaman Darwinci seçilime seçenek olarak öne sürülen bu kuramların arasında La-

marckçılık dediğimiz akımın çeşitli uyarlamaları; ayrıca da "yansızcılık", "mutasyonculuk" ve yaratılışçılık var.

Rakip kuramlar arasında bir yargıya varmanın en belirgin yolu, kanıtları incelemekten geçiyor. Örneğin, Lamarckçılık türü kuramlar geleneksel olarak reddedilir -ve bu doğru bir karardır- çünkü bu kuramların lehine (deneme çabası gösterenler lehine değil, zaman zaman yalan kanıt ileri süren fanatikler lehine) doğru dürüst kanıt hiçbir zaman olmamıştır. Bu bölümde farklı bir yol tutturacağım, çünkü çok sayıda başka kitapta bu kanıtlar incelendi ve Darwincilik lehine karar verildi. Rakip kuramlar lehine ve aleyhine kanıtları incelemek yerine, daha rahat bir yaklaşım deneyeceğim. İleri süreceğim sav, Darwinciliğin, ilke olarak, yaşamın belli yönlerini açıklama *yeteneğine* sahip, bilinen tek kuram olduğudur. Eğer ben haklıysam, bu, Darwinci kuram lehine hiçbir gerçek kanıt olmasa bile (ki var), bu kuramı rakip kuramlara tercih etmemizin onaylanması anlamına gelir.

Bu noktayı daha vurucu bir biçimde anlatmanın bir yolu, tahmin yapmaktır. Şöyle bir tahmin yapayım: Bir gün evrenin bir başka yerinde bir yaşam biçimi keşfedilirse, bu yaşam biçimi ayrıntılarda ne denli acayip, ne kadar yabancı olursa olsun, bir kilit noktada yeryüzündeki yaşama benzediği görülecektir: Bu yaşam biçimi bir tür Darwinci doğal seçilimle evrimleşmiş olacaktır. Ne yazık ki, bu, bizim ömrümüzün sınırları içerisinde sınanamayacak bir tahmin, fakat bizim gezegenimizdeki yaşamla ilgili önemli bir gerçeği anlatmanın bir yolu olarak kalacak. Darwinci kuram, ilke olarak, yaşamı açıklayabilir. Şimdiye dek öne sürülen kuramlardan hiçbiri, ilke olarak, yaşamı açıklayabilmiş değil. Bunu, bilinen tüm rakip kuramları tartışarak göstereceğim. Bu kuramlar lehindeki ya da aleyhindeki kanıtları değil, bu kuramların, ilke olarak, yaşamı açıklamadaki yeterliliklerini tartışacağım.

Öncelikle, yaşamı "açıklamanın" ne demek olduğunu belirlemeliyim. Canlıların sıralayabileceğimiz çok sayıda özelliği var ve bunlardan bazıları rakip kuramlarca açıklanabilir elbette.

Gördüğümüz gibi, protein moleküllerinin dağılımı hakkındaki birçok gerçek, Darwinci seçilimin değil, yansız genetik mutasyonların sonucu olabilir. Ancak, canlıların bir özelliği var ki, *yalnızca* Darwinci seçilimle açıklanabilir. Bu özellik, kitabımızın ana konusu, tekrar tekrar vurguladığımız konu: uyumlu karmaşıklık. Canlılar sayısız yollardan çevrelerine uyum sağlamışlardır, hayatta kalır ve ürerler. Ancak bu uyum sağlama yolları, istatistiksel açıdan, şansın bir kez gülmesiyle ortaya çıkmış olamayacak kadar düşük olasılıklı yollardır. Ben de Paley gibi göz örneğini kullandım. Bir gözün iyi "tasarlanmış" özelliklerinden ikisi ya da üçü rastlantı eseri ortaya çıkmış olabilir; bu anlaşılır bir şey. Rastlantının ötesinde özel bir açıklama gerektiren, hepsi de görmeye uyum sağlamış, saatin dişlileri gibi iç içe geçmiş bölümlerin sayısıdır. Darwinci açıklama da rastlantı içerir elbette -mutasyon biçiminde. Fakat bu rastlantı seçilim tarafından birikimli olarak, adım adım, birçok nesiller boyunca süzülür. Öbür bölümler bu kuramın uyumlu karmaşıklık için tatmin edici bir açıklama sağlayabildiğini gösterdi. Bu bölümde, bilinen diğer kuramların bunu *yapamadığını* ileri süreceğim.

İlk önce, Darwinciliğin en tanınmış tarihsel rakibini ele alalım. Lamarckçılık on dokuzuncu yüzyılda ilk kez ortaya atıldığında, Darwinciliğe rakip olarak gelmedi çünkü Darwincilik henüz ortada yoktu. Şövalye Lamarck, çağının ilerisinde, evrimi savunan on sekizinci yüzyıl entelektüellerinden biriydi. Evrimi savunmakta haklıydı ve yalnız bunun için bile, Charles Darwin'in büyükbabası Erasmus ve diğerleriyle birlikte, saygı duyulmayı hak ediyor. Ayrıca, Lamarck zamanının en iyi evrim mekanizması kuramını sundu; fakat Darwinci kuram o zaman ortaya çıkmış olsaydı, Lamarck'ın bunu reddedeceğini varsaymak için hiçbir neden yok elimizde. Darwin'in kuramı ortalarda yoktu ve Lamarck'ın şansına (ya da şanssızlığına) ismi evrim *gerçeğine* olan haklı inancını anımsatmak için değil, en azından İngilizce konuşulan ülkelerde, bir hatayı -evrim *mekanizması* için önerdiği kuram- anımsatmak için anılır oldu. Bu bir tarih

kitabı değil ve ben Lamarck'ın neler söylediğinin bilimsel bir özetini vermeye çalışmayacağım. Lamarck'ın sözleri bir parça mistikti -örneğin, bugün bile birçok insanın yaşam merdiveninde ilerleme olarak düşündüğü şeye inancı güçlüydü ve sanki hayvanlar bilinçli olarak evrimleşmek istiyorlarmış gibi konuşuyordu. Lamarckçılıktan, Darwinciliğe gerçek bir alternatif olma şansına sahip- en azından ilk bakışta- mistik olmayan öğeleri alacağım. Bu öğeler temelde iki tanedir ve günümüz "yeni-Lamarckçıları" yalnızca bunları benimsemişlerdir: edinilmiş özelliklerin kalıtımı ve kullanma ve kullanmama ilkesi.

Kullanma ve kullanmama ilkesi, bir canlının vücudunun kullanılan bölümlerinin büyüdüğünü söyler. Kullanılmayan bölümlerse, küçülür ve güdükleşir. Gözleyebildiğimiz bir gerçek var: Kaslar çalıştırıldığında büyür, çalıştırılmayan kaslar küçülür. Bir insanın vücudunu inceleyerek, hangi kaslarını kullandığını, hangilerini kullanmadığını söyleyebiliriz; hatta ne iş yaptığını bile tahmin edebiliriz. "Vücut geliştirme" kültünün tutkunları, vücutlarını "geliştirmek", tıpkı bir heykel yontar gibi bu tuhaf azınlık kültürün modasının gerektirdiği doğa-dışı biçimlere sokmak için kullanma ve kullanmama ilkesini kullanırlar. Kaslar vücudun bu çeşit kullanmaya tepki veren tek bölümü değil. Çıplak ayakla yürüyün, topuklarınızdaki deri kalınlaşacaktır. Yalnızca ellerine bakarak bir çiftçiyle bir banka memurunu ayırt etmek çok kolaydır. Çiftçinin elleri nasırlıdır ve kaba iş yapmaktan sertleşmiştir. Banka memurununsa, nasırı varsa bile, yalnızca orta parmağının ucunda olacaktır (kalem tutmak yüzünden).

Kullanma ve kullanmama ilkesi, hayvanların kendi dünyalarında hayatta kalma konusunda daha iyi olmalarını, bu dünyada yaşamanın bir sonucu olarak yaşam süreleri boyunca gittikçe daha iyi olmalarını sağlar. İnsanlar güneş ışığına doğrudan maruz kaldıklarında ya da güneş ışığından yoksun kaldıklarında, içinde bulundukları yerel koşullarda hayatta kalmalarını kolaylaştıracak bir deri rengi oluşur. Fazla güneş ışığı tehlikelidir.

Güneş banyosu yapmaya meraklı beyaz tenli insanlar, deri kanserine açıktır. Öte yandan, gereğinden az güneş ışığı D vitamini eksikliğine ve raşitizme neden olur; İskandinavya'da yaşayan kalıtsal olarak zenci çocuklarda bazen bu görülür. Güneş ışığının etkisiyle sentezlenen kahverengi pigment melanin, alttaki dokuları güneşin zararlı etkilerinden koruyan bir siper oluşturur. Güneşte yanmış birisi daha az güneşli bir yere giderse, melanin kaybolur ve vücut az miktardaki güneşten yararlanabilir. Bu, kullanma ve kullanmama ilkesinin bir örneği olarak gösterilebilir: deri "kullanıldığında" kahverengi olur, "kullanılmadığında" beyazlar. Tabii ki, bazı tropik ırklarda, bireyler güneş banyosu yapsın yapmasın kalıtsal, kalın bir melanin tabakası vardır.

Şimdi ikinci ana Lamarckçı ilkeye, yukarıdaki gibi edinilmiş özelliklerin sonraki nesillere kalıtıldığı fikrine dönelim. Eldeki tüm veriler bu düşüncenin yanlış olduğunu gösteriyor, ama geçmişte uzun süre doğru olduğuna inanıldı. Bunu Lamarck keşfetmedi, fakat zamanında halkta yerleşmiş olan bilgiyi kullandı. Bazı çevrelerde hâlâ inanılıyor. Annemin bir köpeği vardı, zaman zaman aksar, arka bacaklarından birini kaldırır ve öbür üç bacağı üstünde koşuşturup dururdu. Komşularımızdan birinin de daha yaşlı, bir bacağını ne yazık ki bir otomobil kazasında kaybetmiş bir köpeği vardı. Komşumuz kendi köpeğinin bizimkinin babası olduğuna inanmıştı; kanıtı da babasının aksamasını miras almış olmasıydı. Halkın bilgeliği ve peri masalları buna benzer söylencelerle doludur. Birçok insan edinilmiş özelliklerin kalıtıldığına ya inanır ya da inanmak ister. İçinde bulunduğumuz yüzyıla kadar ciddi biyologlar arasında da en çok kabul gören kalıtım kuramı buydu. Darwin'in kendisi de bu kurama inanıyordu, ama bu kuram onun evrim kuramının bir parçası değildi; işte bu yüzden de Darwin'in ismi, edinilmiş özelliklerin kalıtılması kuramıyla birlikte anılmıyor.

Edinilmiş özelliklerin kalıtılmasıyla kullanma ve kullanmama ilkesini birlikte düşünürseniz, evrimsel gelişim için iyi bir açık-

lamaymış gibi görünen bir reçete ortaya çıkar. Lamarckçı evrim kuramı olarak bilinen işte bu reçetedir. Kuram şöyle der: Eğer birbirini izleyen nesiller sert toprak üzerinde çıplak ayakla yürüyerek ayaklarını sertleştirirse, her neslin ayakları kendinden bir önceki neslin ayaklarından biraz daha sert olacaktır. Her nesil kendinden bir öncekine göre daha üstündür. Sonunda, bebekler sertleşmiş ayaklarla doğacaktır (aslında bebekler sertleşmiş ayaklarla doğuyor, ama birazdan göreceğimiz gibi, nedeni başka). Lamarckçı kurama göre, birbirini izleyen nesiller tropik güneşte kalırlarsa, her nesil bir öncekinin kahverengi tenini miras alacağı için gittikçe daha kahverengi olacaklar, zamanla doğuştan siyah olacaklardır (aslında gerçekten de siyah doğacaklar ama Lamarckçı nedenle değil).

Efsanevi örnekler, nalbantın kolları ve zürafanın boynudur. İnsanların mesleklerini babalarından, onun öncesinde de büyükbaba ve büyük büyükbabalarından miras aldıkları köylerde, nalbantın da atalarının gelişkin kaslarını miras aldığına inanılırdı. Nalbant yalnızca atalarının kaslarını almakla kalmaz, kendi çabasını da ekler ve oğluna aktarırdı. Kısa boyunlu olan atasal zürafalar, ağaçların yukarılarındaki yapraklara ulaşmaya çabalardı umutsuzca. Durmadan yukarı uzanır, böylece de boyun kaslarını ve kemiklerini uzatmış olurlardı. Her nesil, kendinden bir öncekilerden biraz daha uzun boyunlu oldu, ağaçların tepesine uzanmaya çalışarak boynunu uzattı ve bunu çocuklarına aktardı. Arı Lamarckçı kurama göre, tüm evrimsel ilerlemeler bu yolla oldu. Hayvan gereksindiği bir şeyleri elde etmek için çabalar. Bunun bir sonucu olarak, bu çabada kullanılan vücut bölümleri gelişir. Bu değişim bir sonraki nesle miras bırakılır ve süreç böylece sürer, gider. Bu kuramın üstünlüğü birikimli olması -daha önce de gördüğümüz gibi, her evrim kuramının dünya görüşümüzdeki rolünü yerine getirebilmesi için gerekli bir bileşen.

Lamarckçı kuramın bazı entelektüeller için olduğu kadar bilim adamı olmayanlar için de büyük bir duygusal çekiciliği var.

Bir gün, yanıma üniversitedeki dostlarımdan biri, kültürlü, saygın bir Marksist tarihçi yaklaştı. Anlıyorum, dedi, tüm gerçekler Lamarckçı kuramın aleyhine görünüyor ama gerçekten de doğru olması için hiçbir umut yok mu? Benim görüşüme göre hiçbir umut olmadığını söyledim. İdeolojik nedenlerle Lamarckçılığın doğru olmasını istediğini anlattı ve dediklerimi içten bir üzüntüyle kabullendi. Lamarckçılık insanlığın iyiye gitmesi yönünde öylesine umutlar sunuyordu ki... George Bernard Shaw o müthiş Önsöz'lerinden birini (*Back to Methuselah* - Methuselah'a Dönüş'ün önsözü) edinilmiş özelliklerin kalıtımının tutkulu bir savunusuna ayırdı. Savunması biyolojik bilgi üzerine kurulmamıştı, öyle olsaydı bunu zevkle söylerdi; Darwinciliğin sonuçlarına karşı duygusal bir nefret üzerine kurulmuştu o "kazalar bölümü":

> ...yalın görünüyor, çünkü başlangıçta neler içerdiğini anlamıyorsunuz. Ama ne zaman ki, tüm öneminin farkına varıyorsunuz, işte o zaman yüreğiniz taş gibi ağırlaşıyor. Bunda iğrenç bir kadercilik var; bu, güzelliğin ve zekânın, gücün ve amacın, onur ve azmin tiksinç ve lanetli bir indirgemesi.

Bir başka saygın yazar, Arthur Koestler de, Darwinciliğin sonuçları olarak gördüklerine tahammül edemeyenlerdendi. Stephen Gould'un alaycı bir tavırla ama doğru olarak belirttiği gibi, Koestler, son altı kitabında "Darwin hakkındaki kendi yanlış kanılarına karşı bir kampanya" yürüttü. Kurtuluşu da benim asla tümüyle anlayamadığım fakat Lamarckçılığın çapraşık bir uyarlaması olarak yorumlanabilecek bir alternatifte aradı.

Koestler ve Shaw kendi düşüncelerini oluşturan bireycilerdi. Evrim konusundaki eksantrik görüşleri büyük olasılıkla pek etkili olmamıştır. Ama, utanarak itiraf ediyorum, benim gençliğimde, Shaw'ın *Back to Methuselah*'daki büyüleyici belagati,

Darwinciliğe gereken önemi vermemi en azından bir sene geciktirmiştir. Zaman zaman, Lamarckçılığın duygusal çekiciliği ve bunun eşliğindeki duygusal Darwincilik düşmanlığının, bilimsel düşüncenin yerine kullanılan güçlü ideolojiler yoluyla çok daha zararlı etkileri olmuştur. T. D. Lisenko politik alandaki başarısı dışında ikinci sınıf bir tarımsal bitki yetiştiricisiydi. Tutuculuğa varan Mendel karşıtlığı ve edinilmiş özelliklerin kalıtımına olan ateşli, tartışma kabul etmeyen inancı, uygarlaşmış ülkelerin çoğunda hiçbir zararı dokunmadan göz ardı edilebilirdi. Ne yazık ki, ideolojinin bilimsel gerçeklerden daha önemli olduğu bir ülkede yaşıyordu. 1940'ta Sovyetler Birliği Genetik Enstitüsü'nün müdürlüğüne atandı ve müthiş etkili, güçlü biri haline geldi. Bir nesil boyunca Lisenko'nun genetiği önemsemeyen görüşleri Sovyet okullarında öğretilmesine izin verilen yegâne görüş oldu. Sovyet tarımına inanılmaz, bedeli ölçülemeyecek kadar çok hasar verildi. Birçok saygın Sovyet genetikçisi kovuldu, sürgüne yollandı ya da hapse atıldı. Örneğin, dünya çapında saygınlık kazanmış genetikçi N. I. Vavilov, "İngilizlere casusluk yapmak" gibi komik bir suçla uzun bir süre yargılandıktan sonra, penceresiz bir hapishane hücresinde açlıktan öldü.

Edinilmiş özelliklerin asla kalıtılmadığını kanıtlamak mümkün değil. Aynı nedenle, perilerin var olmadığını da asla kanıtlayamayız. Söyleyebileceğimiz tek şey, periler hiç görülmedi ve ortaya çıkarılan sözde peri fotoğraflarının hepsinin aldatmaca olduğu aşikârdı. Aynı şey, Teksas'taki dinozor yatakları için de doğrudur. Perilerin olmadığına ilişkin söyleyeceğim her şey, bir gün bahçemin bir köşesinde şeffaf, ince kanatlı küçük birini görebileceğim olasılığına açıktır. Edinilmiş özelliklerin kalıtımı kuramı da benzer bir konumdadır. Bu kalıtımın etkisini göstermeyi amaçlayan hemen hemen tüm girişimler başarısız olmuştur. Görünürde başarılı olmuş girişimler arasında, Arthur Koestler'in kitabında anlattığı, dillere düşmüş öykünün, karakurbağasının derisinin altına çini mürekkebi enjekte edilmesi öyküsünün bir aldatmaca olduğu ortaya çıktı. Geri kalan

deneylere gelince, bunlar başka araştırmacılar tarafından tekrarlandığında aynı sonuçlar elde edilemedi. Yine de, tıpkı birilerinin günün birinde, ayıkken ve yanında kamera varken bahçesinin bir köşesinde bir peri görebilmesi olasılığının olması gibi, birileri de günün birinde edinilmiş özelliklerin kalıtıldığını kanıtlayabilir.

Ancak söylenebilecek birkaç şey daha var. Görüldüğü konusundaki iddiaların asla güvenilir olmadığı bazı şeyler, bildiğimiz her şeyi sorgulamadığı sürece inanılır olabilir. Günümüzde, Loch Ness gölünde bir *Plesiosaurus* yaşadığı kuramının doğru dürüst bir kanıtı yok, ama bir *Plesiosaurus* bulunsaydı benim dünya görüşüm paramparça olmazdı. Aksine, şaşırır ve sevinirdim, çünkü son 60 milyon yıl için bulunmuş bir *Plesiosaurus* fosili yok ve bu süre de tükenmekte olan bir türün küçük bir popülasyonunun hayatta kalabilmesi için çok uzun görünüyor. Fakat tehlikede olan büyük bilimsel ilkeler yok; bu böyle. Öte yandan bilim, Evren'in nasıl işlediğine ilişkin iyi bir anlayış, müthiş kapsamlı bir olgular yelpazesi için gayet iyi çalışan bir anlayış edinmiş durumdadır ve bazı iddiaların bu anlayışla uyuşması ya da uzlaşması çok zor olacaktır. Örneğin, Kutsal Kitap'ta verilenlere dayanarak, Evren'in 6000 yıl kadar önce yaratıldığına ilişkin asılsız iddia. Bu kuramın doğruluğu kanıtlanamamıştır. Ayrıca, yalnızca ortodoks biyoloji ve jeolojiyle değil, fiziksel radyoaktivite kuramı ve kozmolojiyle de uyuşmamaktadır (eğer 6000 yıldan yaşlı hiçbir şey yoksa, 6000 ışık yılından daha uzakta görünen hiçbir şey olmaması gerekirdi; Samanyolu ve günümüz kozmolojisinin varlığını bildirdiği 100 milyardan fazla yıldızın hiçbiri saptanamazdı).

Bilim tarihinde ortodoks bilimin tek bir aykırı gerçek yüzünden tümüyle altüst olduğu zamanlar olmuştur. Böylesi altüst oluşların bir daha asla olmayacağını öne sürmek küstahlık olurdu. Fakat, doğaldır ki, başarılı bir ana bilimsel yapıyı altüst edecek bir durumu kabullenmek için talep edeceğimiz kanıtlama standardının, şaşırtıcı da olsa var olan bilimsel verilerle kolayca

uzlaşabilen bir durumu kabullenmek için talep edeceğimiz kanıtlama standardından daha yüksek olması gerekir. Loch Ness gölündeki *Plesiosaurus* için kendi gözlerimin şahitliğini kabul edebilirim. Bir hokkabazlık gösterisinde, bir adamın havaya yükseldiğini gördüğümde, fiziğin tümünü reddetmeden önce, bir sanrının ya da hilenin kurbanı olduğumu düşünürüm. "Büyük olasılıkla doğru değil ama kolaylıkla doğru olabilirdi." diyebileceğimiz kuramlardan, ancak başarılı ortodoks bilimin devasa yapılarını altüst etme pahasına doğru olabilecek kuramlara doğru giden bir süreklilik vardır.

Peki, Lamarckçılık bu sürekliliğin neresinde duruyor? Genelde sürekliliğin "doğru değil ama kolaylıkla doğru olabilirdi" ucunun epey berisinde olduğu söyleniyor. Lamarckçılığın, daha doğrusu edinilmiş özelliklerin kalıtımının, dua gücüyle havalanma ile aynı sınıfta olmasa da, sürekliliğin "Loch Ness Canavarı" ucundan ziyade, "havalanma" ucuna daha yakın olduğunu göstermeye çalışacağım. Edinilmiş özelliklerin kalıtımı "büyük olasılıkla doğru değil ama kolaylıkla doğru olabilirdi" diye nitelediğimiz şeylerden biri değildir. Bu ilkenin ancak en kabul görmüş ve başarılı embriyoloji ilkeleri yıkılırsa doğru olabileceğini savunacağım. Dolayısıyla, Lamarckçılığın alışılmış "Loch Ness Canavarı" kuşkuculuğunun da üstünde bir düzeyde kuşkuculukla karşılanması gerekmektedir. Peki, Lamarckçılık kabul görmeden önce yıkılması gereken bu başarılı embriyoloji ilkesi nedir? Anlatması biraz uzun sürecek. Konudan uzaklaştığımı düşünebilirsiniz, fakat sonunda önemi ve konuyla ilgisi ortaya çıkacak. Ayrıca, bunun, Lamarckçılık doğru *olsaydı bile*, uyumlu karmaşıklığın evrimini açıklamaktan uzak olacağı savından daha önemli olduğunu unutmayın.

Şimdi konumuz embriyoloji. Tek bir hücrenin yetişkin yaratıklara dönüşmesine yaklaşımda geleneksel olarak iki farklı tavır gelişmiştir ve bu iki tavır arasında derin bir bölünmüşlük vardır. Bunların resmi adları ön-oluşumculuk ve epigenesisdir; fakat ben bunların günümüz biçimlerine plan kuramı ve tarif

kuramı diyeceğim. İlk ön-oluşumcular başlangıçtaki tek hücrede yetişkin vücudunun önceden oluştuğuna, biçimlendiğine inanıyorlardı. Bunlardan biri, mikroskopunda bir sperm içerisinde (yumurta değil!) minik bir minyatür insanın -bir homunculus- kıvrılmış oturduğunu düşünüyordu. Embriyonik gelişim, büyüme sürecinden başka bir şey değildi. Yetişkin vücudunun tüm parçacıkları zaten oradaydı, önceden oluşmuştu. Her erkek homunculusun içinde kendi minyatür-ötesi spermlerinde çocukları, çocukların da içlerinde onların çocukları ... kıvrılmış yatıyordu. Bu sonsuz küçülme sorunundan öte, naif ön-oluşumculuk çocukların babalarından olduğu kadar annelerinden de özellikler aldığı gerçeğini (ki bu gerçek on yedinci yüzyılda şimdikinden çok daha az belirgin değildi) göz ardı ediyordu. Doğrusunu söylemek gerekirse, sayıları spermcilerden daha fazla olan bir başka ön-oluşumcu grubu da vardı: yumurtacılar. Yumurtacılar yetişkin bireyin ön-oluşumunun spermde değil, yumurtada olduğuna inanıyorlardı. Fakat yumurtacılıkta da, spermcilikte de aynı iki sorun vardı.

Günümüz ön-oluşumculuğunda bu iki sorun yok ama yine de yanlış bir kuram. Günümüz ön-oluşumculuğu -plan kuramı- döllenmiş yumurtadaki DNA'nın, yetişkin vücudunun planı olduğuna inanır. Plan, gerçek nesnenin küçük ölçekteki minyatürüdür. Gerçek nesne -bir ev, otomobil ya da her neyse- üçboyutludur ama plan ikiboyutludur. Bir bina gibi üçboyutlu bir nesneyi ikiboyutlu kesitlerle gösterebilirsiniz: her katın ana planı, çeşitli açılardan ve yüksekliklerden kesitler... Boyutlardaki bu indirgeme kolaylık içindir. Mimarlar inşaatçılara kibrit çöpünden ve balsa ağacından üçboyutlu modeller yapıp verebilirlerdi, fakat düz kâğıt üzerindeki bir dizi ikiboyutlu modelin çantada taşınması, değiştirilmesi ve bu modele bakarak çalışması daha kolaydır.

Eğer planlar bir bilgisayarın atım kodunda saklanacak ve telefonla memleketin öbür ucuna gönderilecekse, *tek* boyuta indirgemek de gerekebilir. Bu, ikiboyutlu planı tek boyutlu bir

"tarama" biçiminde yeniden kodlayarak kolaylıkla yapılabilir. Televizyon görüntüleri böyle kodlanır ve yayımlanır. Boyut indirgeme de önemsiz bir şifreleme aracıdır. Önemli olan nokta, planla yapı arasında birebir eşleme olmasıdır. Planın her bir parçası, yapının bir parçasına karşılık gelir. Plan, yapıdan daha az-boyutlu olmasına karşın, bir anlamda minyatürleştirilmiş, "önceden oluşturulmuş" binadır.

Planların tek boyuta indirgenmesinden söz etmemin nedeni, DNA'nın tek boyutlu bir şifre olması elbette. Bir yapı modelini kuramsal olarak tek boyutlu bir telefon hattından -sayısallaştırılmış bir planlar dizisi- aktarmak nasıl mümkün oluyorsa, küçültülmüş ölçekteki bir vücudu da tek boyutlu, sayısal DNA şifresiyle aktarmak da kuramsal olarak mümkündür. Bu gerçekte olmuyor ama eğer olsaydı, çağdaş moleküler biyolojinin eski ön-oluşumculuk kuramını doğruladığı söylenebilirdi. Şimdi öbür büyük embriyoloji kuramına bakalım: epigenesis ya da "yemek kitabı" tarifi kuramı.

Bir yemek kitabındaki tarif, fırından çıkacak kekin planı değildir. Bunun nedeni kekin üçboyutlu bir nesne, tarifinse tek boyutlu bir sözcükler dizisi olması değil; gördüğümüz gibi, bir tarama işlemiyle bir modeli tek boyuta indirgemek mümkün. Ama bir tarif, ölçekli bir model değildir; bitmiş bir kekin tanımı da değildir. Bir tarif, sırasıyla uyulduğu takdirde sonuç olarak bir kek verecek bir dizi talimattır. Bir kekin tek boyutta şifrelenmiş gerçek bir planı, keke düzenli bir biçimde, enlemesine ve yukardan aşağı şişler geçirirmiş gibi bir dizi tarama alınarak yapılabilir. Milimetrik aralıklarla şişin ucunun yakın çevresi şifreli olarak kaydedilebilir; örneğin, her kırıntının ve üzüm parçacıklarının kesin koordinatları, alınan seri verilerden saptanır. Kekin her parçacığıyla planın her parçacığı arasında birebir karşılık gelen bir harita yapılır. Bunun gerçek bir tarife benzer bir yanı olmadığı aşikâr. Kek parçacıklarıyla tarifin sözcükleri ya da harfleri arasında birebir ilişki yok. Tarif haritasının sözcükleri bir şeylere karşılık geliyorsa, bu, bitmiş kekin tek tek

parçacıkları değil, kek yapımında izlenen yöntemin tek tek adımlarıdır.

Hayvanların döllenmiş yumurtadan nasıl geliştiği konusunda her şeyi, hatta çoğu şeyi henüz kavramış değiliz. Yine de, genlerin bir plan olmaktan çok bir tarife benzedikleri yolunda çok güçlü göstergeler var elimizde. Tarif benzetmesi oldukça iyi bir benzetme; ama ders kitaplarında, özellikle de son zamanlarda yayımlananlarda düşünmeden kullanılan plan benzetmesi hemen hemen her ayrıntısıyla yanlış. Embriyonik gelişim bir süreçtir; tıpkı bir kekin yapılışındaki işlemler gibi düzenli bir olaylar dizisidir; aradaki fark, embriyonik gelişimde milyonlarca adım olması ve "kabın" farklı bölümlerinde aynı anda farklı adımlar atılmasıdır. Bu adımların çoğu, hücre çoğalmasını içerir; müthiş rakamlarda hücre üretilir, bu hücrelerin bazıları ölür, bazıları başka hücrelerle birleşerek dokuları, organları ve diğer çok-hücreli yapıları oluşturur. Önceki bölümlerden birinde gördüğümüz gibi, *belirli* bir hücrenin davranışları, içerdiği hücrenin genlerine değil -vücudun tüm hücrelerinde aynı genler kümesi vardır- o hücrede bu genlerin hangi alt-kümesinin açıldığına bağlıdır. Gelişmekte olan vücudun herhangi bir yerinde, herhangi bir zamanda, genlerin yalnızca ufak bir bölümü açılır. Gelişme sırasında, farklı zamanlarda ve embriyonun farklı bölümlerinde başka genler açılacaktır. Bir hücrede ne zaman hangi hücrenin açılacağı, o hücre içindeki kimyasal koşullara bağlıdır. Bu da, embriyonun o bölümündeki önceki koşullara bağlıdır.

Bunun da ötesinde, bir genin açıldığında göstereceği etki, embriyonun o bölümünde etkilenebilecek ne olduğuna bağlıdır. Bir genin gelişmenin üçüncü haftasında, omuriliğin tabanındaki hücrelerde açılmasıyla göstereceği etki, aynı genin gelişmenin on altıncı haftasında, omuzdaki hücrelerde açılmasıyla göstereceği etkiden tümüyle farklıdır. Dolayısıyla, bir genin göstereceği etki, eğer böyle bir etki varsa, genin basit bir özelliği değil, genin embriyo içindeki yakın çevresinin yakın geçmişiyle

olan etkileşiminin bir özelliğidir. Bu, genlerin bir vücudun planı olduğu düşüncesini anlamsız kılıyor. Hatırlayacaksınız, aynı şey bilgisayar biyomorfları için de geçerliydi.

Öyleyse, genlerle vücut bölümleri arasındaki birebir ilişki, tarifle kek bölümleri arasındaki ilişkiden fazla değil. Tıpkı tarifin sözcüklerinin birlikte ele alındığında bir işlemi yürütmek için gereken talimatlar olması gibi, genler de, birlikte ele alındıklarında bir işlemi yürütmek için gereken talimatlardır. Okuyucu bu durumda bir genetikçinin yaşamını kazanmasının nasıl mümkün olabildiğini sorabilir. Bu durumda, bırakınız üzerinde araştırma yapmayı, mavi göz "için" ya da renk körlüğü "için" bir gen olduğundan söz etmek nasıl mümkün oluyor? Genetikçilerin böylesi tek-gen etkilerini incelemesi, bir-gen/bir-vücut-bölümü eşlemesi olduğunu göstermiyor mu? Genlerin gelişmekte olan vücut için bir tarif olduğuna ilişkin söylediklerimin aksini kanıtlamıyor mu? Hayır, kesinlikle kanıtlamıyor. Bunun sebebini anlamak da çok önemli.

Bunu görmenin en iyi yolu tarif benzetmesine geri dönmek. Keki bileşen kırıntılarına ayırıp da, "Bu tarifteki ilk sözcüğün karşılığıdır, şu ikinci sözcüğün karşılığıdır," vs. diyemeyeceğinizi kabul edersiniz. Bu anlamda tarifin bütününün kekin bütününe karşılık geldiği kabul edilecektir. Şimdi, diyelim ki, tariftteki sözcüklerden birini değiştirdik; örneğin, "kabartma tozu" sözcüğü yerine "maya" yazdık. Tarifin yeni uyarlamasına göre 100 kek, eski uyarlamasına göre 100 kek yaptık. 100 keklik bu iki küme arasında çok önemli bir farklılık var ve bu *farklılık* tariflerdeki bir sözcüklük bir farklılıktan doğdu. Sözcükle kek kırıntısı arasında birebir eşleme olmamasına karşın, sözcük *farklılığıyla* tüm-kek farklılığı arasında birebir eşleme vardır. "Kabartma tozu" kekin herhangi bir kırıntısına karşılık gelmez ama etkisi tüm kekin kabarmasını ve dolayısıyla biçimini etkiler. Eğer "kabartma tozu"nu çıkarır yerine "un" koyarsanız, kek kabarmayacaktır. Eğer yerine "maya" koyarsanız, kek kabarır ama tadı daha çok ekmeğe benzeyecektir. Söz konusu sözcük-

lere karşılık gelen belirli bir kek "parçası" yoksa da, tarifin başlangıçtaki haliyle "mutasyon geçirmiş" uyarlaması arasında güvenilir, tanımlanabilir bir fark vardır. Bu, bir genin mutasyon geçirmesi için iyi bir benzetme.

Genler niceliksel etkiler gösterir ve mutasyonlar da bu etkilerin niceliksel büyüklüğünü değiştirir. Bunun için, "350 dereceden" "450 dereceye" yapılacak bir değişiklik daha da iyi bir benzeşim olacak. Tarifin "mutasyon geçirmiş", yüksek sıcaklıklı uyarlaması başlangıçtaki, düşük sıcaklıklı halinden farklı çıkacaktır; ama bu farklılık tek bir bölümde değil, maddenin tümünde görülecektir. Bir bebeğin "pişirilmesini" benzetmek için, tek bir fırındaki tek bir işlemi almamalıyız; kabın farklı parçalarını 10 milyon farklı minyatür fırından geçiren, seri ve paralel bağlı bir taşıyıcı bantlar karmaşası olmalı, her fırından da 10.000 farklı temel bileşenden oluşturulmuş farklı bir çeşni bileşimi çıkmalı. Pişirme benzetmesinin püf noktası, yani genlerin bir plan değil, bir işlemin tarifi olduğu, benzetmemizin karmaşık uyarlamasından daha iyi anlaşılıyor.

Şimdi bu dersi, edinilmiş özelliklerin kalıtımına uygulamamızın zamanı geldi. Bir tarifle kıyaslandığında, bir plandan bir şey yapmanın önemi, işlemin *tersinir* olmasıdır. Bir eviniz varsa, bu evin planını çıkarmak kolay olur. Evin bütün boyutlarını ölçün ve belirli bir ölçekle küçültün. Şurası çok açık: Eğer ev bir özellik edinmişse, -diyelim ki, daha büyük bir oda elde etmek için bir iç duvar yıkılıyor- "ters plan" bu değişikliği sadakatle kaydedecektir. Eğer genler yetişkin vücudun bir tanımı olsaydı, tıpkı böyle olurdu. Eğer genler bir plan olsaydı, vücudun ömrü boyunca edineceği her özelliğin genetik şifreye geri yazıldığını ve dolayısıyla da bir sonraki nesle aktarıldığını düşünebilirdik. Nalbantın oğlu babasının çabalarının sonuçlarını miras alabilirdi. Bunun mümkün olmamasının nedeni, genlerin bir plan değil, bir tarif olması. Diyelim ki, kekten bir dilim kesip alıyoruz. Yapılan bu değişikliği tarife geri veriyoruz ve tarif öyle bir değişiyor ki, bu değiştirilmiş tarife göre yapılan kek fırından orta-

sında bir dilim eksik olarak çıkıyor. Bunu nasıl düşünemezsek, edinilmiş özelliklerin kalıtıldığını da düşünemeyiz.

Lamarckçılar geleneksel olarak nasırlardan hoşlanır, bunun için nasır örneğini kullanacağım. Varsayımsal banka memurumuzun, sağ elinin orta parmağındaki -kalemi tuttuğu parmak- bir nasır dışında, yumuşak, iyi bakılmış elleri var. Eğer memurumuzun soyundan gelen nesiller çok yazı yazarlarsa, Lamarckçı, bu bölgedeki deri gelişimini denetleyen genlerin değişime uğramasını bekler; öyle ki, bebekler aynı parmakları sertleşmiş olarak doğacaktır. Genler bir plan olsaydı, bu kolayca olabilirdi. Derinin her milimetrekaresi (ya da uygun bir küçük birim) için bir gen olacaktır. Yetişkin banka memurunun tüm deri yüzeyi "taranacak", her milimetrekarenin sertliği dikkatle kaydedilecek ve o milimetrekareye ilişkin olarak genlere, özellikle de memurun spermlerindeki doğru genlere geri gönderilecektir.

Ama genler bir plan değil. Her milimetrekare için bir gen olmasının hiçbir anlamı yok. Yetişkin vücudun taranmasının ve tanımının genlere geri gönderilmesinin hiçbir anlamı yok. Genetik kayıtlarda bir nasırın "koordinatlarına" "bakılıp", "ilişkili genlerin" değiştirilmesi mümkün değil. Embriyonik gelişim, işlemekte olan tüm genlerin katıldığı bir süreç; ileri yönde, doğrulukla izlendiğinde yetişkin bir vücutla sonuçlanacak bir süreç; ama doğası gereği, içsel olarak tersinmez olan bir süreç. Edinilmiş özelliklerin kalıtımı gerçekleşemez; bununla da kalmıyor: Embriyo gelişimi ön-oluşum yerine epigenetik olarak ilerleyen herhangi bir yaşam biçiminde de gerçekleşemez. Lamarckçılığı savunan bir biyolog, -bunu duyunca şok geçirecek ama- atomistik, deterministik, indirgemeci bir embriyolojiyi savunmaktadır. Bu ukala jargon sözcükler dizisiyle canını sıkmak istemezdim ama buradaki ironinin çekiciliğine dayanamadım, çünkü günümüzde Lamarckçılığa en yakın biyologlar, aynı yapmacık sözleri başkalarını eleştirmekte kullanıyor.

Evrenin bir yerlerinde ön-oluşumcu bir embriyolojisi olan bir yaşam sisteminin, gerçek bir "plancı genetiğe" sahip ve bu ne-

denle de edinilmiş özellikleri kalıtabilecek bir yaşam biçimi var olamayacağını söylemiyorum. Buraya kadar gösterdiğim tek şey, Lamarckçılığın embriyolojiyle uyuşmadığı. Bu bölümün başındaki savım daha güçlüydü: Edinilmiş özellikler *kalıtılabilseydi bile*, Lamarckçı kuram uyumlu evrimi yine de açıklayamazdı. Bu savım öylesine güçlü ki, Evren'in her yerindeki yaşam biçimlerine uygulanması hedefleniyor. İki mantık çizgisine dayanıyor. Bunlardan biri, kullanma ve kullanmama ilkesinin, diğeriyse edinilmiş özelliklerin kalıtımının neden olduğu güçlükler. Önce, edinilmiş özelliklerin kalıtımını ele alacağım.

Edinilmiş özelliklerin sorunu temelde şu: Edinilmiş özellikler pek güzeller de, hepsi bir iyileşme olmuyor. Bunların büyük çoğunluğu sakatlıklar. Edinilmiş özellikler hiç ayırt edilmeksizin kalıtılacaklarsa, evrimin uyumlu iyileşme yönünde ilerlemeyeceği çok açık: Sertleşmiş ayaklar ve güneşte bronzlaşmanın yanı sıra, kırık ayaklar ve suçiçeğinin bıraktığı izler de nesiller boyu aktarılacak... Bir makinenin yıllar geçtikçe edindiği özelliklerin çoğu hasarların birikmesidir: yaşlanmaktır. Eğer bunlar bir tür tarama işlemiyle bir araya getirilecek ve bir sonraki neslin planına aktarılacaksa, birbirini izleyen nesiller gittikçe daha yıpranmış doğacaktır. Her yeni nesil hayata yeni bir planla taptaze başlamak yerine, bir önceki neslin birikmiş hasar ve sakatlıklarını yüklenmiş, yara berelerle dolu halde başlayacaktır.

Bu aslında başa çıkılmaz bir sorun değil. Edinilmiş özelliklerin bazılarının iyileşme yönünde olduğu reddedilemez ve kuramsal olarak, kalıtım mekanizmasının bir biçimde iyileşmelerle sakatlıkları birbirinden ayırt edebileceğini söyleyebiliriz. Fakat bu ayırt etmenin nasıl çalışabileceğini düşünürken, edinilmiş özelliklerin neden bazen iyileşme olduklarını sormadan edemeyiz. Örneğin, neden çıplak ayaklı bir maratoncunun taban altlarında olduğu gibi, derinin kullanılan bölgeleri kalınlaşıp sertleşiyor? Doğrusunu söylemek gerekirse, derinin incelmesi daha olası görünüyor. Çoğu makinede aşınan parçalar incelir;

nedeni çok açık: Aşınma ve yıpranma makineden parçacıklar koparır, onlara parçacık eklemez.

Kuşkusuz Darwincinin yanıtı hazır: Aşınma ve yıpranmaya açık deri kalınlaşır çünkü ataların geçmişinde, doğal seçilim, derisi aşınma ve yıpranmaya böyle işe yarar biçimde tepki veren bireylerin lehine işlemiştir. Benzer şekilde, doğal seçilim atasal nesillerin güneşe kahverengileşerek tepki veren bireylerinin lehine işlemiştir. Darwinci, edinilmiş özelliklerin bir bölümünün -sayıca çok az olsalar bile- iyileşme olmasının altında yatan nedenin geçmişteki Darwinci seçilim olduğunu savunur. Başka bir deyişle, Lamarckçı kuram, evrim sürecindeki uyum sağlayan iyileşmeyi ancak Darwinci kuramın sırtına binerek açıklayabilir. Edinilmiş özelliklerin bazılarının yararlı olmasını sağlayan ve üstün olanlarla üstün olmayanları birbirinden ayıracak bir mekanizma sağlayan Darwinci seçilim orada, arka planda olunca, edinilmiş özelliklerin kalıtımının evrimsel iyileşmeye yol açması anlaşılır olabilir. Fakat buradaki *iyileşmenin* altında tümüyle Darwinci nedenler yatmaktadır. Evrimin uyum sağlayan özelliğini açıklamak için Darwinciliğe başvurmak zorunda kalıyoruz.

Aynı şey, çok önemli bir edinilmiş iyileşme türü için de doğru: öğrenme başlığı altında topladığımız özellikler. Bir hayvan yaşamı boyunca yaşamını kazanma işinde beceri kazanır. Kendisi için neyin iyi, neyin kötü olduğunu öğrenir. Beyni, dünyaya ilişkin ve hangi eylemlerin istenen sonuçlara, hangilerinin de istenmeyen sonuçlara götüreceğine ilişkin geniş bir anılar kütüphanesi depolar. Böylece, bir hayvanın davranışlarının büyük bir kısmı edinilmiş özellikler başlığı altında toplanmıştır ve bu tür edinmenin -öğrenme- çoğu gerçekten de iyileşme sıfatını hak eder. Eğer ebeveynler bir ömür boyu edinilmiş deneyimlerin getirdiği bilgeliği genlerine bir biçimde geçirebilselerdi, çocukları başkalarının deneyimlerinden oluşan, üzerine yeni şeyler eklenmeye hazır bir kütüphaneyle doğar ve yaşama bir adım önden başlardı. Öğrenilen beceriler ve bilgelik genlere

kendiliğinden yazılacağından, evrimsel ilerleme gerçekten hızlanırdı.

Fakat bütün bunlar öğrenme dediğimiz davranış değişikliklerinin iyileşmeler olacağını varsayıyor. Neden iyileşme *olmaları gerekiyor* ki? Hayvanlar gerçekten de kendileri için iyi olanı yapmasını öğreniyorlar, peki ama neden? Hayvanlar, geçmişte kendilerine acı vermiş eylemlerden kaçınma eğilimi gösterir. Ama acı bir madde değildir ki. Acı yalnızca beynimizde acı olarak işlem gören şeydir. Acı verici olarak işlem gören olayların, örneğin vücut yüzeyinin şiddetle yaralanmasının, aynı zamanda hayvanın hayatını tehlikeye sokan olaylar olması bir rastlantı. Yaralanmaktan ve hayatlarını tehlikeye sokan başka olaylardan *hoşlanan* bir hayvan ırkı hayal edebiliriz pekâlâ; beyinleri yaralanmaktan zevk alacak ve hayatta kalmalarını kolaylaştıracak şeyleri -örneğin besleyici gıdaların tadı- acı verici olarak algılayacak biçimde yapılanmış bir hayvan ırkı... Dünyada böyle mazoşist hayvanlar olmamasının nedeni, Darwinci neden, yani mazoşist ataların bu mazoşistliklerini miras alacak çocuklar doğuracak kadar yaşayamamaları. Büyük olasılıkla, aşamayacakları kafesler içerisinde bir veterinerler ve bakıcılar ordusu tarafından şımartılarak ve hayatta kalmaları sağlanarak, yapay seçilimle, kalıtsal mazoşistler yetiştirebilirdik. Fakat doğada böyle mazoşistler hayatta kalamaz ve bu da, öğrenme dediğimiz değişikliklerin iyileşme olmasının ana nedenidir. Yine, edinilmiş özelliklerin yararlı olabilmesi için Darwinci bir neden olması gerektiği sonucuna vardık.

Artık kullanma ve kullanmama ilkesine gelelim. Bu ilke edinilmiş iyileşmelerin bazı yönleri için oldukça iyi işliyor. Özgün ayrıntılara bağlı olmayan genel bir kural bu. Söyledikleri basit: Vücudun sık kullanılan herhangi bir parçası büyür; kullanılmayan herhangi bir parçası da küçülür, hatta güdükleşir ve kaybolur. Vücudun yararlı (dolayısıyla da kullanılan) parçalarının, genelde, büyümekten yarar sağlayacaklarını, öte yandan, yararsız (dolayısıyla da kullanılmayan) parçalarının hiç olmasalar da

bir şey fark etmeyeceğini düşünebiliriz. Bu yüzden de, kuralın genel bir değeri var gibi görünüyor. Ancak, yine de bu kuralın büyük bir sorunu var: Kullanma ve kullanmama ilkesi, yöneltebileceğimiz başka bir itiraz olmasaydı bile, hayvanlar ve bitkilerde gördüğümüz son derece nazik uyum sağlama yollarını biçimlendiremeyecek kadar kaba.

Önceki bölümlerde, göz, yararlı bir örnek oldu; bir kez daha denememiz için hiçbir neden yok. Gözün birbiriyle işbirliği içinde çalışan hassas parçalarını düşünün: berrak saydamlığıyla, renkleri ve küresel çarpıklığı düzeltmesiyle mercek; mercekleri herhangi bir hedefe, birkaç santimetreden sonsuza, anında odaklayabilen kaslar; ışıkölçeri ve özel amaçlı hızlı bir bilgisayarı olan bir kameraya benzeyen, göz açıklığını sürekli ince ayarda tutan diyafram ya da gözbebeği kısma mekanizması; renkleri kodlayan 125 milyon fotoseliyle ağtabaka; makinenin her parçasına yakıt taşıyan kan hücreleri şebekesi; çok daha ayrıntılı, elektronik çiplerin ve elektrik teli bağlantılarının eşdeğeri sinir ağı. Tüm bu ince ince işlenmiş karmaşıklığı aklınızda tutun ve kendi kendinize bunun kullanma ve kullanmama ilkesi sonucu bir araya getirilip getirilemeyeceğini sorun. Bana öyle geliyor ki, yanıt, çok bariz bir "hayır".

Mercek saydamdır ve küresel ve kromatik sapmaya karşı düzeltilmiştir. Bu yalnızca *kullanım* sonucu ortaya çıkmış olabilir mi? Bir mercek, içinden akıp geçen fotonlar tarafından saydamlaştırılmış olabilir mi? Kullanıldığı için, ışık içinden geçtiği için daha iyi bir lens haline gelebilir mi? Elbette hayır. Niye gelsin ki? Ağtabakanın hücreleri değişik renklerde ışık bombardımanına tutuldukları için kendilerini renge duyarlı üç sınıfa ayırırlar mı? Niye böyle bir şey yapsınlar ki? Odaklama yapan kaslar bir kez ortaya çıktıktan sonra, kullanma, onların büyüyüp güçlenmelerine neden olacaktır ama görüntülerin daha iyi odaklanmasında tek başına işe yaramayacaktır. Gerçek şu ki, kullanma ve kullanmama ilkesi en kaba ve hiç etkileyici olmayan uyumları bile açıklamaktan acizdir.

Öte yandan, Darwinci seçilim en ufak ayrıntıyı bile açıklamakta güçlük çekmez. İyi, keskin ve ayrıntılarda titiz bir görme yeteneği, bir hayvan için ölüm kalım meselesi olabilir. Doğru odaklanmış ve sapmalara karşı düzeltilmiş bir mercek, kırlangıç gibi hızlı uçan bir kuş için avını yakalamakla bir kayalığa çarpmak arasındaki ayrımı belirler. İyi ayarlanmış, güneş çıktığında hızla kısılan bir diyafram, avcıyı zamanında görüp kaçabilmeyle ölümcül bir an için gözlerin kamaşması arasındaki ayrımı belirler. Gözün daha etkili olmasına yönelik her türlü iyileşme, ne kadar ayrıntıda ya da iç dokular arasında gömülü olursa olsun, hayvanın hayatta kalmasına ve üreme başarısına, dolayısıyla da iyileşmeyi yapan genlerin çoğalmasına katkıda bulunacaktır. Sonuç olarak, Darwinci seçilim iyileşmenin evrimini açıklayabilir. Darwinci kuram başarılı hayatta kalma aygıtlarının evrimini, bu aygıtların başarısının doğrudan bir sonucu olarak açıklar. Açıklamayla açıklanmak istenen arasındaki bağlantı doğrudan ve ayrıntılıdır.

Öte yandan, Lamarckçı kuram gevşek ve kaba bir bağlantıya dayanır: Çok kullanılan bir şeyin daha büyük olursa daha iyi olacağını öne süren bir kural. Bu, bir organın büyüklüğüyle etkililiği arasında bir ilişki kurmak anlamına geliyor. Böyle bir ilişki varsa bile, bu zayıf bir ilişki olacaktır. Darwinci kuramsa, bir organın *etkililiği* ile etkililiği arasındaki bağlantıya dayalıdır: mükemmel bir bağlantı! Lamarckçı kuramın zayıflığı, bu gezegen üzerinde gördüğümüz yaşam biçimlerine ilişkin ayrıntılara bağlı değil. Her tür uyumlayıcı karmaşıklık için geçerli genel bir zayıflık ve sanıyorum Evren'in herhangi bir yerindeki yaşam için de -bu yaşamın ayrıntıları ne denli tuhaf ve yabancı olursa olsun- geçerli olacaktır.

Lamarckçılığa karşı yürüttüğümüz bu çürütme biraz yıkıcı oldu. Öncelikle, kilit varsayımının, edinilmiş özelliklerin kalıtımının, bildiğimiz tüm yaşam biçimleri için yanlış olduğunu görüyoruz. İkincisi, yalnızca yanlış değil, ön-oluşumcu ("plan") türü bir embriyoloji yerine epigenetik ("yemek tarifi") türü bir

embriyolojiye dayalı tüm yaşam biçimlerinde yanlış olmak *zorunda*; bizim bildiğimiz, incelediğimiz tüm yaşam biçimleri bu türde. Üçüncüsü, Lamarckçı kuramın tüm varsayımları doğru olsaydı bile, bu kuram ilke olarak, iki ayrı nedenden ötürü ciddi uyumlayıcı karmaşıklıkların evrimini açıklamakta yetersiz kalıyor; yalnızca dünyada değil, tüm Evren'de. Öyleyse, Lamarckçılığın yanlış bir kuram olan Darwinciliğe rakip olduğu doğru değil. Lamarckçılık, Darwinciliğe rakip falan olamaz. Uyumlayıcı karmaşıklığın evrimini açıklamada ciddi bir *aday* bile değil; Darwinciliğe karşı potansiyel bir rakip olarak işe başladığı andan itibaren lanetli.

Darwinci seçilime alternatif olarak ortaya atılmış, zaman zaman hâlâ öne sürülen birkaç başka kuram daha var. Bunların da ciddi alternatifler olmadıklarını göstereceğim. Bu "alternatiflerin" -"yansızcılık", "mutasyonculuk", vs.- gözlenen evrimsel değişimin bir bölümünden sorumlu olabileceklerini ya da olamayacaklarını, fakat uyumlayıcı evrimsel değişimden, yani gözler, kulaklar, eklemler ve yankı düzenekleri gibi gelişmiş düzenekler oluşturma yönünde değişimden sorumlu olamayacaklarını göstereceğim (aslına bakarsanız, göstermem gerekmiyor, hepsi çok açık). Hiç kuşku yok ki, büyük miktarlarda evrimsel değişim uyumlayıcı olmayabilir; bu durumda, evrimin bazı bölümlerinde alternatif kuramlar önem kazanabilir. Fakat bu bölümler evrimin sıkıcı bölümleri olacaktır, canlı olmayanla kıyaslandığında canlıyı özel kılan özelliklerle ilgili bölümler değil. Bu, yansız evrim kuramında çok açık görülüyor. Bu kuramın uzun bir geçmişi var, fakat büyük Japon genetikçi Motoo Kimura tarafından ortaya atılan çağdaş, moleküler kılığı içerisinde anlaşılması çok kolay (yeri gelmişken, Kimura'nın İngilizce yazılarında birçok İngilizi utandıracak bir üslup tutturduğunu belirteyim).

Daha önce yansızcı kuramı kısaca gördük. Bu kuramdaki düşünceyi hatırlayacaksınız: Bir molekülün değişik uyarlamaları (örneğin, hemoglobin molekülünün aminoasit dizilimi farklı

olan uyarlamaları) birbirlerinden daha iyi değildir. Bu, bir hemoglobin uyarlamasının mutasyon geçirerek bir başka uyarlamayı oluşturmasının doğal seçilim açısından *yansız* olduğu anlamına geliyor. Yansızcılar evrimsel değişimlerin büyük çoğunluğunun moleküler genetik düzeyinde yansız, doğal seçilim açısından *gelişigüzel* olduğuna inanıyor. Seçilimciler olarak adlandırılan alternatif genetikçi akım da doğal seçilimin moleküler zincirler boyunca her noktada, ayrıntılar düzeyinde etkin bir güç olduğuna inanıyor.

İki farklı soruyu ayırt edebilmemiz çok önemli. Birincisi, bu bölüme ilişkin bir soru: Yansızcılık, uyumlayıcı evrime getirilen bir açıklama olarak doğal seçilimin bir alternatifi mi? İkinci ve bundan epey farklı olan bir soru da, meydana gelen evrimsel değişimin uyumlayıcı olup olmadığı sorusu. Bir molekülün bir biçiminden diğerine evrimsel bir değişimden söz ettiğimize göre, bu değişimin doğal seçilim yoluyla ortaya çıkmış olma olasılığı nedir? Gelişigüzel oluşmuş yansız bir değişim olma olasılığı nedir? Bu ikinci soru konusunda, moleküler genetikçiler arasında bir savaş başladı; önce bir taraf kazanıyor, sonra da öbür taraf. Fakat dikkatimizi uyum üzerine yoğunlaştırırsak -birinci soru- tüm bunlar bir bardak suda kopan fırtınadır. Bize göre, yansız bir mutasyon var olmayabilir de, çünkü ne biz ne de doğal seçilim yansız bir mutasyonu görebiliriz. Bacakları, kolları, kanatları, gözleri ve davranışları düşünürsek, yansız bir mutasyon, mutasyon *değildir!* Yemek tarifi benzetmemize yeniden başvurursak, tarifin bazı sözcükleri başka bir yazı karakterine dönüşse de, yemeğin tadı değişmeyecektir. Yalnızca yemeği yemekle ilgilenenler için, ister böyle basılsın, ister **böyle**, tarif aynı kalacaktır. Moleküler genetikçiler, titiz yayıncılara benzer. Tariflerin yazılı olduğu sözcüklerin asıl biçimiyle ilgilenirler. Doğal seçilimse, buna aldırmaz; uyumun evriminden söz ederken biz de aldırmamalıyız. Evrimin başka yönleriyle, örneğin farklı soylarda evrim hızıyla ilgilendiğimizdeyse, yansız mutasyonlar son derece ilginç olacaktır.

En ateşli yansızcı bile, doğal seçilimin tüm uyumlardan sorumlu olduğunu mutlu mutlu kabullenir. Onun söylediği, evrimsel değişimin çoğunluğunun uyum olmadığıdır. Genetikçi akımlardan biri karşı çıkacaktır ama, yansızcı pekâlâ haklı olabilir. Keşke yansızcı kazansa, çünkü o zaman evrimsel ilişkileri ve evrim hızlarını hesaplamak çok kolaylaşırdı. İki taraftakiler de yansız evrimin uyumlayıcı iyileşmeye yol açmayacağını kabul eder. Nedeni basit: Yansız evrim, tanım gereği, gelişigüzeldir; uyumlayıcı iyileşmeyse gelişigüzel değildir. Bir kez daha, yaşamı cansız olandan ayıran özelliğin açıklaması olarak, Darwinci seçilime bir alternatif bulmakta başarısız olduk.

Şimdi Darwinciliğin bir başka tarihsel rakibine geliyoruz: "mutasyonculuk" kuramı. Şu anda kavrayabilmemiz güç ama, bu yüzyılın başlarında, mutasyon olayı ilk tanımlandığında, bu, Darwinci kuramın ayrılmaz bir parçası olarak değil de, alternatif bir evrim kuramı olarak görüldü! Mendel'in kalıtım ilkelerini yeniden keşfedenlerden olan Hugo de Vries ve William Bateson, gen sözcüğünü bulan Wilhelm Johannsen ve kromozom kalıtımı kuramının babası Thomas Hunt Morgan gibi tanınmış isimlerin de içlerinde olduğu, mutasyoncular olarak bilinen bir genetikçi akımı vardı. Özellikle de Vries mutasyonun neden olabileceği değişimlerin büyüklüğünden çok etkilenmişti ve yeni türlerin her zaman tek bir büyük mutasyondan kaynaklandığını düşünmekteydi. De Vries ve Johannsen bir türün içindeki çeşitliliğin çoğunun genetik olmadığına inanıyordu. Mutasyoncuların hepsi, seçilimin, en iyi olasılıkla, evrimdeki rolünün önemsiz bir ayıklama olduğunu düşünüyorlardı. Gerçek yaratıcı güç, mutasyonun ta kendisiydi. Mendel genetiğine, bugün olduğunun terisine, Darwinciliğin temel direği değil, antitezi olarak bakılıyordu.

Bugün bu düşünceye kahkahalarla gülmekten başka bir tepki vermek zor, ama Bateson'un o büyüklük taslayan sesiyle söylediklerini yinelerken dikkatli olmamız gerek: "Kıyas kabul etmez gerçekler koleksiyonu için Darwin'e gidiyoruz (fakat...)

Darwin bize artık bir felsefe uzmanı gibi gelmiyor. Biz artık Darwin'in evrim planını Lucretius ya da Lamarck okur gibi okuyoruz." Ve, "çoğumuz aynı kanıdayız; popülasyon kitlelerinin seçilimin yönlendirdiği görülemez adımlarla değişimi gerçeğe o kadar uygunsuzdur ki, yapabileceğimiz tek şey, böyle bir önerinin savunucularının gösterdikleri yayılma isteğine ve bu öneriyi bir süre de olsa kabul edilebilir gibi göstermekte sergiledikleri müthiş başarıya hayret etmektir." Mendelci parçacıklı kalıtım kuramının Darwinciliğin antitezi olmayıp aslında onun temelindeki ilkelerden biri olduğunu gösterip, mutasyonculuk düşüncesini değiştiren R. A. Fisher olmuştur.

Mutasyon, evrim için gereklidir, evet ama mutasyonun tek başına yeterli olduğunu kim söyledi ki? Evrimsel değişim, iyileşmedir; yalnızca rastlantıya bağlı bir değişimden beklenemeyecek ölçüde bir *iyileşme*. Tek evrimsel güç olarak mutasyonu görmenin getirdiği bir sorun şu: Nasıl oluyor da, mutasyon hayvan için neyin iyi neyin kötü olduğunu "bilebiliyor"? Karmaşık bir mekanizmanın, örneğin bir organın başına gelebilecek tüm olası değişimlerin büyük çoğunluğu bu mekanizmanın daha da kötüye gitmesine neden olacak, yalnızca çok ufak bir bölümü mekanizmayı daha iyiye götürecektir. Seçilimsiz mutasyonun evrimin itici gücü olduğunu savunmak isteyen birisi, mutasyonların nasıl olup da daha iyiye götürme yönünde çalıştığını açıklamalıdır. Vücut daha kötüye değil de, daha iyiye gidebilmek için hangi gizemli bilgeliği kullanıyor? Farkına varacaksınız, bu aslında, Lamarckçılık için sorduğumuz sorunun kılık değiştirmiş hali. Söylemeye gerek yok, mutasyoncular bu soruyu asla yanıtlamadılar. Asıl garip olan, bu sorunun akıllarına bile gelmemiş olması.

Günümüzde bu düşünce bize daha da komik geliyor -aslında haksızlık bu kadar komik gelmesi- çünkü mutasyonların "gelişigüzel" olduğunu düşünerek yetiştik. Mutasyonlar gelişigüzelse, tanım gereği, iyileştirme eğiliminde olamazlar. Fakat mutasyoncu akım, mutasyonları gelişigüzelmiş gibi değerlendirmedi.

Vücudun belirli yönlerde değişmek için içsel bir eğilimi olduğunu düşündüler; ama vücudun kendisi için gelecekte neyin iyi olacağını nasıl bildiği sorusunu açık bıraktılar. Bunu mistik bir saçmalık olarak yazıya dökerken, bir yandan da mutasyonun gelişigüzel olduğunu söylediğimizde ne kastettiğimizi açık olarak belirtmekte yarar var. Gelişigüzel var, gelişigüzelcik var; ve birçok insan bu sözcüğün değişik anlamlarını birbirine karıştırıyor. Doğrusu, birçok açıdan mutasyon hiç de gelişigüzel değildir. Ben bu açıların hayvan için neyin iyi olduğunun bilinmesini ya da buna eşdeğer bir şeyi içermediğinde ısrarlıyım. Aslında evrimi açıklamak için seçilimsiz mutasyon kullanıyorsanız, neyin iyi olduğuna ilişkin bilgiye eşdeğer bir şey mutlak gerekli olacaktır. Mutasyonun hangi anlamda gelişigüzel olduğuna, hangi anlamda olmadığına bakmamızda yarar var.

Mutasyonlar belirli fiziksel olaylar sonucu ortaya çıkıyor; kendiliklerinden oluvermiyor. Mutasyon bu anlamda gelişigüzel değil. Mutasyonların nedeni, "mutajen" dediğimiz unsurlar (bunlar tehlikeli çünkü çoğu kez vücutta kanser başlatıyor): X ışınları, kozmik ışınlar, radyoaktif maddeler, çeşitli kimyasallar ve hatta "mutasyoncu genler" dediğimiz başka genler. İkincisi, bir türdeki bütün genlerin mutasyon geçirme olasılığı aynı değil. Kromozomlar üzerindeki her noktanın kendine özgü bir *mutasyon oranı* var. Örneğin, insanların orta yaşların başında ölümüne neden olan Huntington chorea hastalığı genini yaratan mutasyonun oluşma oranı 200.000'de 1. Dachsund cinsi köpeklerde bacakların çok kısa olmasına yol açan, bildiğimiz cücelik sendromu achondroplasia için bu değer 10 kat daha fazla. Bu oranların ölçümü normal koşullar altında yapılıyor. Ortamda X ışınları benzeri mutajenler varsa, bu oranlar müthiş artıyor. Kromozomların bazı bölümlerine "sıcak noktalar" diyoruz ve bu noktalarda mutasyon hızı yüksek.

Üçüncü olarak, sıcak nokta olsun olmasın, kromozom üzerindeki her noktada belirli yönlerdeki mutasyonların gerçekleşme olasılığı, aksi yönlerdekilerin gerçekleşme olasılığından da-

ha fazladır. Bu, "mutasyon baskısı" olarak bilinen, evrimsel sonuçları olabilecek bir olguya yol açıyor. Örneğin, hemoglobin molekülünün Biçim 1 ve Biçim 2 gibi yansız iki biçimi varsa -kanda oksijen taşıma yeteneği açısından ikisi de eşit yetenekte anlamında yansız- 1'den 2'ye olan mutasyonlar, 2'den 1'e olanlardan daha sık görülebilir. Bu durumda, mutasyon baskısı, Biçim 2'nin Biçim 1'den daha sık görülmesine neden olacaktır. Eğer belirli bir noktada ileri mutasyon hızı geri mutasyon hızına eşitse, mutasyon baskısı sıfır demektir.

Artık mutasyonun gelişigüzel olup olmadığı sorusunun önemsiz bir soru olmadığını görebiliyoruz. Bu sorunun yanıtı, gelişigüzelden ne anladığımıza bağlıdır. "Gelişigüzel mutasyon" demekle mutasyonların dış unsurlardan etkilenmediğini söylemek istiyorsanız, X ışınları muatsyonun gelişigüzel olmadığını kanıtlamaktadır. "Gelişigüzel mutasyon" derken tüm mutasyonların gerçekleşme olasılığının aynı olduğunu kastediyorsanız, sıcak noktalar mutasyonun gelişigüzel olmadığını kanıtlamaktadır. "Gelişigüzel mutasyon" derken tüm mutasyon noktalarında mutasyon baskısının sıfır olduğunu söylemeye çalışıyorsanız, bir kez daha mutasyon gelişigüzel değildir. Yalnızca "gelişigüzel" olmayı "vücutsal iyileşme yönünde genel bir eğilim olmaması" olarak tanımladığınızda, mutasyonun gelişigüzel olduğu doğrudur. Ele aldığımız bu üç gelişigüzel olmama çeşidi de, evrimi uyum sağlayıcı iyileşme yönünde (işlevsel olarak "gelişigüzel" bir yönde değil) hareket ettirmede etkili olamaz. Dördüncü bir gelişigüzel olmama çeşidi daha var ve doğru ama doğruluğu diğerleri kadar belirgin değil. Bunun üzerinde biraz zaman harcamamız gerekiyor çünkü günümüz biyologlarının bile kafasını karıştıran bir konu bu.

"Gelişigüzel" sözcüğünü başka bir anlamda alanlar da var -bana göre oldukça garip bir anlam bu. İki Darwincilik karşıtının (P. Saunders ve M-W. Ho) Darwincilerin "gelişigüzel mutasyon" olarak ne kastettikleri konusundaki düşüncelerini anlatan yazılarından alıntılar yapıyorum: "Yeni Darwinci gelişigü-

zel çeşitlilik kavramı, düşünülebilecek her şeyin mümkün olduğu saplantısını da beraberinde taşıyor." "*Tüm* değişimlerin mümkün olduğuna ve gerçekleşme *olasılıklarının eşit* olduğuna inanılıyor." (Vurgular benim.) Değil buna inanmak, böyle bir inancı *anlamlı* kılmak için ne yapılabileceğini bile düşünemiyorum! "Tüm" değişimlerin eşit olasılıklı olduğuna inanmak ne demek acaba? Tüm değişimler? İki ya da daha fazla şeyin eşit olasılıklı olabilmesi için, bu şeylerin ayrı, belirli olaylar olarak tanımlanabilmesi gerekir. Örneğin, "yazı ya da tura gelmesi olasılığı aynıdır" diyebiliriz çünkü yazı ya da tura gelmesi birbirinden farklı, ayrı iki olaydır. Fakat bir hayvanın vücudunda meydana gelebilecek "tüm olası" değişiklikler bu tür ayrı olaylar değil. İki olası olay ele alalım: "İneğin kuyruğu bir santimetre uzar." ve "İneğin kuyruğu iki santimetre uzar." Bunlar iki ayrı olay mı? İki ayrı olay oldukları için mi olasılıkları eşit? Yoksa bunlar aynı olayın yalnızca niceliksel çeşitlemeleri mi?

Belli ki, gelişigüzellik kavramı aslında anlamsız değilse de komik bir aşırı uçta olan bir çeşit Darwinci karikatürü oluşturulmuş. Bu karükatürü anlayabilmem epey zaman aldı çünkü bildiğim Darwincilerin düşünme biçimine çok yabancıydı. Ama sanıyorum, sonunda anlamayı başardım ve size de anlatmaya çalışacağım, çünkü Darwinciliğe karşı sözüm ona itirazların altında yatanı anlamamıza yardımcı olacaktır.

Çeşitlilik ve seçilim el ele çalışarak evrim üretir. Darwinci, çeşitliliğin -iyileşmeye yönelik olmaması anlamında- gelişigüzel olduğunu ve evrimin iyileşme eğiliminin seçilimden kaynaklandığını söyler. Evrimsel ilkelerden oluşan bir süreğenlik düşünelim; Darwincilik bir uçta, mutasyonculuk öbür uçta olacaktır. Aşırı mutasyoncu, evrimde seçilimin rolü olmadığına inanır; evrimin yönü sunulan mutasyonların yönüyle belirlenmektedir. Örneğin, evrimimizin son birkaç milyon yılında görülen, insan kafatasının büyümesini ele alalım. Darwinci, mutasyonun seçilime sunduğu çeşitliliğin beyinleri küçük bireyleri ve beyinleri büyük bireyleri içerdiğini söyler; seçilim ikincisini yeğlemiştir.

Mutasyoncu ise, mutasyonun sunduğu çeşitlilikte büyük beyinler lehine bir eğilim olduğunu söyler; çeşitlilik sunulduktan sonra seçilim yoktur (ya da seçilime gerek yoktur); beyinler büyümüştür çünkü mutasyonların yol açtığı değişim daha büyük beyinler oluşturma yönünde eğilimlidir. Özetleyelim: Evrimde daha büyük beyinler lehine bir eğilim olmuştur; bu eğilim yalnızca seçilimden kaynaklanmaktadır (Darwinci görüş), ya da yalnızca mutasyondan kaynaklanmaktadır (mutasyoncu görüş); bu iki görüş arasında bir süreklilik, iki olası evrimsel eğilim kaynağı arasında neredeyse bir değiş tokuş olduğunu düşünebiliriz. Orta görüş, mutasyonlarda beynin büyümesi yönünde *bir miktar* eğilim olduğu ve seçilimin de hayatta kalabilen popülasyonda bu eğilimi artırdığı olacaktır.

Darwinci, seçilime sunulan mutasyonların yol açtığı çeşitlilikte hiçbir eğilim olmadığını söylediğinde kastettiği şey karikatürize ediliyor. Gerçek bir Darwinci olan bana göre, bu, mutasyonun uyum sağlayıcı iyileşme yönünde sistematik bir eğilim göstermediği anlamını taşır. Fakat bir Darwincinin gerçek-ötesi karikatürü için, düşünülebilecek tüm değişimlerin "aynı olasılığa" sahip olduğu anlamını taşımaktadır. Böylesi bir düşüncenin mantıksal olanaksızlığını bir tarafa bırakırsak (zaten anlatıldı), Darwinci karikatürünün, vücudun ulu-güçlü seçilim tarafından, tercih edeceği herhangi bir biçime sokulmaya hazır kilden yapılmış olduğunu düşündüğüne inanılmaktadır. Gerçek Darwinciyle karikatür arasındaki farkı anlamak önemli. Bunu özel bir örnek üzerinde durarak yapacağız: yarasaların ve meleklerin uçuş yöntemleri arasındaki farklılık.

Melekler hep sırtlarından çıkan iki kanatla düşünülürler, kolları tüylerle engellenmemiştir. Öte yandan, yarasaların ve kuşların ve *Pterodactylus* üyelerinin bağımsız kolları yoktur. Atasal kolları kanatlarla bütünleşmiştir ve kullanılamaz ya da yiyeceği tutmak gibi başka amaçlarla, oldukça hantal bir biçimde kullanılır. Şimdi bir gerçek Darwinciyle bir aşırı Darwinci karikatürü arasında geçen bir konuşmayı dinleyeceğiz.

Gerçek: Acaba neden yarasalarda meleklerinkine benzer kanatlar evrilmemiş? İnsan bir çift kolları olsa iyi olurdu diye düşünmeden edemiyor. Fareler yiyeceklerini tutup kemirmek için hep kollarını kullanıyor, yarasalarsa yerde kolsuz çok hantal görünüyor. Sanırım verilecek yanıtlardan biri mutasyonun gereken çeşitliliği sağlayamamış olması. Sırtlarının ortasında kanat çıkıntıları olan atasal mutasyona uğramış yarasalar hiç olmadı herhalde.

Karikatür: Saçma. Seçilim her şeydir. Eğer yarasaların meleklerinkine benzer kanatları yoksa, bu sadece ve sadece seçilim meleklerinki gibi kanatlar lehine çalışmadığı içindir. Kuşkusuz sırtlarının ortasında kanat çıkıntıları olan mutasyona uğramış yarasalar vardı ama seçilim onları yeğlemedi.

Gerçek: Evet, evet. Eğer bu çıkıntılar olsaydı, seçilim onları yeğlemezdi, aynı fikirdeyim. Bir kere hayvanın ağırlığını artırmış olurlardı ki, fazla ağırlık bir hava taşıtının kaldıramayacağı bir lükstür. Fakat, seçilim ilke olarak neyi yeğlerse yeğlesin, mutasyonun her zaman gereken çeşitliliği sağlayacağına inanmıyorsunuz herhalde?

Karikatür: Tabii ki inanıyorum. Seçilim her şeydir. Mutasyon gelişigüzeldir.

Gerçek: Tamam, mutasyon gelişigüzeldir, ama bu yalnızca mutasyonun geleceği göremeyeceği ve hayvan için neyin iyi neyin kötü olduğunu planlayamayacağı anlamına geliyor. Her şeyin mümkün olduğu anlamına gelmiyor. Örneğin, sizce neden bir ejderha gibi burun deliklerinden ateş çıkaran hayvanlar yok? Bu avlarını yakalamada ve pişirmede kolaylık sağlamaz mıydı?

Karikatür: Yanıt basit. Seçilim her şeydir. Hayvanlar burun deliklerinden ateş çıkarmazlar çünkü bunu yapmalarına değmez. Burunlarından ateş çıkaran hayvanlar doğal seçilim tarafından elenmiştir, belki de ateş yapmak enerji bakımından çok masraflıydı.

Gerçek: Burunlarından ateş çıkan mutasyona uğramış canlılar olduğuna inanmıyorum. Olmuş olsaydı bile, büyük olasılıkla kendilerini de yakma tehlikesi altında yaşarlardı!

Karikatür: Saçma. Tek sorun bu olsaydı, seçilim içi asbestle kaplı burunları yeğlerdi.

Gerçek: İçi asbestle kaplı burun yapan bir mutasyon olduğuna inanmıyorum. Mutasyona uğramış hayvanların asbest salgılayabileceğine inanmaktansa mutasyona uğramış ineklerin aya zıplayabileceğine inanmayı yeğlerim.

Karikatür: Aya zıplayabilecek mutasyona uğramış bir inek doğal seçilim tarafından hemen elenirdi. Orada oksijen yok, biliyorsunuz.

Gerçek: Genetikle belirlenmiş uzay elbiseleri ve oksijen maskeleri olan mutasyona uğramış inekler önermemenize şaşırdım.

Karikatür: İyi düşündünüz! Hımm, sanırım asıl açıklama, aya zıplamanın buna değmeyeceğidir. Ayrıca kaçış hızına ulaşmanın enerji bedelini de unutmamalıyız.

Gerçek: Bu çok komik.

Karikatür: Belli ki, siz gerçek bir Darwinci değilsiniz. Nesiniz peki, bir tür kripto-mutasyoncu sapmacı mı?

Mutasyoncu: Merhaba! Bu Darwinci grup-içi bir tartışma mı, yoksa herkes katılabilir mi? İkinizin de hatası, seçilime gereğinden fazla önem vermeniz. Seçilimin yapabileceği tek şey, büyük deformasyonları ve aykırılıkları ayıklamaktır. Gerçekte yapıcı olan bir evrim ortaya çıkaramaz. Yarasa kanatlarının evrimine geri dönelim. Asıl olan şu: Toprak üzerinde yaşayan hayvanlardan oluşan eski bir popülasyonda, mutasyonlar sonucu parmaklar uzadı ve aralarında deriden perdeler ortaya çıktı. Nesiller geçtikçe, bu mutasyonlar gitgide sıklaştı, ta ki, tüm popülasyon kanatlı hale gelene dek... Seçilimle hiçbir ilgisi yok. Yalnızca eski yarasalarda kanat evrimleştirme yönünde içsel bir eğilim vardı; hepsi bu.

Gerçek ve Karikatür (birlikte): Mistikliğin daniskası! Geçen yüzyıla geri dön, ait olduğun yer orası.

Umarım, okuyucunun ne mutasyoncuya ne de Darwinci karikatürüne sempati duymayacağını düşünürken önyargılı dav-

ranmıyorumdur. Okuyucunun, benim gibi, gerçek Darwinciyle aynı fikirde olduğunu varsayıyorum. Karikatür aslında yok; ama ne yazık ki, var olduğunu *düşünenler* var. Hatta bu bazı insanlar Darwinci karikatürüyle aynı fikirde olmadıkları için, Darwinciliğin kendisine de karşı olduklarını sanıyorlar. Şöyle bir düşünceyi ağızlarına pelesenk etmiş bir biyologlar okulu var: Darwinciliğin sorunu embriyolojinin getirdiği kısıtlamaları göz ardı etmesi; Darwinciler (işte bu noktada karikatür sahneye geliyor), seçilim bir evrimsel değişimin lehineyse, bu değişim için gereken mutasyonların yol açtığı çeşitliliğin de var olacağını düşünüyorlar; her yöndeki mutasyonların yol açtığı değişimin olasılığı aynıdır; eğilimin yönünü seçilim belirler.

Oysa, her gerçek Darwinci herhangi bir kromozom üzerindeki herhangi bir genin herhangi bir zamanda mutasyon geçirebilmesine karşın, vücutlardaki mutasyon sonuçlarının embriyoloji süreci tarafından kısıtlandığını bilir. Eğer bu gerçekten kuşku duymuş olsaydım bile (ki asla duymadım), bu kuşkularım biyomorf bilgisayar simülasyonlarımdan sonra ortadan kalkardı. Sırtın orta yerinden kanatlar çıkması "için" bir mutasyon olduğunu varsayamazsınız. Kanatlar ya da başka bir şey, sadece ve sadece gelişim süreci izin veriyorsa ortaya çıkabilir. Hiçbir şey büyü yapılmış gibi ortaya çıkıvermez; embriyonik gelişim süreci tarafından yapılması gerekir. Var olan gelişim süreçlerinin durumu evrimleşebileceğini hayal edebileceğiniz şeylerin çok azının gerçekleşmesine izin verir. Kolların gelişme biçimi nedeniyle, mutasyonların parmak uzunluğunu değiştirmesi ve aralarında deriden bir perde oluşturması mümkündür. Fakat sırtın embriyolojisinde melek kanatları çıkıvermesine elveren hiçbir şey olmayabilir. Genler hırslarından mosmor olana kadar mutasyon geçirebilirler, ama memelilerin embriyolojik süreçleri böylesi bir değişime açık değilse, hiçbir memelinin asla melek kanatları olmayacaktır.

Embriyoların nasıl geliştiğinin tüm ayrıntılarını bilmediğimiz sürece, hayal ettiğimiz belirli mutasyonların gerçekleşmiş olma olasılıklarının ne kadar olduğu konusunda fikir ayrılıkları olacak-

tır. Örneğin, memeli embriyolojisinde melek kanatlarını yasaklayan hiçbir şey olmadığı anlaşılıverir. O zaman da, Darwinci karikatürünün, *özel örneğimizde* melek kanatları çıkıntılarının ortaya çıkmış olabileceğini ama seçilim tarafından yeğlenmediklerini önermekte haklı olduğu ortaya çıkar. Ya da, embriyoloji konusunda bilgimizi genişlettiğimizde, melek kanatlarının hiç başlamadığı, bu yüzden de seçilimin onları yeğleme şansının hiç olmadığı ortaya çıkar. Üçüncü bir olasılık daha var, hadi onu da eksik bırakmayalım: Embriyoloji melek kanatlarının oluşmasına asla izin vermemiştir ve izin vermiş olsaydı bile, doğal seçilim onları yeğlemezdi. Fakat üzerinde ısrarla durmamız gereken asıl konu, embriyolojinin evrime getireceği kısıtlamaları göz ardı edemeyeceğimizdir. Tüm ciddi Darwinciler bunu kabul eder, yine de bazıları Darwincilerin bunu inkâr ettiklerini düşünür. Öyle görünüyor ki, "gelişim kısıtlamalarının" sözde Darwinci karşıtı bir güç olduğu konusunda çok ses çıkaranlar, Darwinciliği yukarıda parodisini yaptığımız Darwincilik karikatürü ile karıştırıyorlar.

Bütün bunlar, mutasyonun "gelişigüzel" olmasıyla ne demek istediğimiz tartışmasıyla ortaya çıktı. Mutasyonun gelişigüzel olmadığı üç nokta sıraladım: X ışınları, vs. mutasyon yapar; farklı genlerin mutasyon oranları farklıdır; ve ileri mutasyon oranı geri mutasyon oranına eşit olmak zorunda değildir. Şimdi buna bir nokta daha ekledik: Mutasyon sadece var olan embriyonik gelişim süreçlerinde değişiklikler yapar ve bu anlamda gelişigüzel değildir; seçilimin yeğleyeceği, düşünülebilecek her değişikliği hiç yoktan yaratamaz. Seçilimin üzerinde çalışabileceği çeşitlilik var olan embriyoloji süreçleriyle kısıtlanmıştır.

Mutasyon, beşinci bir açıdan da gelişigüzel olmayan bir olay olarak *nitelenebilirdi.* Hayvanın yaşamına uyumunu sistematik olarak iyileştirmeye yönelik bir mutasyon biçimi düşünebiliriz (yalnızca düşünebiliriz). Hiç kimse bu yönelmenin hangi yolla olacağına ilişkin bir yol önerebilmiş değildir. İşte gerçek Darwinci yalnızca bu açıdan mutasyonun gelişigüzel olduğunda ısrar eder. Mutasyon uyum sağlayan iyileşme yönünde sistematik

bir eğilim göstermez ve mutasyonu bu beşinci anlamda gelişigüzel olmayan yönlere sürükleyebilecek hiçbir mekanizma bilinmemektedir. Mutasyon birçok başka açıdan gelişigüzel olmamasına karşın, uyum sağlayan üstünlük açısından gelişigüzeldir. Evrimi üstünlük açısından gelişigüzel olmayan yönlere götüren sadece ve sadece seçilimdir. Aslında mutasyonculuk sadece yanlış olmakla kalmıyor, asla doğru olamazdı da... İlke olarak, iyileşmenin evrimini açıklayabilme yeteneğine sahip değildir. Mutasyonculuk ve Lamarckçılık, Darwinciliğin yanlışlığı kanıtlanmış rakipleri değillerdir; asla rakip olamamışlardır.

Aynı şey, Darwinci seçilimin bir sonraki sözde rakibi için de geçerli. Bu akımın şampiyonu, Cambridgeli genetikçi Gabriel Dover ve kuramının da tuhaf bir adı var: "moleküler itki" (her şey moleküllerden yapılmış olduğu için, Dover'in bu varsayımsal sürecinin neden *moleküler* itki adını diğer evrimsel süreçlerden daha fazla hak ettiği pek açık değil). Motoo Kimura ve yansızcı evrim kuramının yandaşları, kuramları için haksız iddialarda bulunmuyorlar. Gelişigüzel sürüklenmenin uyum sağlayan evrimi açıklamada doğal seçilimin rakibi olduğuna ilişkin hayallere kapılmıyorlar; yalnızca doğal seçilimin evrimi uyum sağlayıcı yönde itebileceğini kabulleniyorlar. Tek iddiaları birçok evrimsel değişimin (bir moleküler genetikçinin gözüyle evrimsel değişimin) uyum sağlayıcı olmadığı. Dover, kuramı konusunda hiç de böyle alçakgönüllü değil. Doğal seçilim kuramının da doğru olabileceği bazı noktalar olduğunu düşünmesine karşın, evrimin *tümü*nü doğal seçilim olmadan açıklayabileceğini düşünüyor!

Bu kitap boyunca göz örneğini verdik çünkü göz, rastlantı eseri ortaya çıkamayacak kadar karmaşık ve iyi tasarlanmış birçok organdan biridir. Defalarca yineledim, insan gözü ve diğer mükemmel ve karmaşık organlar için bir açıklama getirebilen yalnızca doğal seçilimdir. Dover meydan okuyor ve gözün evrimi konusunda kendi açıklamasını sunuyor bizlere; pek şanslıyız... Dover, gözü hiçbir şeyden evrimleştirmek için 1000 adımın gerekli olduğunu varsayalım, diyor. Bu, yalnızca bir deri

parçasından göz oluşturmak için 1000 genetik değişiklikten oluşan bir dizi gerektiği anlamına gelir. Tartışmanın devamı için bu kabul edilebilecek bir varsayım gibi geliyor bana. Biyomorf Ülkesi'nin terimleriyle, çıplak-derili hayvan, gözlü hayvandan 1000 genetik adım uzaklığındadır.

Şimdi, bildiğimiz gözle sonuçlanacak doğru 1000 adımın atıldığı gerçeğini nasıl açıklarız? Doğal seçilimcinin açıklaması artık biliniyor. En yalın haliyle şöyle: 1000 adımın her birinde, mutasyon bir dizi seçenek sunmuştur ve bu seçeneklerden sadece biri hayatta kalmayı kolaylaştırdığı için yeğlenmiştir. 1000 evrim adımı, her birinde seçeneklerin çoğunun ölümle sonuçlandığı, birbirini izleyen 1000 seçim noktasını temsil eder. Bugünkü gözün uyumsal karmaşıklığı, 1000 bilinçsiz ama başarılı adımın son ürünüdür. Tür, tüm olasılıkların oluşturduğu labirentte belirli bir yolu izlemiştir. Bu yol boyunca, 1000 dallanma noktası vardı ve her bir dallanma noktasında hayatta kalabilenler daha iyi görme yeteneğine götüren yolu seçenler oldu. Yol kenarı, 1000 dallanma noktasının her birinde yanlış sapağı tutup başarısız olanların ölüleriyle dolu. Bizim bildiğimiz şekliyle göz, 1000 başarılı "seçim"den oluşan bir dizinin son ürünüdür.

Yukarıdaki paragraf, gözün evrimine doğal seçilimin getirdiği açıklamaydı (açıklamanın ifade biçimlerinden biriydi). Şimdi, Dover'in açıklamasına bakalım. Dover temelde soy çizgisinin her basamakta yaptığı seçimin hiçbir şey fark ettirmeyeceğini savunuyor; sonuçta ortaya çıkan organ için bir kullanım bulunacağını düşünüyor. Ona göre, soy çizgisinin her basamakta attığı adım, gelişigüzel bir adımdı. Örneğin, 1. basamakta bir mutasyon tür içerisinde yayılıyor. Yeni evrilen özellik işlevsel olarak gelişigüzel olduğu için, hayvanın hayatta kalmasına yardımcı olmadı. Tür de, vücutlarına getirilen bu yeni gelişigüzel özelliği kullanabilecekleri yeni bir yer, yeni bir yaşam biçimi aramaya başladı. Vücutlarının gelişigüzel olan bölümlerine uygun bir çevre bulunca, bir süre orada yaşadılar. Yeni bir mutasyon oldu ve tür içerisinde yayıldı. Yeni bir yer daha bulmaları gerekti. Bul-

duklarında, 2. basamak tamamlanmış oldu. Sonra da, 3. basamağın gelişigüzel mutasyonu tür içinde yayıldı ve.... Bu böylece 1000 adım boyunca sürüp gidiyor ve sonunda bildiğimiz biçimiyle göz oluşmuş oluyor. Dover, insan gözünün kızıl-ötesi ışığı değil, "görünür" dediğimiz ışığı kullandığına dikkat çekiyor. Fakat gelişigüzel süreçler bizi kızıl-ötesi ışığı kullanan bir göz sahibi olmaya zorlamış olsaydı, hiç kuşkusuz, bu gözü sonuna dek kullanır ve buna tümüyle uygun bir yaşam biçimi bulurduk.

İlk bakışta bu fikrin baştan çıkarıcı, çekici bir mantığı var. Bu baştan çıkarıcılık, doğal seçilimin gayet bakışımlı bir biçimde ters yüz edilmiş olmasından kaynaklanıyor. En yalın biçimiyle doğal seçilim, çevrenin türe zorla kabul ettirildiğini ve bu çevreye en iyi uyum sağlayan genetik çeşitlemelerin hayatta kalabileceğini varsayar. Zorla kabul ettirilen çevredir, tür de bu çevreye uymak üzere evrilir. Dover'in kuramı bu yaklaşımı ters yüz ediyor. Bu kez mutasyonlar ve Dover'in özel olarak ilgilendiği başka içsel genetik güçler tarafından "zorla kabul ettirilen" türün doğasıdır. Bundan sonra da tür, zorla kabul ettirilmiş doğasına en iyi uyan çevreyi bulur.

Bu bakışımın çekiciliği aslında yüzeysel. Sayılarla düşünmeye başlar başlamaz, Dover'in yaklaşımının ne kadar hayalci olduğu tüm görkemiyle gözler önüne seriliyor. Dover'in düşüncesinin temelinde, 1000 adımın her birinde türün ne yana saptığının hiçbir önemi olmaması yatıyor. Türde oluşan her yenilik, işlevsel açıdan gelişigüzeldi ve tür buna uyacak bir çevre buldu. Yani, tür, yoldaki her çatallanmada hangi sapağı seçerse seçsin, buna uyacak bir çevre bulacaktı. Şimdi bir düşünelim kaç tane olası çevre varsayımamız gerekiyor. 1000 dallanma noktası vardı. Bunların her biri ikili dallanmalar olsa (3'lü ya da 18'li dallanmalar da olabilirdi, bizimki ihtiyatlı bir varsayım), Dover'in planının işlemesi için 2'nin 1000. kuvveti kadar çevre olması gerekirdi (ilk dallanma iki yol veriyor; sonra bu yolların her biri ikiye ayrılıyor, dört yolumuz oluyor; her biri ikiye ayrılıp 8 yol oluşturuyor; sonra 16, 32, 64,... 2^{1000}). Bu sayıyı yazarken 1'in

arkasından 301 sıfır koymalıyız. Bu sayı, tüm Evren'deki atomların toplam sayısından daha fazla...

Dover'in doğal seçilime karşı çıkardığı sözde rakip asla işlemez; bir milyon yıl geçse de işlemez; Evrenimizin varoluşundan bu yana geçen sürenin bir milyon katı süre daha geçse de işlemez; Evrenimizin varoluşundan bu yana geçen sürenin bir milyon katı yaşında bir milyon evren olsa da işlemez. Dover'in başlangıçtaki varsayımını, yani göz oluşması için 1000 basamak gerektiği varsayımını değiştirsek bile bu sonucun pek değişmeyeceğine dikkat edin. Basamak sayısını 100'e düşürsek bile -ki, bu büyük olasılıkla gerekenin altında bir tahmin- yaşanabilir olası çevrelerin sayısı milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyondan daha fazladır. Bu, bir öncekinden daha küçük bir sayı ama yine de Dover'in bekleyip duran çevrelerinin her birinin bir atomdan daha küçük olmasını gerektiriyor.

Doğal seçilim kuramının büyük sayılar yaklaşımının bir uyarlaması tarafından yıkılmaya neden açık olmadığı sorusu açıklanmaya değer. III. Bölüm'de, gerçek ve hayal edilebilir tüm hayvanların devasa bir hiperuzamda oturduğunu düşündük. Burada da benzer bir şey yapıyoruz ama evrimsel dallanma noktalarını on sekizli yerine ikili olarak düşündük. 1000 evrimsel adımda evrimleşebilecek tüm olası hayvanlar kümesi devasa bir ağacın üzerine tünemiş oturuyorlar ve bu ağaç durmadan dallanıyor; öyle ki, sonunda elde edilen dal sayısı 10^{301} oluyor. Herhangi bir evrimsel geçmiş bu varsayımsal ağaç üzerinde belirli bir patika olarak temsil edilebilir. Düşünülebilecek tüm evrimsel patikalar içinde, gerçekleşenlerin sayısı çok azdır. Bu "tüm olası hayvanlar ağacının" büyük bir bölümünün var olmamanın karanlığında gizlendiğini düşünebiliriz. Bu karanlık ağaçta, şurada burda birkaç patika aydınlıktadır. Aydınlanmış izler gerçekleşen patikalardır ve sayıları epeyce olmasına karşın, tüm ağacın yalnızca minicik bir bölümüdür. Doğal seçilim, tüm olası hayvanlar ağacında azınlıkta kalan geçilebilecek patikaları bulabilme yeteneği olan bir süreçtir. Doğal seçilim kura-

mına benim Dover'ın kuramına saldırmakta kullandığım türden bir büyük sayılar yaklaşımıyla saldırmak olanaksızdır, çünkü doğal seçilim kuramının özü ağacın dallarını sürekli kesmesidir. Doğal seçilimin yaptığı işte budur. Tüm olası hayvanlar ağacında, Dover'in ters yüz edilmiş mantığı nedeniyle mahkum olduğu sonsuz çoğunluktaki kısır dallardan (gözleri ayak tabanında olan hayvanlar, vs.) kaçınarak adım adım yolunu bulur.

En eskisi hariç, doğal seçilim kuramının tüm sözde seçenekleriyle baş ettik. En eski kuramsa, yaşamın bilinçli bir tasarımcı tarafından yaratıldığı ya da evriminin yönetildiği kuramı. Bu kuramın bazı belirli uyarlamalarını -örneğin, Kutsal Kitap'ta anlatılan yaratılış öyküsü gibi- yıkmak pek kolay olurdu ve hiç de hakça olmazdı. Hemen hemen tüm halkların kendi yaratılış söylenceleri vardır. Kutsal Kitap'taki öykü de Ortadoğu'da çobanlık yapan bir kabilenin benimsediği öyküdür yalnızca. Bir Batı Afrika kabilesinin dünyanın karıncaların dışkısından yaratıldığını söyleyen inancından daha özel bir konumda değildir. Tüm bu söylencelerin ortak özelliği, bir çeşit doğaüstü varlığın kasıtlı niyetlerine bağlı olmasıdır.

İlk bakışta, "anlık yaratılış" ve "yönlendirilmiş evrim" diyebileceğimiz iki görüş arasında önemli bir ayrım var. Günümüz Tanrıbilimcileri anlık yaratılışa inanmaktan vazgeçtiler. Bir tür evrim olduğunun kanıtları çok fazla. Fakat kendilerine evrimci diyen birçok Tanrıbilimci -örneğin, II. Bölüm'de alıntı yaptığımız Birmingham Piskoposu- Tanrı'yı arka kapıdan içeri sokmaya çalışıyor: Evrimin izlediği yolda Tanrı'nın bir çeşit gözetmenlik görevi üstlenmesine izin veriyorlar. Tanrı, ya insanın evrimsel tarihinin kilit noktalarını (elbette ki, *insanın* evrimsel tarihinin) ya da evrimsel değişime götüren günlük olayları etkiliyor.

Böylesi inançların aksini kanıtlayamayız; özellikle de, Tanrı'nın, müdahelelerinde doğal seçilim sonucu gerçekleşen evrimden beklenenleri yakından taklit etmeye özen gösterdiği varsayılırsa... Böylesi inançlar için söyleyebileceğimiz birinci şey, gereksiz oldukları; ikinci şey de bizim *açıklamak* istediği-

miz örgütlü karmaşıklığı zaten *varsaydıklarıdır*. Evrimi bu denli düzenli bir kuram yapan şeylerden biri de, örgütlü karmaşıklığın ilksel yalınlıktan nasıl ortaya çıktığını açıklayabilmesidir.

Dünyadaki tüm örgütlü karmaşıklığı yönetecek ve yönlendirecek yetenekte bir Tanrı vasaymak istiyorsak (ister anlık ister yönlendirilmiş evrim olsun), bu Tanrı'nın müthiş karmaşık olması gerekir. Yaratılışçı ister naif Kutsal Kitap öyküsüne inansın ister eğitimli bir piskopos olsun, müthiş zeki ve karmaşık bir varlığı gerçek olarak kabul eder. Eğer böylesine örgütlü bir karmaşıklığın varlığını açıklama olmaksızın kabulleneceksek, hiç uğraşmayalım ve yaşamı da bizim tanıdığımız biçimiyle kabullenivere-lim gitsin! Kısacası, Tanrısal yaratılış, ister anlık ister yönlendirilmiş evrim olsun, bu bölümde ele aldığımız öbür kuramların listesine ekleniyor. Bu kuramların hepsi, yüzeysel bakıldıklarında, kanıtlara başvurularak doğruluğu sınanabilen Darwinciliğin seçenekleri olarak karşımıza çıkıyor. Yakından bakıldığında bu kuramların asla Darwinciliğe seçenek olamayacaklarını görüyoruz. Birikimli doğal seçilim yoluyla evrim kuramı, örgütlü karmaşıklığın varlığını açıklayabilecek tek kuram. Kanıtlar evrim kuramı lehine olmasa bile, elimizdeki en iyi kuram hâlâ bu! Aslına bakarsanız, kanıtlar da bizim lehimize ama bu başka bir öykü.

Artık sona geldik; vargımızı söyleyelim. Yaşamın özü muazzam bir ölçekteki istatistiksel olsalılık dışılıktır. Bu nedenle, yaşamın açıklaması rastlantı olamaz. Yaşamın varlığının gerçek açıklaması rastlantının karşıtını içermek zorundadır. Rastlantının antiteziyse, gelişigüzel olmayan bir yolla hayatta kalabilmedir. Gelişigüzel olmamak doğru anlaşılmadığında, rastlantının antitezi değil, rastlantının ta kendisidir. Bu iki aşırı ucu birbirine bağlayan bir süreğenlik var; tek-basamaklı seçilimden birikimli seçilime giden yol. Tek-basamaklı seçilim, saf rastlantının bir başka adıdır. Gelişigüzel olmamayı doğru anlamamak, dediğimde söylemek istediğim budur. Yaşamın karmaşık tasarımı üzerine öne sürülmüş tek açıklama, tek işler açıklama, yavaş yavaş ve kerte kerte gelişen *birikimli seçilimdir*.

Bu kitabın tümünde, rastlantı fikriyle, düzenin, karmaşıklığın ve tasarımın kendiliğinden oluşmasının astronomik ölçülerde düşük olasılıklı olması çok yer tuttu. Rastlantıyı ehlileştirmek, pençelerini köreltmek için bir yol bulmaya çalıştık. "Ehlileştirilmemiş rastlantı", arı, çıplak rastlantı, düzenli karmaşıklığın bir anda hiçbir şeyden ortaya çıkmasıdır. Bir zamanlar göz yoktuysa ve sonra ansızın, bir nesillik bir göz kırpmasıyla tümüyle yapılı, mükemmel bir göz ortaya çıktıysa, bu ehlileştirilmemiş rastlantıdır. Bu mümkün, ama zamanın bitimine dek sıfırlar yazmak zorunda kalırız. Aynı şey, Tanrı da dahil olmak üzere tümüyle yapılı, mükemmel varlıkların kendiliğinden var olması için de geçerlidir -bu sonuçtan kaçmaya gerek görmüyorum.

Rastlantıyı "ehlileştirmek", çok olasılık dışı olanı bir dizi halinde düzenlenmiş, daha az olasılık dışı, küçük bileşenlere parçalamaktır. X'in tek bir adımda Y'den oluşması ne denli olasılık dışı olursa olsun, X ve Y arasında bir dizi sonsuz küçük ara adım düşünmek her zaman mümkündür. Büyük ölçekli bir değişim ne denli olasılık dışı olursa olsun, küçük değişimler daha az olasılık dışıdır. Yeterince küçük aralıklara bölünmüş, yeterince büyük bir dizi öne sürmemiz koşuluyla, astronomik olasılık dışılıklara karşı karşıya gelmeksizin, her şeyden her şeyi türetebiliriz. Bunu ancak bütün bu ara adımları yerleştirecek yeterli süre varsa yapabiliriz. Ayrıca, her adımı, her basamağı belirli bir yöne yönlendirecek bir mekanizma olmalıdır, aksi takdirde, adımlar dizisi sonu gelmeyen gelişigüzel bir gezintiye dönüşür.

Darwinci dünya görüşünün tüm mücadelesi bu iki koşulun sağlanması, yavaş yavaş, kerte kerte gelişen birikimli doğal seçilimin varlığımızın nihai açıklaması olması içindir. Evrim kuramının kerteciliği inkâr eden ve doğal seçilimin oynadığı merkezi rolü inkâr eden uyarlamaları varsa, bunlar belirli örneklerde doğru olabilir. Fakat gerçeğin tümü olamazlar, çünkü evrim kuramının en can alıcı noktasını, astronomik olasılık dışılıkları çözümleme ve mucizeleri açıklama gücünü veren özünü inkâr etmektedirler.

Kaynakça

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (1983) *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland.

Anderson, D. M. (1981) Role of interfacial water and water in thin films in the origin of life. In J. Billingham (editör) *Life in the Universe*. Cambridge, Mass: MIS Press.

Andersson, M. (1982) Female choice selects for extreme tail length in a widow bird. *Nature*, 299: 818-20.

Arnold, S. J. (1983) Sexual selection: the interface of theory and empiricism. In P. P. G. Bateson (ed.) *Mate Choice*, 67-107. sayfalar. Cambridge: Cambridge University Press.

Asimov, I. (1957) *Only a Trillion*. Londra: Abelard-Schuman.

Asimov, I. (1980) *Extraterrestrial Civilizations*. Londra: Pan.

Asimov, I. (1981) *In the Beginning*. Londra: New English Library.

Atkins, P. W. (1981) *The Creation*. Oxford: W. H. Freeman.

Attenborough, D. (1980) *Life on Earth*. Londra: Reader's Digest, Collins & BBC.

Barker, E. (1985) Le there be light: scientific creationism in the twentieth century. In J. R. Durant (editör) *Darwinism and Divinity*, 189-204. sayfalar. Oxford: Basil Blackwell.

Bowler, P. J. (1984) *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: University of California Press.

Bowles, K. L. (1977) *Problem-Solving using Pascal*. Berlin: Springer-Verlag.

Cairns-Smith, A. G. (1982) *Genetic Takeover*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cairns-Smith, A. G. (1985) *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cavalli-Sforza, L & Feldman, M. (1981) *Cultural Transmission and Evolution*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

Cott, H. B. (1940) *Adaptive Coloration in Animals*. Londra: Methuen.

Crick, F. (1981) *Life Itself*. Londra: Macdonald.

Darwin, C. (1859) *The Origin of Species*. Yeni basımı. Londra: Penguin.

Dawkins, M. S. (1986) *Unravelling Animal Behaviour*. Londra: Longman.

Dawkins, R. (1976) *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.

Dawkins, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford: Oxford University Press.

Dawkins, R. (1982) Universal Darwinism. In D. S. Bendall (editör) *Evolution from Molecules to Men*, 403-425. sayfalar. Cambridge: Cambridge University Press.

Dawkins, R. & Krebs, J. R. (1979) Arms races between and within species. *Proceedings of the Royal Society of Londra*, B, 205: 489-511.

Douglas, A. M. (1986) Tigers in Western Australia. *New Scientist*, 110 (1505): 44-7.

Dover, G. A. (1984) Improbable adaptations and Maynard Smith's dilemma. Unpublished manuscript, and two public lectures. Oxford, 1984.

Dyson, F. (1985) *Origins of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

Eigen, M., Gardiner, W., Schuster, P., & Winkler-Oswatitsch. (1981) The origin of genetic information. *Scientific American*, 244 (4): 88-118.

Eisner, T. (1982) Spray aiming in bombardier beetles: jet deflection by the Coander Effect. *Science*, 215: 83-5.

Eldredge, N. (1985) *Time Frames: the rethinking of Darwinian evolution and the theory of punctuated equilibria*. New York: Simon & Schuster (Eldredge ve Gould'un orijinal makalesinin yeni baskısını da içeriyor).

Eldredge, N. (1985) *Unfinished Synthesis: biological hierarchies and modern evolutionary thought*. New York: Oxford University Press.

Fisher, R. A. (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press. 2nd edn paperback. New York: Dover Publications.

Gillespie, N. C. (1979) *Charles Darwin and the Problem of Creation*. Chicago: University of Chicago Press.

Goldschmidt, R. B. (1945) Mimetic polymorphism, a controversial chapter of Darwinism. *Quarterly Review of Biology*, 20: 147-64 and 205-30.

Gould, S. J. (1980) *The Panda's Thumb*. New York: W. W. Norton.

Gould, S. J. (1980) Is a new and general theory of evolution emerging? *Paleobiology*, 6: 119-30.

Gould, S. J. (1982) The meaning of punctuated equilibrium, and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution. In R. Milkman (editör) *Perspectives on Evolution*, 83-104 sayfalar. Sunderland, Mass: Sinauer.

Gribbin, J. & Cherfas. J. (1982) *The Monkey Puzzle*. Londra: Bodley Head.

Griffin, D. R. (1958) *Listening in the Dark*. New Haven: Yale University Press.

Hallam, A. (1973) *A Revolution in the Earth Sciences*. Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, W. D. & Zuk, M. (1982) Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, 218: 384-7.

Hitching, F. (1982) *The Neck of the Giraffe, or Where Darwin Went Wrong*. Londra: Pan.

Ho, M-W. & Saunders, P. (1984) *Beyond Neo-Darwinism*. Londra: Academic Press.

Hoyle, F. & Wickramasinghe, N. C. (1981) *Evolution from Space*. Londra: J. M. Dent.

Hull, D. L. (1973) *Darwin and his Critics*. Chicago: Chicago University Press.

Jacob, F. (1982) *The Possible and the Actual*. New York: Pantheon.

Jerison, H. J. (1985) Issues in brain evolution. In R. Dawkins & M. Ridley (editörler) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, 2: 102-34.

Kimura, M. (1982) *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kitcher. P. (1983) *Abusing Science: the case against creationism*. Milton Keynes: Open University Press.

Land, M. F. (1980) Optics and vision in invertebrates. In H. Autrum (editör) *Handbook of Sensory Physiology*, 471-592. sayfalar. Berlin: Springer.

Lande, R. (1980) Sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in polygenic characters. *Evolution*, 34: 292-305.

Lande, R. (1981) Models of speciation by sexual selection of polygenic traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78: 3721-5.

Leigh, E. G. (1977) How does selection reconcile individual advantage with the good of the group? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74: 4542-6.

Lewontin, R. C. & Levins, R. (1976) The Problem of Lysenkoism. In H. & S. Rose (editörler) *The Radicalization of Science*. Londra: Macmillan.

Mackie, J. L. (1982) *The Miracle of Theism*. Oxford: Clarendon Press.

Margulis, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: W. H. Freeman.

Maynard Smith, J. (1983) Current controversies in evolutionary biology. In M. Grene (ed.) *Dimensions of Darwinism*, 273-286. sayfalar. Cambridge: Cambridge University Press.

Maynard Smith, J. (1986) *The Problems of Biology*. Oxford: Oxford University Press.

Maynard Smith, J. ve başkaları (1985) Developmental constraints and evolution. *Quarterly Review of Biology*, 60: 265-87.

Mayr, E. (1963) *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Mayr, E. (969) *Principles of Systematic Zoology*. New York: McGraw-Hill.

Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Monod, J. (1972) *Chance and Necessity*. Londra: Fontana.

Montefiore, H. (1985) *The Probability of God*. Londra: SCM Press.

Morrison, P., Morrison, P., Eames, C. & Eames, R. (1982) *Powers of Ten*. New York: Scientific American.

Nagel,T. (1974) What is it like to be a bat? *Phisosophical Review*, reprinted in D. R. Hofstadter & D. C. Dennett (editörler). *The Mind's I*, 391-403. sayfalar. Brighton: Harvester Press.

Nelkin, D. (1976) The science textbook controversies. *Scientific American* 234 (4): 33-9.

Nelson, G. & Platnick, N. I. (1984) Systematics and evolution. In M-W Ho & P. Saunders (editörler), *Beyond Neo-Darwinism*. Londra: Academic Press.

O'Donald, P. (1983) Sexual selection by female choice. In P. P. G. Bateson (editör) *Mate Choice*, 53-66. sayfalar. Cambridge: Cambridge University Press.

Orgel, L. E. (1973) *The Origins of Life*. New York: Wiley.

Orgel, L. E. (1979) Selection in vitro. *Proceedings of the Royal Society of Londra*. B, 205: 435-42.

Paley, W. (1828) *Natural Theology*, 2. Baskı Oxford: J. Vincent.

Penney, D., Foulds, L. R. & Hendy, M. D. (1982) Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences. *Nature*, 297: 197-200.

Ridley, M. (1982) Coadaptation and the inadequacy of natural selection. *British Journal for the History of Science*, 15: 45-68.

Ridley, M. (1986) *The Problems of Evolution*. Oxford: Oxford University Press.

Ridley, M., (1986) *Evolution and Classification: the reformation of cladism*. Londra: Longman.

Ruse, M. (1982) *Darwinism Defended*. Londra: Addison-Wesley.

Sales, G. & Pye, D. (1974) *Ultrasonic Communication by Animals*. Londra: Chapman & Hall.

Simpson, G. G. (1980) *Splendid Isolation*. New Haven: Yale University Press.

Singer, P. (1976) *Animal Liberation*. Londra: Cape

Smith, J. L. B. (1956) *Old Fourlegs: the story of the Coelacanth*. Londra: Longmans, Green.

Sneath, P. H. A. & Sokal, R. R. (1973) *Numerical Taxonomy*. San Francisco: W. H. Freeman.

Spiegelman, S. (1967) An in vitro analysis of a replicating molecule. *American Scientist*, 55: 63-8.

Stebbins, G. L. (1982) *Darwin to DNA, Molecules to Humanity*. San Francisco, W. H. Freeman.

Thompson, S. P. (1910) *Calculus Made Easy*. Londra: Macmillan.

Trivers, R. L. (1985) *Social Evolution*. Menlo Park: Benjamin-Cummings.

Turner, J. R. G. (1983) 'The hypothesis that explains mimetic resemblance explains evolution': the gradualist-saltationsit schism. In M. Grene (editör) *Dimensions of Darwinism*, 129-169. sayfalar. Cambridge: Cambridge University Press.

Van Valen, L. (1973) A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*, 1: 1-30.

Watson, J. D. (1976) *Molecular Biology of the Gene*. Menlo Park: Benjamin-Cummings.

Williams, G. C. (1966) *Adaptation and Natural Selection*. New Jersey: Princeton University Press.

Wilson, E. O. (1971) *The Insect Societies*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Wilson, E. O. (1984) *Biophilia*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Young, J. Z. (1950) *The Life of Vertebrates*. Oxford: Clarendon Press.

Dizin

Adres (gen adresi), 149
Ağtabaka, 117
Ahit Sandığı, 138
Ahtapot, 107
Aisopos, 244
Akraba seçilimi, 264
Alıcı/verici radar, 33
Ambulans etkisi, 36
Amip, 147, 319-320
Amniyonlular, 329
Amplifikatör benzerliği, 322
Anakara kayması, 127
Anderson, D. M., 200
Andersson, M., 273
Ansefalizasyon kesri, 241
Antennapaedia, 298
Aratürler, 333
Archaeopteryx, 335
Argyll Dükü, 318
Arı orkidesi, 80
Asdic, 28
Asimov, I., 57, 91
Atkins, P. W., 19-20
Atlar ve Güney Amerika'daki denkleri, 130, 344
Australopithecus, 291, 295
Avustralya faunası, 131

Bağdat'a yürüyüş, 51
Bakteriler, 148, 166, 225
Balık,
  elektrikli, 123
  yassı balık, 115
Balinaların yankıyla yön bulması, 121-123
Baraj,
  kil, 197
  kunduz, 173
Bateson, W., 388
Bence Bir Gelinciğe Benziyor, 59
Bennett, G., 50

Beynin evrimi, 240, 276, 291-292
Bilgisayar,
biyomorf, 67
çalışmasının açıklanması, 17
disk benzetmesi, 220
model, 80
oyunlar, 79
satranç oyunu, 83
Shakespeare yazmak, 61
Bilişim teknolojisi, 143
Birikimli seçilim, 58
Birlikte evrimleşme, 216
Birmingham Piskoposu, 47-53, 402
Biyokimyasal yollar, 217
Biyomorflar, 70, 299, 396
Boeing *747*, 11, 300, 318
Bombacıböcek, 108-109
Boşluk (fosiller kayıtlarında), 292
Böcekler, bilgisayarda, 75
Böyle Buyurdu Zerdüşt, 76
Bulut, 59, 64
Büyük göç meseli, 285
Büyük Varlık Zinciri, 333

Cairns-Smith, A. G., 189
Ceylan, 228
Cott, H. B., 239
Cromwell, O., 292

Çalıkuşu, 275
Çapkın ıslıkları, 38, 40
Çiçeklerin evrimi, 80
Çimen, 232
Çırp, 35
Çiy benzetmesi, 161-162

Dal, 330, 355
Dallanmacılık,
dönüşmüş 357, 359
Darwin, Charles, 5, 388
durgunluk, 311
eşeysel seçilim, 256-257
fosil kayıtlarında boşluklar, 293, 307
karmaşık organlar, 114
kazanılmış özelliklerin kalıtımı, 369
mucizevi sıçramalar, 319
türler, 303
ve Kişisel Kuşkuculuk Yaklaşımı, 50
ve noktacılar, 287
Darwin, E., 394

Darwinci karikatürü, 393
Darwinciliğe karşı itirazlar, 321-322
De Vries, H., 388
Dealyon, olasılık dışılık birimi, 206
Değişken hızcılık, 314
Deney tüpünde evrim, 168
Denge çizgisi, 269-270
Diğerkâm davranış, 341
Dil, evrimi, 278-279
Dinozor yatakları, sahte insan ayak izleri, 288, 372
Dişi tercihi, 253-254
DNA, bilgi teknolojisi, 141-173
  bencillik, 148
  bilgisayar diski benzetmesi, 220
  kaynağı, 179, 201-202
  metnin korunması, 158
  ROM olarak, 149
DNA arşivleri, 155
  doğruluğu, 156
DNA'da hata düzeltme, 160
Dollo Yasası, 118
Doppler etkisi, 36
Dover, G., 398
Doyle, Sir A. C., 142
Dönemli ağustosböceği, 125-126
Dulkuşu, 257, 273
Durgunluk, 293, 309, 311, 313-318, 337
Düşman, 229
Düz geribesleme, 250

Edinilmiş özelliklerin kalıtılması, 369, 379, 381
Egzon, 221
Eğilim, 277
Eigen, M., 170
Ekolojik ardıllık, 340
Ekonomi, 31-32
Eldredge, N.,
  noktalı denge, 293-323
  varlık olarak tür, 337
Elektrik kullanarak yön bulma, 123
Embriyoloji, 97, 98, 345, 374, 376, 380, 385-386
  embriyoloji tarafından evrime getirilen kısıtlamalar, 396
En çok satanlar, 281
Encyclopaedia Britannica, 147
Epigenesis, 374
EQ, 24
Escherichia coli, 166
Eşeyli üreme,
  eşeysel seçilim modeli, 258-259
  kuramsal bulmaca olarak, 342

Evrim üzerindeki baskılar, 392-393

Farklı ada dilleri, 278
Fenotip, 78, 155
Fibrinopeptit, 159
Fisher, Sir R. A.,
  eşeysel seçilim, 255
  eşeyselliğin evrimi, 342
  kerte kerte değişimin gerekliliği, 296
  parçacıklı kalıtım, 144
  yeni-Darwinciliğin kurucusu, 143, 389
Fizik,
  basitliği, 2
  yasaları, 14
Ford, E. B., 102
Fosil,
  boşluklar, 292
  fosillerin tarihi, 289
Fosillerin yardımıyla tarihin saptanması, 289
France, A., 292

Galambos, R., 44
Gelişim, 68-69, 216, 375
Gelişmeyle ilgili kek benzetmesi, 378
Genetik devralma, 201
Genetik mühendisliği, 92-93
Genin erki, 164
Genler,
  bilgisayar biyomorfları, 68-69
  birbirlerinin çevresi olarak, 216, 226
  dişinin tercihinde, 259-260
  embriyonik gelişimde, 377-378
  işbirliği, 217, 245, 317
Genlerin dikey aktarımı, 155
Genlerin kopyalanması, 220
Goldschmidt, R., 101, 295
Gondvana, 128
Gould, S. J.,
  Darwin'in kerteciliği üzerine, 312
  dışkı taklidi yapan böcekler hakkında, 102
  noktalı denge, 293-323
  Panda's Thumb, 115
  sentetik kurama ilişkin, 323
  %5'lik göz, 101
Görme mükemmelliği-kötülüğü, 99-100
Göz,
  belirgin kusuru, 117-118
  birbirleriyle ilişkili parçalar, 99
  Dover'in yaklaşımı, 400
  kerte kerte evrimi, 95, 298

kullanma ve kullanmama, 384
şekli, 22
"yapısı", 21
Grafen, A., 256, 272
Griffin, D. R., 28, 44
Gugukkuşu, 52
Güneş sistemi, 56

Haldane, J. B., 320
Hamilton, W. D.,
akraba tercihi, 264-265
asalaklar, 272-273
Hardy, G. H., 146, 206
Hareket ettirici kuvvet, 15
Hemoglobin, 57-58, 60, 64, 91, 159, 223-224, 248, 251, 386, 391
Hennig, W., 353, 360
Hezekiel, 163
Hidrojen peroksit-hidrokinon karışım, 108-109
Hipo kristal, 192
Histon, 157
Hitching, F., 98
Hiyerarşi, 327, 330
Hiyerarşik indirgemecilik, 18
Ho, M-W., 391
Hoyle, Sir F., 48, 300
Hume, D., 8
Huntington chorea, 390
Huxley, J.,
dal, 357
eşeysel seçilim, 256-257
hareket ettirici kuvvet, 15
Hyracotherium, 291

İğnedelikli kamera, 106
İlksel çorba, 189
İntronlar, 222
İris, 105

Jenkin, F., 144
Jerison, H., 241
Johannsen, W., 388

Kalamar, 354
Karakurbağası, 372
Karıncalar, 135-138
Panama'da, 137, 249
Karıncayiyen, 134
Karmaşıklık,
biçimin ayrışıklığı olarak, 9
istatistiksel olasılık dışılık, 10

Katarakt, 100
Kertecilik, 91, 286, 290-291
Kılıç dişli, 133
Kızıl Kraliçe etkisi, 234
Kil, 194
  erk, 196, 199
Kimura, M., 386, 398
Kimyacı, 184
Kirpi, 344
Koala, 341
Koelakant, 315
Koestler, A., 48, 371
Kompakt disk, 143, 195
Kopernik, 323
Kopyalayıcı, 163
Köpeğin evrimi, 51, 73
Kristal, 192
Kulak,
  kemikler, 34
  kulakkepçeleri, 40
  oluşumu, 113
Kullanım açısından en uygunluk, 262
Kullanma ve kullanmama, 368, 383-384
Kunduz, 172-173,
Kutsal Kitap'ta Yaratılış, 322
Kutup ayıları, 49
Kültürel evrim, 277

Lamarck, J-B., 367
Lamarckçılık, 366-374
Land, M., 107
Lande, R., 255-268
Latimeria, 315-316
Lavrasya, 128
Leigh, E. G., 341
Lisenko, T. D., 372
Loch Ness Gölü, 373
Lyell, Sir C., 319

Makromutasyon, 294
Mantar yetiştirme, 136
Margulis, L., 224
Masraf ve yarar, 32
Maynard Smith, J., 99
Mayr, E.,
  matematiksel genetiğin eleştirmeni, 99
  türleşme, 306, 311, 317
Melanin, 369
Melek kanatları, 393
Mem, 202

Memelilerde yakınsak evrim, 128-134
Mendel, G., 143, 388
Metabolizma hızı, 134, 242
Mitokondri, 224
Moda, 263
Molekül saat, 313, 347
Moleküler itki, 398
Monteflore, H., 47-53
Morgan, T. H., 388
Morris, D., 70
Mucize, 177, 203-204, 404
Mutajenler, 390
Mutasyon, 52, 61, 65, 69, 71-74, 89, 97-109, 118, 158-161, 168, 172-173, 178, 194, 196, 202, 216, 232, 262, 270, 279, 294, 298-302, 317-318, 337, 366, 379, 386-400
  baskısı, 390-391
  biyomorf modellerinde, 68
  biyomorflarda, 89-90
  gelişigüzelliğin anlamı, 389-390
  Hamlet modelinde, 61
  makro, 294
  oranı, 158-159
Mutasyonculuk, 388
Mühendis, 26
Mükemmel yerleşim, 326, 331
Myotis, 30
Myrmecophaga, 134

Nagel, T., 41
Nalbant, 370
Nasır, 380
Nelson, G., 361
Noktacılık, 285-323
  ve tür konusu, 337
Notilus, 106-107
Nuh, 308

O'Donald, P., 272
Olasılık dışılık değerlendirmesi, 207-208
Olasılık dışılık ölçeği, 206
Organik kimya, 190
Orgel, L., 169
Ormandaki ağaçlar arasında silahlanma yarışı, 234-235
Ortak bir noktaya doğru ilerleyen (yakınsayan) evrim, 119
  deney tüplerindeki RNA yoluyla, 170
Ökaryot, 225
Ön-oluşumculuk, 375
Örümcek ağı, 50

Paleontoloji, 287
Paley, W., 5, 46, 83, 95

Parçacıklı kalıtım, 144
Patlama benzeşimi, 250
Periler, 372
Plan, embriyoloji kuramı, 374-375
Platnick, N., 361
Polis radarları, 38
Pop müzik, 280
Popper, Sir K., 48

Rastlantı, 204, 350
Rattray-Taylor, G., 48
Renk, yarasa duyumuna ilişkin varsayım, 44
Ridley, M., 360, 363
Ringa balığı, 115, 354
RNA, 147
  deney tüpünde evrim, 168
Roket, 236
ROM, 150
  DNA olarak, 149
Rousettus, 29, 30, 34, 120

Satranç, 83
Saunders, P., 391
Seçilim,
  doğal, 78
  eşeysel, 256
  tek-basamaklı ve birikimli, 58, 179-180, 403
  türler, 337
  yapay, 73, 316-317
Sekreter benzetmesi, 157
Sesötesi, 29
Shakespeare, W., 59, 81
Shaw, G. B., 371
Sıçrama, 294, 309, 313
Silah, 236
Silahlanma yarışı, 227
  cinsiyetler arası, 227, 235
  çevrimsel, 272
  ekonomik baskılar, 243-244
Silisyum, 190
Sınıflandırma, 325-363
  biyolojik olmayan sınıflandırmanın öznelliği, 326-328
  biyolojik sınıflandırmanın tekliği, 329
  dallanmacı, 329, 354-355
  geleneksel, 353
  moleküler, 344-346
  sayısal, 357
Smilodon, 133
Snow, C. P., 118
Sonar, 26-46

Soreksler, 304
Sorun olarak iklim, 227
Sosyal Darwincilik, 321
Soy ağaçlarının sayısı, 349
Söğüt ağacı, 141
Spiegelman, S., 168
Stebbins, G. L., 309

Şans, ölçümü, 181
Şempanze, 150, 336
Şifreli kilit, 10

Tadarida, 34
Takım olarak genler, 218
Taklit, 101
Taksonomi, 325 ayrıca bkz. sınıflandırma
  okulları, 349
Tarif, embriyoloji kuramı, 375-376
Tasarım, tanımı, 26
Tasarım savı, 5-7
  kişisel kuşkuculuk, 48
Tasmanya, 132
Tasmanyakurdu, 133
Taşıyıcı frekans, 35
Tavuskuşu, 254
Tekrar, 67
Tercih, 266
Termit, 133
Termodinamiğin ikinci yasası, 118
Termostat benzetmesi, 269
Thompson, S. P., 85
Thylacinus, 133, 344
Thylacosmilus, 133
Türler,
  seçilim, 338-339
  varlık olarak, 337
Türleşme, 303, 311

Uzamış DC8, 300
Üçgen, 86

Van Valen, L., 233
Vavilov, N. I., 372
Virüs, 166-167
Watt buhar makinesi, 250
Wegener, A., 127
Weinberg, W., 146
Williams, G. C., 340
Wilson, E. O., 137

Yabancı süzgeci, 41
Yankıyla yön bulan kuşlar, 120
Yankıyla yön bulma, 28-47
  görmeyle karşılaştırma, 41-43
Yansızcılık kuramı, 346, 386, 398
Yapıcı evrim, 215
Yapışkanlık, 171
Yaradan, 180
Yarasalar, 26-46
  ayarlanmış frekanslı çığlıklar, 36
  Doppler kayması, 38-39
  ekonomisi, 31-32
  farklı yarasa grupları, 29
  ilgili konferans, 44
  karşılaştıkları sorunlar, 31-32
  kulak kasları, 34
  melek kanatlarının olmaması, 394
  saptayıcı, 30
  yarasanın deneyimlerini paylaşmak, 41-42
Yarasaların gürültü sorunu, 40-41
Yaratılışçılık, 288, 294, 302, 308, 319, 330, 363
Yarım akciğer, 109
Yarım kanat, 112
Yaşam için gerekli bileşenler, 163
Yaşam,
  başlangıcı, 177-212
  Evren'de, 182, 210-211
  kilin döngüsü, 197-198
  yalnızca Dünya'da mı?, 182-183
Yaşamı sürdürme, 12
Yaşamın kökeni, 177-212
Yaygın Fenotip, 173-174
Yeni Ahit, 148
Yeni-Darwincilik, 146, 304
Yeşil Sakal, 264
Yeterlilik, 13
Yılanlar,
  omur sayıları, 302
  zehrin oluşumu, 113
Yıldırım çarpma olasılığı, 203
Yunusların yankıyla yön bulması, 121-122
Yüzsel görme, 28

Zaman ölçekleri, 207-208
Zürafa, 370

Canlıların mükemmelliği ve karmaşıklığı hem saygıyı hem de "derin" bir soruyu hak ediyor: Mükemmel ve karmaşık canlılar nasıl var oldu? Kimileri her şeyi tasarlayan bir Yaratıcı'nın olduğuna inanıyor, kimileri de karmaşık canlıların rastlantı eseri ortaya çıkabilecek kadar basit olan canlılardan evrimleşerek oluştuğunu savunuyor... *Gen Bencildir* kitabıyla tanıdığımız zooloji profesörü Richard Dawkins, doğal seçilim yoluyla gerçekleşen evrimin yaşamın karmaşık tasarımını açıklayan tek kuram olduğunu düşünüyor. *Kör Saatçi* bu düşüncenin kuvvetli ışığında yazılmış, söylemek istediğini berrak bir biçimde söyleyen, anlatan, öğreten bir kitap; ama hepsinden de öte, bütün iyi kitapların yaptığını yapıp kafa karıştıran, soru sorduran bir kitap...

ISBN 975-403-311-0

9 789754 033113 06

Fiyatı: 8.000.000 TL (KDV DAHİL)

Basılı fiyatından farklı satılamaz

KÖR SAATÇİ

RICHARD DAWKINS