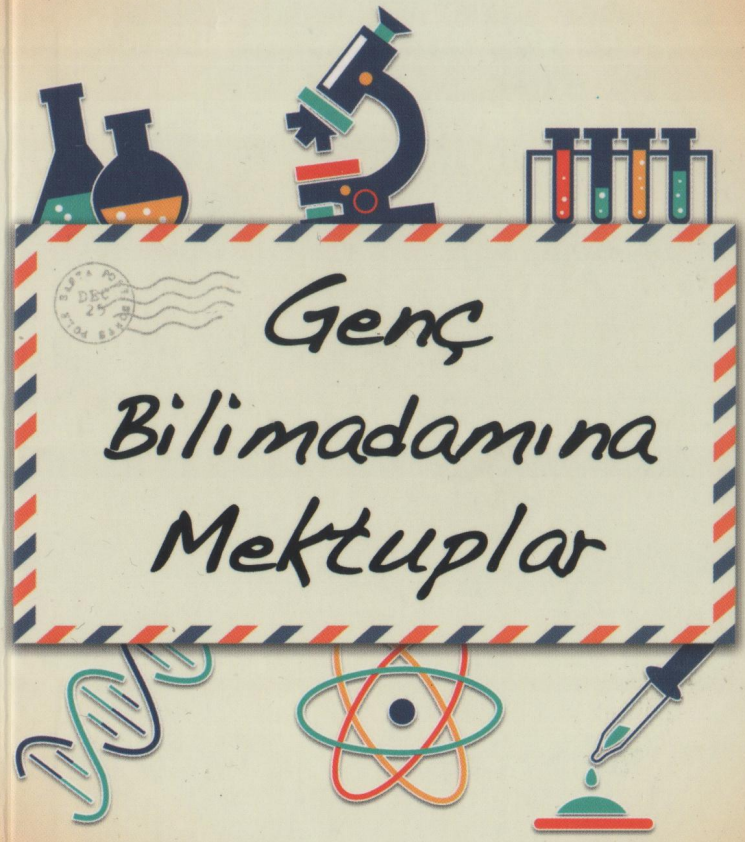
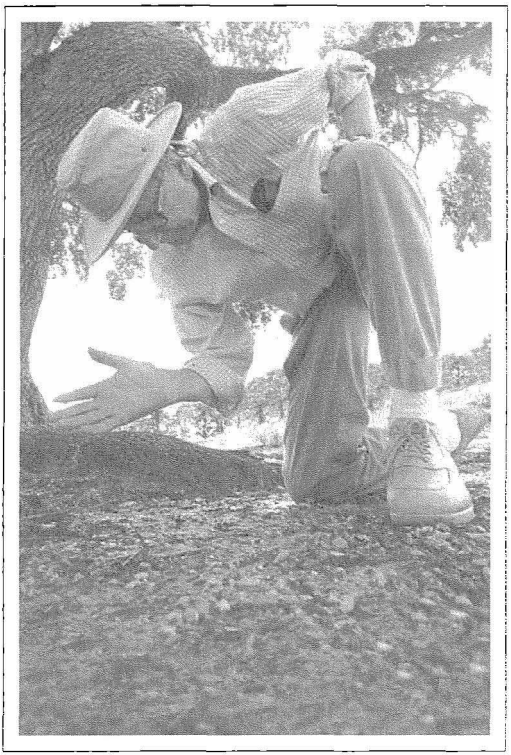
Pulitzer Ödüllü Yazar

Edward O. Wilson



Genç Bilimadamına Mektuplar

SAY



Yazar, Alabama, Gulf Shores'da. Fotoğraf, Alex Harris.

EDWARD O. WILSON

Dünyanın en önde gelen biyolog ve doğabilimcilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yirmiden fazla kitabın yazarıdır. *Yaradılış* ve Pulitzer Ödüllü *Karıncalar* ile *Natüralist* en önemli eserlerinden birkaçıdır. *Doğanın Gizli Bahçesi* ve *Yeryüzünün Sosyal Fethi* adlı eserleri dilimize çevrilmiştir. Harvard Üniversitesi'nde profesör olarak görev yapan Wilson ABD'nin Massachusetts eyaletindeki Lexington kentinde yaşamaktadır.

Edward O. Wilson

GENÇ BİLİMADAMINA MEKTUPLAR

İngilizceden çeviren:
Mihriban Doğan

SAY

Say Yayınları
Popüler Bilim Dizisi

Genç Bilimadamına Mektuplar / Edward O. Wilson
Özgün adı: *Letters to a Young Scientist*

© 2013 Edward O. Wilson

Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla © Say Yayınları
Bu eserin tüm hakları saklıdır. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN 978-605-02-0337-0
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Mihriban Doğan
Yayın koordinatörü: Levent Çeviker
Editör: Sinan Köseoğlu
Sayfa düzeni: Tülay Malkoç
Kapak tasarımı: Artemis İren

Baskı: Lord Matbaacılık ve Kâğıtçılık
Topkapı-İstanbul
Tel.: (0212) 674 93 54
Matbaa sertifika no: 22858

1. baskı: Say Yayınları, 2014
2. baskı: Say Yayınları, 2015

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari

Genel Dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

Önsöz 9

I İZLENECEK YOL

1. Önce Tutku Sonra Eğitim 17
2. Matematik 23
3. İzlenecek Yol 37

II YARATMA SÜRECİ

4. Bilim Nedir? 49
5. Yaratma Süreci 61
6. Nelere Mal Olur? 67
7. Başarma Olasılığınız Çok Fazla 79
8. Aslında Hiç Değişmedim 85
9. Bilimsel Aklın Arketipleri 91
10. Evrenin Kâşifleri Olarak Bilimciler 97

III BİLİMDE BİR ÖMÜR

11. Bir Akıl Hocası ve Bir Kariyerin Başlaması 107
12. Biyolojinin Kutsal Kâseleri 115
13. Cesaretin Kutlanması 131
14. Çalıştığınız Alanı Etraflıca Öğrenin 137

IV TEORİ VE BÜYÜK RESİM

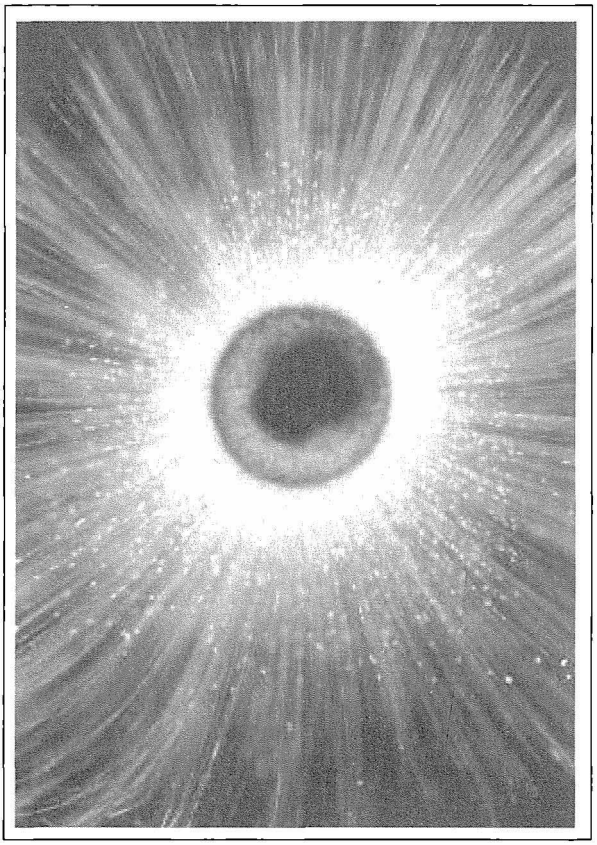
15. Evrensel Bilgi Olarak Bilim 155
16. Dünyada Yeni Dünyalar Aramak 163
17. Teori Üretmek 173
18. Büyük Ölçekte Biyolojik Teori 187
19. Gerçek Dünyada Teori 199

V HAKİKAT VE ETİK

20. Bilimsel Etik 215

Teşekkür 219

Akıl hocalarım Ralph L. Chermock ve William L. Brown'ın anısına



Foraminifera *Orbuline universa*, tek hücreli okyanus organizması. Davis'teki California Üniversitesi'nden Howard J. Spero'nun fotoğrafından alınmıştır.

Önsöz

DOĞRU SEÇİM YAPTIN

Sevgili arkadaşım,

Yarım asır boyunca bilim öğrencileri ve genç profesyoneller yetiştirdim, yüzlerce yetenekli ve hırslı genç insana danışmanlık yaptım; bunun için kendimi ayrıcalıklı ve şanslı hissediyorum. Sonuç olarak, bilimde başarılı olmak için bilmeniz gerekenlere dair engin bir bilgi dağarcığına, aslına bakarsanız bir felsefeye sahip oldum. Umarım mektuplarımdaki düşünce ve öykülerden yararlanırsınız.

Her şeyden önce, seçmiş olduğunuz yoldan ayrılmamanızı ve ilerleyebildiğiniz kadar ilerlemenizi tavsiye ederim. Dünyanın size şiddetle ihtiyacı var. İnsanlık çoktan teknobilimsel çağa girdi ve bundan geri dönüş yok. Bilimsel bilgi miktarı, artış hızı disiplinden disipline farklılık gösterse de, on beş-yirmi yılda bir ikiye katlanıyor. 1600'lerden bu yana bu şekilde, günümüzdeki olağanüstü büyüklüğüne ulaştı. Yeterli zamana sahip bütün dizginsiz üstel büyümeler gibi, yıllardır görünüşe göre neredeyse dikey olarak yükseliyor. İleri teknoloji de onun yanında benzer bir tempoda koşuyor. Birbirlerine sıkı bir ortakyaşam it-

tifakıyla bağlı olan bilim ve teknoloji yaşamlarımızın bütün boyutlarına yayılıyor. Sır saklamıyorlar. Herkese, her yerde açıklar. İnternet ve dijital teknolojinin diğer tüm donanımları iletişimi küreselleştirip hızlandırdı. Yakında hem doğabilimlerinde hem de insanbilimlerinde yayımlanmış bütün bilgilere birkaç tuşa dokunarak erişmek mümkün olacak.

Bu değerlendirmenin biraz ateşli görünmesi ihtimaline karşı (ben öyle olmadığını farz etsem de), bir rol oynama şansına eriştiğim bir kuantum sıçraması örneği vereceğim. Bu olay, kısa süre öncesine dek eski moda ve sıkıcı diye adı çıkmış, organizma sınıflandırma bilimi taksonomide yaşandı. 1735'de, on sekizinci yüzyılın Isaac Newton'la birlikte en tanınmış bilimcisi olarak kabul edilen İsveçli doğabilimci Carl Linnaeus tüm zamanların en gözü pek araştırma projelerinden birini başlattı. Dünyadaki bütün bitki ve hayvan türlerini keşfetmeye ve sınıflandırmaya niyet etmişti. 1759'da, süreci kolaylaştırmak için, her türe iki kelimelik Latince isim vermeye başladı; örneğin evcil köpeğe *Canis familiaris*, Amerikan kızıl akçaağacına da *Acer rubrum* dedi.

Linnaeus'un, türlerin sayısının kaç çıkacağına dair, 10'un katı cinsinden bile hiçbir fikri yoktu (yani 10.000 mi, 100.000 mi yoksa 1.000.000 mu olacak bilmiyordu). Uzmanlık alanı olan bitki türlerinin 10.000 civarında çıkacağını tahmin ediyordu. Tropikal bölgelerin zenginliği konusunda bilgisi yoktu. Günümüzde bilinen ve sınıflanan bitki türü sayısı 310.000'dir ve bu sayının 350.000'e ulaşması bekleniyor. Şu anda bilinen toplam tür sayısı, hayvanlar ve mantarlar ilave

edildiğinde, 1,9 milyonu aşıyor ve 10 milyona ulaşması veya aşması bekleniyor. Canlı çeşitliliğinin "karanlık maddesi" bakterilere gelirsek, şu anda (2013'te) aşağı yukarı yalnızca 10.000 tür biliniyor, fakat sayı artıyor ve küresel listeye daha milyonlarca tür eklenmesi olası. Öyle ki, tıpkı 250 yıl önce Linnaeus'un zamanında olduğu gibi, dünya üzerindeki canlıların çoğu hâlâ bilinmiyor.

Biyolojik çeşitliliğe ilişkin derin cehaletimiz sadece uzmanlar değil, herkes açısından bir sorundur. Hakkında bu kadar az şey bildiğimiz gezegeni nasıl idare edip koruyabileceğiz?

Yakın zamana dek çözüm çok uzak görünüyordu. Çok çalışan bilimci her yıl ancak on sekiz bin civarında yeni tür bulabiliyorlardı. Bu hızla devam edilecek olsa, dünyadaki bütün biyolojik çeşitliliği açıklamak iki yüz yıl veya daha fazla zaman alır; bu süre yaklaşık olarak Linnaeus'un girişiminden günümüze kadar geçen süreye denktir. Bunun nedeni nedir peki? Şu ana kadar sorun teknolojiyle ilgiliydi ve çözülmesi mümkün değil gibi görünüyordu. Tarihsel nedenlerden ötürü, referans numunelerinin ve onlarla alakalı basılı literatürün büyük çoğunluğu, Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'daki birkaç şehirde bulunan nispeten az sayıdaki müzeyle sınırlıydı. Taksonomiyle ilgili temel araştırmaları yapabilmek için çoğu kez bu uzak yerleri ziyaret etmek gerekiyordu. Tek alternatifi, numune ve literatürün postayla gönderilmesiydi ki bu da daima zaman kaybına yol açan riskli bir işti.

Yirmi birinci yüzyıla girdiğimizde, biyologlar sorunu bir şekilde çözebilecek bir teknoloji arayışında-

dılar. 2003'te, o zaman için çok bariz görünen şu çözümü önerdim: İçinde referans numunelerinin dijital, yüksek çözünürlüklü fotoğrafları olan, bütün türler hakkındaki bilgilerin sürekli olarak güncellendiği çevrimiçi Yaşam Ansiklopedisi oluşturulmalıydı. Bu açık bir kaynak olmalı; kırkayak, kabuk böceği ve kozalaklı ağaç gibi her tür grubuna, "koleksiyon yöneticisi" uzman tarafından yeni bilgiler girilmeliydi. Proje 2005'te finanse edildi ve buna paralel Deniz Canlıları Sayımı ile birlikte, hassas sınıflandırmaya dayanan biyoloji dallarının yanı sıra, taksonomiye de ivme kazandırdı. Şu anda, dünyada bilinen türlerin yarısından fazlası bünyesinde toplanmış durumda. Bilgiler, ücretsiz olarak, herkese her an bir tuş mesafesinde (EOL.org).

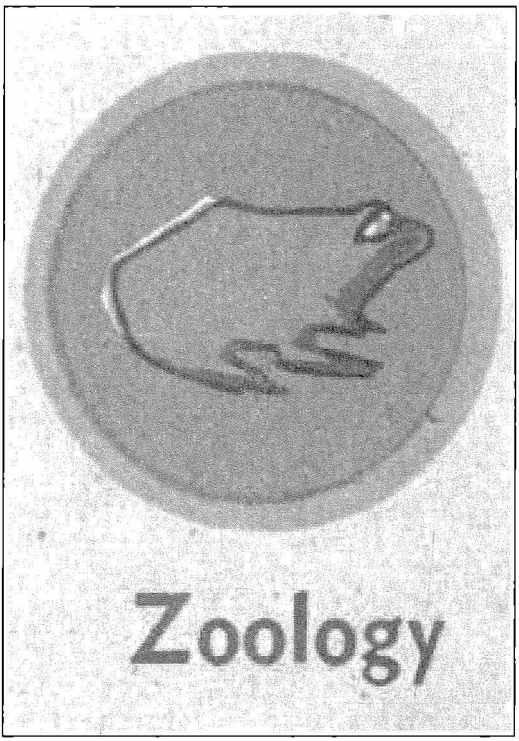
Biyolojik çeşitlilik çalışmalarındaki bunun gibi gelişmeler ne kadar hızlıysa, disiplinlerin hepsindeki değişim ve dönüşümler de o kadar şaşırtıcıdır; herhangi bir bilim dalının gelecekteki teknobilimsel evrimini tahlil etmek on yıl sonrası için bile mümkün değildir. Kuşkusuz keşifler ve giderek artan bilgi birikimindeki hızlı gelişmenin zirveye ulaşıp, sonra belli bir seviyede devam edeceği bir zaman gelecektir. Ancak bu sizin açınızdan çok önem taşıyan bir şey değil. Devrim en azından yirmi birinci yüzyılın çoğunda devam edecektir ki bu esnada insanlık koşullarını şu ankine göre radikal biçimde değiştirecektir. Geleneksel araştırma disiplinleri günümüz standartlarıyla zar zor tanınan formlara dönüşecekler. Süreçte bu disiplinler, yeni araştırma alanları (bilim temelli teknoloji, teknoloji temelli bilim, bilim ve teknoloji temelli sanayi) meydana getirecekler. Eninde sonunda bilimin tümü, eğitimli

bir kişinin ilke ve yasa kılavuzları yardımıyla yol alabileceği bir tanım ve açıklama bütününde birleşecek.

Mektuplarımda bilimi ve bilimsel kariyerleri biçim veya içerik bakımından geleneksel bir biçimde tanıtmayacağım. Yazdıklarımın olabildiğince kişisel olmasını arzuladım; bilimle dolu bir ömür geçirirken yaşayabileceğiniz zorluklara, kazanabileceğiniz ödüllere dair gerçekçi bir bakış açısı edinmenizi sağlamak amacıyla, araştırma ve öğretim hayatımdaki tecrübelerimden yararlandım.

I

İZLENECEK YOL



1940'da "Zooloji"nin liyakat rozeti. *İzci Çocukların Elkitabı*, Amerika'nın izci çocukları, dördüncü basım (1940).

1

ÖNCE TUTKU SONRA EĞİTİM

Bu mektubun başında kendimden bahsetmemin çok yararlı olacağına inanıyorum. Gelin hep birlikte 1943 yazına, İkinci Dünya Savaşı'nın ortalarına gidelim. O sıralar on dördüme yeni basmıştım ve Alabama'da bulunan memleketim küçük Mobile kentine, savaş gemisi ve askeri hava üssü yapım sanayi büyük ölçüde hâkim olmuştu. Birkaç kez, gizli acil durum ulağı olarak bisikletimle Mobile sokaklarında dolaşsam da, şehrimizde ve dünyada meydana gelen büyük olaylara karşı ilgisizdim. Boş zamanlarımda genellikle –okulda veya okul dışında– Amerika'nın İzci Çocukları'nda Kartal mertebesine erişmek için liyakat rozetleri kazanmakla meşguldüm. Bununla birlikte çoğunlukla yakınımızdaki bataklık ve ormanlarda dolaşarak, karınca ve kelebek topluyor, evde ise yılan ve karadul örümceklerinden ibaret canlı hayvan koleksiyonumla ilgileniyordum.

Dünya savaşı tüm hızıyla sürdüğünden, yakınımızdaki Pushmataha İzci Çocuk Kampı'nda çalışan genç erkek danışman sayısı pek azdı. Benim müfredat dışı faaliyetlerimi duymuş olan görevliler, sanırım gençlerden ümidi kestikleri için, benden doğa danışmanı olmamı istediler. Ben de elbette, en çok istediğim

şeyi aşağı yukarı yapma olanağını sunan bu bedava yaz kampı fırsatına çok sevindim. Ancak ne yazık ki Pushmataha'daki diğer çocuklardan yaşça küçüktüm, karınca ve kelebekler dışında da pek hazırlıklı sayılmazdım. Endişe içindeydim. Benden büyük olan diğer izci çocuklar benim söylediklerime gülecekler miydi? Sonra aklıma birden parlak bir fikir geldi: *yılanlar*. Çoğu insan hem yılan görünce korkudan donup kalır hem de içgüdüsel olarak yılanlara bir ilgi duyar. Bu genlerimizde vardır. O sıralar bilmiyordum ama Florida'nın batı kıyı şeridinin merkez güneyi, kırktan fazla türle, Kuzey Amerika'daki en fazla yılan türüne sahipti. Böylece oraya gittiğimde, kafesli sandık yapımında, benden büyük bazı kampçılardan yardım aldım. Ondan sonra, kamptaki bütün katılımcılara, normal programları el verdiği ölçüde, yaz boyu sürecek yılan avında bana katılmaları için direktif verdim.

Daha sonraları, günde ortalama birkaç kez, ormandan "Yılan var! Yılan!" çığlıkları yükseldi. Bunu duyan herkes bir yandan diğerlerine seslenip, bir yandan olay yerine koştururken, baş yılan çobanı olduğum için beni de alıp götürüyorlardı.

Yılan zehirsizse öylece elime alırdım. Zehirliyse başının hemen altından bir değnekle bastırır, kafası hareketsiz kalana kadar değneği öne doğru döndürür, sonra boynundan yakalayıp kaldırırdım. Daha sonra orada çember halinde toplanan izcilere onun türünü açıklar, türler hakkında bildiğim az bir şeyi aktarırdım (çoğunlukla çok az şey biliyordum fakat onlar benden de az biliyorlardı). Sonra kampa dönüp yılanı bir hafta kadar kafeste tutardık. Hayvanat bahçemizde kısa

konuşmalar yapar, o yöredeki böcekler veya diğer hayvanlar hakkında öğrendiğim birkaç yeni bilgiyi de ilave ederdim. (Bitkiler konusunda skorum sıfırdı.) Yaz, benim ve küçük ordum için gayet güzel geçiyordu.

Bu mutlu kariyeri sekteye uğratabilecek tek şey hiç kuşkusuz bir yılandı. O zamandan bu yana öğrendim ki bütün yılan uzmanları, bilimciler ve aynı şekilde amatörler, görünüşe göre en az bir kez zehirli bir yılan tarafından ısırılıyordu. Ben de istisna olmayacaktım. Yazın ortalarına doğru, zehirli fakat öldürücü olmayan birkaç cüce çıngıraklıyılanın bulunduğu bir kafesi temizliyordum. Bir tanesi, ben fark etmeden, elime yakın bir yere kıvrılmıştı; aniden açılarak sol elimin işaret parmağını ısırdı. Kampın yanındaki revirde ilkyardım aldıktan sonra –geç kaldığımız için bir yararı olmadığından– şişmiş sol elimin ve kolumun iyileşmesi için eve gönderildim. Bir hafta sonra Pushmataha'ya geri döndüğümde ise kamp yöneticisi, anne babamın da zaten tembih etmiş oldukları gibi, bir daha zehirli yılan yakalamamam konusunda bana talimat verdi.

Mevsim sonunda hepimiz ayrılmaya hazırlanırken, kamp yöneticisi bir popülerlik anketi yaptı. Çoğunluğu yılan avcılığında bana yardım eden çocuklar olan izciler baş danışmanın ardından beni en sevilen ikinci kişi seçtiler. Artık hayatımın işini bulmuştum. Hedefim o sıralar yeni yetme kafamda henüz net olarak belirmese de, bilimci ve profesör olacaktım.

Lisede derslerle pek aram yoktu. Güney Alabama'da savaş zamanında, aşırı çalışan ve dikkatleri dağılmış öğretmenler nedeniyle nispeten rahat olan okul sistemi sayesinde paçayı sıyırdım. Mobile'deki Murphy

Lisesi'nden aklımda kalan tek anı, bir gün elimle yirmi sineği tek tek yakalayıp öldürmem ve bizden sonra derse girenler bulsun diye sıramın üstüne dizmemdi. Ertesi gün özgüveni epeyce yerinde genç bir hanım olan öğretmenimiz beni tebrik etti, fakat daha sonra gözünü benim üstümden ayırmadı. Söylemekten utanıyorum ama lisedeki ilk yılımdan aklımda kalan tek anı bu.

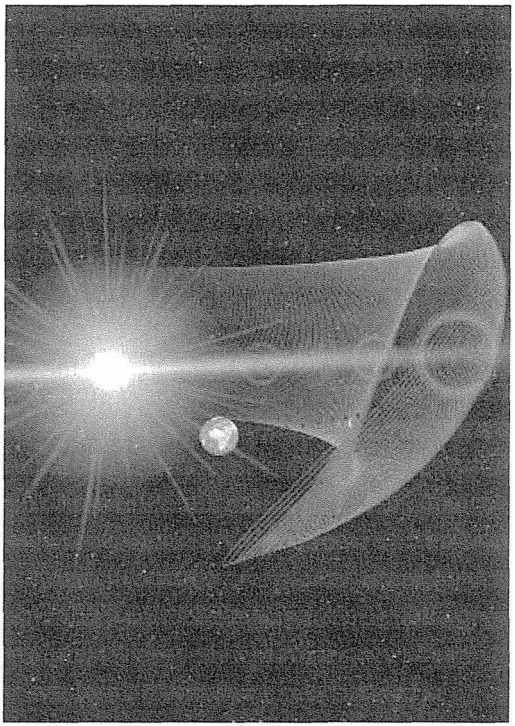
On yedinci yaş günümden hemen sonra Alabama Üniversitesi'ne gittim; ailede, hem anne hem de baba tarafından, üniversiteye ilk giden bendim. Bu arada yılan ve sineklerden karıncalara geçmiştim. Artık böcekbilimci olmaya ve mümkün olduğunca açık havada çalışmaya karar verdiğimden, A almak için sürekli çalışıyordum. Bunun pek zor olmadığını keşfettim (günümüzde her şeyin eskisinden *çok* farklı olduğunu söylüyorlar) fakat başlangıç ve orta seviyedeki kimya ve biyolojiyle ilgili bulabildiğim her şeyi sünger gibi emdim.

1951'de doktorama başla dığım Harvard Üniversitesi de aynı şekilde toleranslıydı. Biyoloji ve böcekbilimi alanında deha kabul edildim ve Alabama'da geçirdiğim mutlu günlerden kalma, genel biyolojideki birçok açığımı telafi etme imkânı buldum. Güneyde geçirdiğim çocukluğumda ve Harvard'da geliştirdiğim ivme beni Harvard'da asistanlık pozisyonuna taşıdı. Ardından bu muhteşem üniversitede altmış yıldan fazla bir süre verimli çalışmayla geçti.

Pushmataha'dan Harvard'a olan yolculuğumun öyküsünü anlatma nedenim (bu her ne kadar doğru koşullar altında zaman zaman bir avantaj olsa da) size de benim gibi tuhaf biri olmanızı tavsiye etmek değil ve

gençliğimdeki formel eğitime olan lakayt yaklaşımımı da onaylıyor değilim. Ben farklı bir çağda yetiştim. Siz bambaşka bir çağda yetiştiniz, fırsatlar daha fazla ama değerlendirmesi daha zor.

Bu itirafları yapma nedenim birçok başarılı bilimcinin kariyerinde gördüğüm önemli bir ilkeyi göstermek. Çok basit: Tutkuyu eğitimin önüne koy. Bilim, teknoloji veya bilimle bağlantılı bir meslekte en çok yapmak istediğiniz şeyi, bir şekilde bulmaya çalışın. Sürdüğü müddetçe o tutkunun peşinden gidin. Zihnin gelişmek için gereksindiği bilgilerle bu tutkuyu besleyin. Başka alanları da deneyin. Genel bir bilim eğitim alın. Başka bir alana sevdalanırsanız, akıllı olup o alana geçin. Ancak nasıl olsa birine sevdalanırım sanıp bir o alana bir bu alana sürüklenmeyin. Belki birine sevdalanırsınız ama işinizi şansa bırakmayın. Yaşamınızdaki diğer büyük seçimlerde olduğu gibi, risk altında olan çok fazla şey var. Kararlı olur ve çok çalışırsanız asla hayal kırıklığına uğramazsınız.



165 yıl boyunca dünya yörüngesinin dışından görülen "Truva" asteroiti 2010 TK7'nin izlediği yol. Western Ontario University'den Paul Wiegert'in çiziminden alınmıştır.

2

MATEMATİK

Diğer konulara geçmeden önce, hem kariyeriniz için hayati önem taşıyan hem de size engel olabilecek bir konuyu ele almak istiyorum: birçok müstakbel bilimcinin korkulu rüyası olan matematik. Bundan söz etmemin nedeni canınızı sıkmak değil, aksine size cesaret vermek ve yardımcı olmak. Bu mektupta sizi rahatlatmayı amaçlıyorum. Eğer zaten donanımlıysanız (yüksek matematik ve analitik geometriyi bir şekilde öğrendiyseniz), bulmaca çözmeyi seviyorsanız ve logaritmanın, büyüklük sırasına göre değişkenleri ifade etmenin zarif bir yolu olduğunu düşünüyorsanız, o zaman çok iyi; sizin yeteneğiniz yüreğime su serpti diyebilirim. Sizin için pek endişelenmem; en azından şimdilik. Ne var ki sağlam bir matematik bilgisinin bilimde başarıyı garantilemediğini (tekrar ediyorum, garantilemediğini) aklınızdan çıkarmayın. Bu uyarıma tekrar döneceğim, o yüzden lütfen dikkatinizi toplayın. Aslına bakarsanız, özellikle matematik severlere söyleyeceğim çok şey var.

Öte yandan matematik eğitiminiz yetersizse, hatta çok yetersizse bile, canınızı sıkmayın. Bilimciler camiasında hiç ama hiç yalnız değilsiniz ve sizi rahatlatmak adına bir meslek sırrı vereyim: Günümüzde dünyada çok başarılı olan bilimcilerin birçoğunun matematik

bilgisi sınırlıdır. Bir metafor bu cümledeki paradoksu açıklığa kavuşturabilir. Seçkin matematikçiler gitgide genişleyen bilim dünyasında çoğu kez teori mimarları olarak hizmet ederken, kalan büyük çoğunluğu oluşturan temel ve uygulamalı bilimlerin mensupları bölgenin haritasını çıkarır, sınırları keşfe çıkar, yolları açar ve buralara ilk binaları dikerler. Matematikçilerin zaman zaman çözümüne katkıda bulunabilecekleri problemleri tanımlarlar. Öncelikle olgular üzerinde imgelerle düşünür, meseleyi matematiksel terimlerle pek az ele alırlar.

Benim cesur biri olduğumu düşünebilirsiniz fakat müstakbel bilimcilerle konuşurken matematik korkularını önemsememek gibi bir alışkanlığım var. Harvard'da biyoloji dersi verdiğim yıllarda, zeki öğrencilerin sırf matematikte başarısız olma korkusuyla bilimsel kariyer olasılığından, hatta bilimde mecburi olmayan derslerden bile vazgeçmelerini üzüntüyle izlemişimdir. Peki, ben neden bunu bu kadar umursuyorum? Çünkü bu matematik fobisi, bilimi şiddetle ihtiyaç duyduğu çok sayıda yetenekten ve birçok bilimsel disiplini de en yaratıcı gençlerin bazılarından mahrum bırakıyor. Bu, durdurmamız gereken bir beyin gücü kanamasıdır.

Şimdi size endişelerinizden nasıl kurtulabileceğinizi anlatayım. Matematiğin de, sözel diller gibi, kendi grameri ve mantık sistemi olan bir dil olduğunu aklınızdan çıkarmayın. Matematiği başlangıç seviyesinde okuyup yazmayı öğrenen, ortalama sayısal zekâsı olan biri, matematik dilini anlamada biraz zorluk çekebilir.

Görsel imgelerle basit matematiksel ifadelerin etkileşimine bir örnek vermek istiyorum. Biyolojide oldukça ileri disiplinler olan nüfus genetiği ve nüfus ekolojisinin biyolojiye desteğini göstereceğim.

Şu ilginç olguyu bir düşünün. 2 ebeveyniniz, 4 büyükanne ve büyükbabanız ve 16 büyük büyükanne ve büyük büyükbabanız var (vardı). Başka bir deyişle herkesin 2 ebeveyni olması gerektiği için, direkt atalarınızın sayısı her kuşakta ikiye katlanır. Bunun matematiksel özeti $N=2^x$'dir. *N* parametresi kişinin geçmişte x kuşak önceki atalarının sayısıdır. 10 kuşak önce kaç tane atanız vardı? Sırayla her kuşağı yazmamız gerekmiyor. $N=2^x = 2^{10}$'u kullanabilir veya $2^{10} = N$ yazabilirsiniz. Yani x = 10 kuşak ise *N* = 1.024 atanız vardır. Şimdi zaman çizgisini tersine, yani ileriye doğru çevirelim ve 10 kuşak sonra kaç torununuzun olabileceğini hesaplayalım. Torunlar işin içine girdiğinde mesele biraz karışır –kaç çocuğumuz olacağını bilemeyiz– fakat temel fikri gösterebilmek için, matematikçilerin genelde yaptıkları gibi, her çiftin iki çocuğu olacağı ve kuşak ömrünün her kuşakta sabit kalacağı farz edilebilir. (Ortalama iki çocuk günümüzde Birleşik Devletler'deki gerçek orandan çok farklı değildir ve sabit bir yerli nüfusu sürdürmek için gerekli olan 2,1'e [yani her 100 çiftte 21 çocuk] yakındır.) Böylece 10 kuşak sonra 1.024 torununuz olur.

Peki, bundan ne anlam çıkarabiliriz? Bir kere, bu insanın genlerinin köken ve kaderinin, insanı alçakgönüllü olmaya iten bir tasviridir. Gerçek şu ki cinsel üreme kişinin özelliklerini belirleyen kombinasyonları birbirinden ayırır ve bir sonraki kuşağı oluşturmak

için, yarısını başka birinin genleriyle birleştirir. Birkaç kuşak sonra, her anne babanın birleşimi bütün nüfusun gen havuzunda çözülür. Amerikan Devrimi'nde savaşmış seçkin bir atanız olduğunu farz edin; bu süre zarfında 250 kadar atanız yaşamıştır, içlerinde muhtemelen bir iki at hırsızı da vardır. (Benim sekiz büyük büyük dedemden biri İçsavaş sırasında Güneylilerin safında savaşmıştı; tam bir hırsız denmese de, düzenbaz at tüccarı diye adı çıkmıştı.)

Matematikçiler üstel büyümeyi, kuşaklar arasındaki sıçrayışları saymaktan tutun, zamanda belli bir anda (seçtikleri saat, dakika veya daha kısa bir aralıkta) büyük bir nüfusa uyan çok daha genel bir duruma kadar ölçerler. Yüksek matematikte nüfus artışı $dN/dt = rN$ şeklinde ifade edilir, bu denklemde zamanın çok kısa bir aralığı olan dt'de, nüfusun dN'ye eşit olan belli bir miktarda arttığı ve oranın da dN/dt değeri olduğu belirtilir. Üstel büyüme durumunda, nüfustaki bireylerin sayısı N, nüfusun yapısına ve içinde yaşadığı şartlara bağlı olan r sabitiyle çarpılır.

İlginizi çeken bir N ve r alabilir ve uygun gördüğünüz müddetçe bu iki parametreyle çalışabilirsiniz. Diferansiyel dN/dt sıfırdan büyükse ve teoride nüfusun (diyelim bakteri, fare veya insan nüfusunun) süresiz olarak aynı oranda artmasına olanak verilirse, birkaç yıl içinde nüfusun ağırlığı, şaşırtıcı bir biçimde, dünyadan, güneş sisteminden ve nihayetinde bilinen bütün evreninkinden daha fazla olacaktır.

Matematiksel bakımdan doğru teoriyle olağanüstü sonuçlar elde etmek mümkündür. Gerçeğe uygun olan ve bizi sarsıp yeni bir düşünce biçimine sevk edebile-

cek olgusal çıkarımlar üreten birçok model vardır. Az evvel tanımlamış olduğum türde bir üstel büyümenin kullanıldığı ünlü bir örnek vereyim. Diyelim bir göl var; gölün üstünde de nilüfer yaprağı. Yaprak birken iki olur, sonra yine her birinin sayısı ikiye katlanır. Otuz günün sonunda göl dolar ve yaprak sayısı artık artmaz. Gölün yarısı ne zaman dolar? Yirmi dokuzuncu gün. Sağduyuya göre çok açık olan bu matematik problemi, aşırı nüfus artışının risklerini vurgulamanın birçok yolundan biridir. İki yüz yıldır dünyadaki insan nüfusu birkaç kuşakta bir ikiye katlanıyor. Birçok nüfusbilimci ve ekonomist, dünya nüfusunun on milyarın üstüne çıkması halinde gezegeni idame ettirmenin çok zor olduğu konusunda hemfikirler. Yakın zamanda yedi milyarı bulduk. Dünya nüfusu ne zaman şu ankinin yarısıydı? Uzmanlar on yıllar önce olduğunu söylüyor. İnsanlık duvara doğru hızla koşuyor.

Yine sözel dillerde olduğu gibi, matematikte de en azından belli bir eğitim almak için ne kadar çok beklerseniz, matematik diline hâkim olmanız da o kadar zorlaşır. Ancak yaşınız ne olursa olsun, bunu başarmak mümkündür. Bu konuda bir otorite olarak konuşuyorum çünkü ben ekstrem bir vakayım. Üniversiteden önce nispeten zayıf güney okullarında okuduğumdan, Alabama Üniversitesi'ndeki ilk yılıma dek cebir görmemiştim. Öğrencilik günlerim bunalım döneminin sonuna denk gelmişti, o sıralar cebir dersi verilmiyordu. Nihayet otuz iki yaşımda kadrolu bir profesörken, yarı yaşımdan biraz büyük öğrencilerle birlikte, rahatsız bir biçimde oturduğum Harvard sıralarında, yüksek matematik öğrenme fırsatını buldum. Birkaç ta-

nesi benim evrim biyolojisi dersime giriyordu. Gururu bir kenara bırakıp yüksek matematiği öğrendim.

İtiraf etmeliyim ki matematik açığımı kapamaya çalışırken hiçbir zaman C'den daha iyi bir not alamadım, ama üstün matematik yeteneğinin, yabancı dilleri akıcı şekilde konuşmaya benzer bir yetenek olduğunu keşfettiğimde biraz rahatladım. Daha çok gayret göstererek ve dili iyi bilenlerle pratik yaparak matematiğimi geliştirebilirdim, fakat alan ve laboratuvar araştırmalarından başımı kaldıramadığımdan, ancak az bir ilerleme kaydedebildim.

Gerçek matematik yeteneği muhtemelen kısmen kalıtıma dayanır. Bunun anlamı, bir grup içindeki yetenekte görülen farklılıkların, sadece grubun içinde yetiştiği çevreye değil, ölçülebilir bir derecede, grup üyelerinin genlerindeki farklılığa da bağlı olduğudur. Kalıtımsal farklılıklar konusunda sizin ve benim elimizden bir şey gelmez, ancak eğitim ve uygulamayla yeteneğimizi artırarak farklılığın bir kısmını büyük ölçüde gidermek mümkündür. Matematik kendi kendini yetiştirmeyle başarılabilir.

Bu kadar çok yorum yaptıktan sonra, biraz daha ilerleyip bu dilin nasıl daha akıcı konuşulabileceğini açıklamam gerektiğini düşünüyorum. Uygulamalar, kelime ve ifadelere çok benzer bir biçimde, ($y = x + 2$ ise, $x = y - 2$'dir gibi) temel işlemlerin çaba göstermeden bellekten çağırılabilmesini sağlar ("çaba göstermeden bellekten çağırılabilmesi" sözünün kullanılmasında olduğu gibi). Sözel ifadelerin neredeyse bilinçsiz olarak cümleleri ve cümlelerin de paragrafları oluşturması gibi, matematiksel işlemler de daima karmaşık dizi

ve yapıları kolaylıkla oluşturabilirler. Kuşkusuz matematik mantığında çok daha fazlası vardır. Örneğin teoremlerin konumlanması ve kanıtlanması, serilerin keşfi, yeni geometri tarzlarının icadı gibi. Ancak böyle saf ileri matematik serüvenleri haricinde, matematikçilerin dilini, bilimsel yayımlarda yer alan matematiksel ifadelerin çoğunu anlamaya yetecek kadar öğrenmek mümkündür.

Olağanüstü matematik yeteneği yalnızca birkaç disiplinde gereklidir. Parçacık fiziği, astrofizik ve bilişim kuramı ilk aklıma gelenler. Bununla beraber, bilimin diğer dallarında ve uygulamalarında çok daha önemli olan, araştırmacının içgüdüsel olarak imgeleri ve görsel imgeler halinde süreçleri kafasında canlandırdığı kavram oluşturabilme becerisidir. Bu zaten herkesin bir dereceye kadar yaptığı bir şeydir.

On sekizinci yüzyılın büyük fizikçisi Isaac Newton olduğunuzu farz edin. Bir nesnenin yere doğru düştüğünü düşünün (efsaneye göre, ağaçtan yere düşen bir elma Newton'ın ilgisini çeker). Bu nesne uçaktan düşen bir koli olsun. Nesne, hızı saatte yaklaşık 200 kilometreye ulaşana kadar hızlanır, sonra da yere çarpana kadar bu hızı korur. Son noktadaki hıza kadar artan fakat onu aşmayan bu ivmelenmeyi nasıl açıklarsınız? Yanıt, Newton'un hareket kanunu artı bir yelkenliyi yüzdürürken de yararlanılan hava basıncının varlığıdır.

Biraz daha Newton olarak kalın. Siz de onun gibi, ışık bombeli camdan geçtikten sonra, daima kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor renklerinde sıralanan gökkuşağı renklerinin çıktığını fark edin. Newton beyaz ışığın renkli ışıkların bir karışımı olduğunu düşündü. Aynı

sırayla renkleri bir prizmadan geçirip beyaz ışık elde ederek savını kanıtladı. Bilimciler daha sonra başka deneyler ve matematik vasıtasıyla renklerin farklı dalga boylarındaki ışımalar olduğunu anladılar. Görebildiğimiz en uzun dalga boyu kırmızı algısını, en kısası da mavi algısını yaratır.

Bunları zaten biliyor olabilirsiniz. Öyle ya da böyle, biz Darwin'e geçelim. 1830'larda Darwin gençken, İngiltere hükümetine ait *Beagle* adlı gemiyle Güney Amerika sahillerinde beş yıl süren bir yolculuk yaptı. Bu uzun dönemde doğal dünyayı araştırdı ve üzerinde derinlemesine düşündü. Örneğin at, kaplan ve gergedan gibi modern türlere benzeyen –ama gene de birçok yönden bunlardan farklı olan– bazı soyu tükenmiş hayvanlara ait birçok fosil buldu. Bunlar İncil'de sözü edilen büyük tufanda Nuh'un kurtaramadığı kurbanlar mıydı acaba? Ancak bunun böyle olmadığını Darwin anlamış olmalıydı çünkü Nuh bütün hayvan türlerini kurtarmıştı. Belli ki Güney Amerika'da bulunan türler onların arasında değildi.

Genç doğabilimci kıtada oradan oraya dolaşırken bir şey daha fark etti: Belli bir yerde bulunan bazı yaşayan kuş ve diğer hayvan türlerinin yerine, çok benzer ama yine de belirgin biçimde farklı türler geçmişti. Darwin neler olup bittiğine kafa yormuş olmalıydı. Günümüzde bunun evrim olduğunu biliyoruz ama bu cevap o sırada genç adam için açık değildi. Kutsal yazıtlarla bu kadar açık biçimde çelişkili olan bir şey memleketi İngiltere'de sapkınlık olarak görülürdü ve Darwin de Cambridge Üniversitesi'nde rahiplik eğitimi almıştı.

Memleketine dönüş yolculuğu sırasında nihayet evrimi kabul ettiğinde, evrimin *sebebi* hakkında düşünmeye başladı. Bu ilahi bir rehberlik miydi acaba? Pek olası değildi. Daha önce Fransız zoolog Jean-Baptiste Lamarck'ın öne sürdüğü gibi, değişimlerin kalıtımsal olmasının nedeni direkt olarak çevre miydi? Diğer bilimciler bu teoriyi çoktan reddetmişlerdi. Kuşaktan kuşağa ortaya çıkan, organizmaların kalıtsal özelliği haline gelmiş, derece derece artan değişim olabilir miydi? Bunu tasavvur etmek zordu ve her koşulda Darwin kısa süre sonra, başka bir süreç olan doğal seçilimi anlayacak; bir tür içindeki –daha uzun yaşayan, daha çok üreyen veya her ikisi birden yapan– varyetelerin aynı tür içindeki diğer daha az başarılı varyetelerin yerini aldığını çözecekti.

Fikir ve bu fikri destekleyen mantık parçalar halinde, Darwin kırsaldaki evinin etrafında dolaşırken, at arabasında giderken ve önemli bir vakada da, bahçesinde oturmuş, karınca yuvasına bakarken geldi. Darwin daha sonra, kısır işçi karıncaların kendi anatomi ve davranışlarını sonraki nesillere nasıl aktardıklarını açıklayamasaydı, evrim teorisinden vazgeçmek zorunda kalabileceğini itiraf etti. Açıklaması şuydu: İşçi özellikleri ana kraliçe vasıtasıyla aktarılıyordu, işçiler kraliçeyle aynı kalıtıma sahipti fakat farklı, engelleyici bir çevrede yetişiyorlardı. Bir gün bu zahmetli çalışma sırasında, bahçede bir karınca yuvasına bakarken onu gören bir hizmetçi, yakınlarda yaşayan ünlü, üretken bir yazara gönderme yaparak, "Bay Darwin'in, Bay Thackeray gibi zaman geçirebileceği bir meşgalesi olmaması çok yazık," demiş.

Herkes zaman zaman öyle ya da böyle bir bilimci gibi hayal kurar. Güçlenen ve disipline edilen düşler bütün yaratıcı düşüncelerin kaynağıdır. Newton hayal kurdu, Darwin hayal kurdu, siz hayal kuruyorsunuz. Ortaya çıkan imgeler ilk başta belli belirsizdir. Formları değişebilir, bir görünüp bir kaybolabilirler. Bloknotlar üzerinde diyagram olarak çizildiklerinde biraz daha netleşir, gerçek örnekler araştırılıp bulundukça da hayat bulurlar.

Bilimin öncüleri ancak nadiren saf matematikten fikir üreterek keşiflerde bulunurlar. Klişe fotoğrafların çoğunda yer alan, kara tahtalara yazılı denklemleri inceleyen bilimciler, yapılmış olan keşifleri açıklayan öğretmenlerdir. Asıl gelişmeler, sahada notlar alırken, ofiste müsvedde kâğıt yığınları arasındayken, koridorda bir arkadaşa bir şey açıklamak için çırpınırken, öğle yemeğini yalnız yerken veya bahçede yürürken meydana gelir. Beklenmedik bir anda keşif yapabilmek için çok yoğun çalışmak gerekir. Ve odaklanmak. Seçkin bir araştırmacı bir zamanlar bana, gerçek bir bilimcinin bir konu hakkında düşünürken, eşiyle başka bir konu hakkında konuşabilen kişi olduğunu söylemişti.

Bilimde fikirler, diğer işler yapılırken, daha rahat ortaya çıkar. Eldeki bütün esaslı, organize bilgilerden doğarlar veya varoluşun o parçasının içindeki gerçek oluşum ve süreçlerden yola çıkılarak düşlenebilirler. Yeni bir şeyle karşılaşıldığında, analizi ilerletmek için gereken tamamlayıcı adımlar genellikle matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin kullanılmasını gerektirir. Eğer bu adım keşfi yapan kişi için teknik açıdan çok zorsa, bir istatistikçi veya matematikçi yardımcı olarak

çalışmalara katılabilir. Birçok çalışmayı matematikçi ve istatistikçilerle hazırlamış bir araştırmacı olarak aşağıdaki ilkeyi güvenle öne sürüyorum. Buna Bir Numaralı İlke diyelim:

> Bilimcilerin ihtiyaç duydukları desteği matematikçi ve istatistikçilerden almaları, matematikçi ve istatistikçilerin kendi denklemlerini değerlendirebilecek bilimcileri bulmalarından çok daha kolaydır.

Örneğin ben 1970'lerin sonlarında, matematik teorisyeni George Oster'la sosyal böceklerde işbölümü ve sınıf ilkelerini incelemek için çalışmaya başladığımızda, ben doğada ve laboratuvarda yapılan keşiflerle ilgili bilgileri ortaya koymuştum. Daha sonra Oster da, önünde serilen bu gerçek dünyaya dair teorem ve hipotezler yaratabilmek için kendi alet çantasından bazı yöntemler çıkardı. Bu bilgiler olmasa, Oster evrendeki işbölümü ve sınıfların bütün olası permütasyonlarını içeren soyut terimler halinde genel bir teori geliştirebilirdi ama bu seçenekler yığınının hangilerinin dünya üzerinde var olduğunu belirlemesinin bir yolu yoktu.

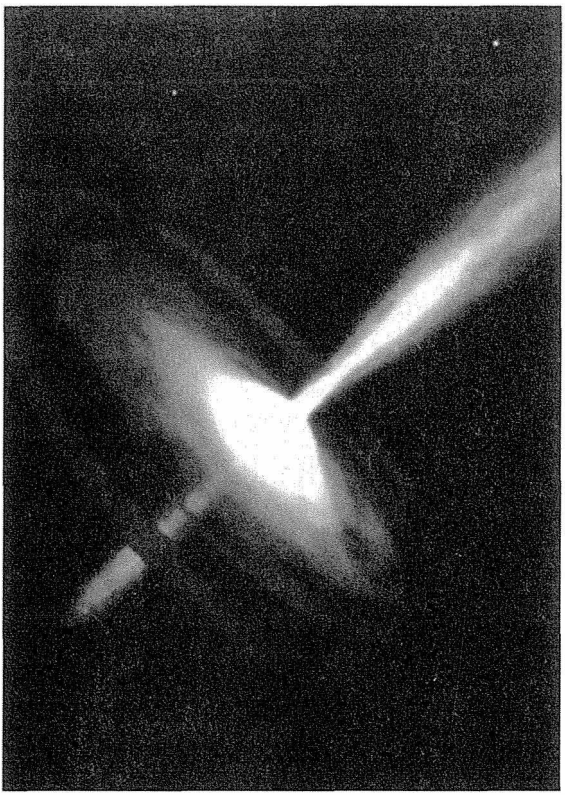
Gözlem ve matematiğin rollerindeki bu dengesizliğe, bir gerçek yaşam fenomenindeki etkenlerin ya genellikle yanlış anlaşıldığı ya da ilk başta hiç fark edilmediği biyolojide özellikle çok rastlanır. Teorik biyolojinin tarihi, rahatlıkla göz ardı edilebilecek veya test edildiğinde başarısız olabilecek matematiksel modellerle tıkanmıştır. Büyük olasılıkla yüzde onundan fazlasının kalıcı bir değeri yoktur. Yalnızca gerçek canlı

sistemlerine dair bilgilerle sağlam bir biçimde bağlantılı olanların kullanılma olasılığı fazladır.

Matematik bilginiz azsa artırmak için plan yapın, fakat bu esnada sahip olduklarınızla kalburüstü işler yapabileceğinizi de bilin. Bu, büyük ölçüde veri toplamaya dayanan taksonomi, çevrebilim, canlılar coğrafyası, jeoloji ve arkeoloji gibi alanlarda önemli ölçüde doğrudur. Aynı zamanda, deney ve nicel analizin birbirini sırayla izlemesini gerektiren alanlarda uzmanlaşma konusunda da iyice düşünün. Bu alanlar içinde, moleküler biyolojideki birkaç uzmanlık yanında, fizik ve kimyanın büyük bir kısmı mevcuttur. Yolunuza devam ederken matematik bilginizin temellerini geliştirmenin yollarını araştırın, fakat matematikte zayıf kalırsanız, mutluluğu uçsuz bucaksız bilimsel uzmanlık alanlarından birinde arayın. Diğer taraftan, veri toplayarak değil de, denemeler yaparak bir sonuca ulaşmak ve matematiksel analiz hoşunuza gidiyorsa, taksonomi ve biraz evvel verdiğim diğer tanımlayıcı disiplinlerden uzak durun.

Örneğin Newton yüksek matematiği, imgelemine bir varlık kazandırabilmek için icat etti. Darwin'in kendi itirafına göre, hemen hemen hiç matematik bilgisi yoktu fakat topladığı çok miktarda bilgiyle bir süreci ortaya çıkarabildi ki bu sürece matematik daha sonra uygulandı. Atmanız gereken önemli bir adım, matematikteki beceri seviyenize uygun olan ve keza çok ilginizi çeken bir konu bulmak ve o konu üzerinde yoğunlaşmaktır. Bunu yaparken İki Numaralı İlke'yi de aklınızda tutun:

Araştırmacı, teknolog veya öğretmen olan bütün bilimciler, matematikte hangi yeterlilik seviyesinde olurlarsa olsunlar, mükemmele ulaşabilecekleri bir disiplin bulabilirler.



Gaz ve yıldızlar kara deliğe düşerken oluşan göreli bir fıskiye; sanatçının görüşü. "Kozmik canavarın uyanışı", Davide Lazzati, *Nature* 476: 405 – 406 (25 Ağustos 2011), D. Berry'nin çiziminden alınmıştır.

3

İZLENECEK YOL

Bu mektubumda amacım meslektaşlarınızla uyum içinde çalışmanıza yardımcı olmak.

Ben lise son sınıftayken, artıküniversitede hangi hayvanlar üzerinde uzmanlaşacağımı seçmem gerektiği sonucuna varmıştım. Minik vücutları güneşte değerli taşlar gibi parıldayan, mızrak kanatlı Dolichopodidae'leri düşündüm. Ancak üzerlerinde çalışmak için doğru araç gereci yani literatürü bulamadım. Böylece karıncalarda karar kıldım. Şans eseri doğru seçim yapmıştım.

Tuscaloosa'daki Alabama Üniversitesi'ne, yanımda çok iyi hazırladığım ve tanımladığım, acemilik dönemi karınca koleksiyonumla varıp, biyoloji fakültesine kaydoldum. Belki benim toyluğumdan etkilendiklerinden, belki henüz olgunlaşmamış bir akademisyeni görünce tanıdıklarından, belki de her iki nedenden dolayı, fakülte beni çok iyi karşıladı ve bana tablalı bir mikroskop verip laboratuvarın bir köşesini tahsis ettiler. Pushmataha Kampı'ndaki doğa danışmanı olarak gösterdiğim başarının üstüne gelen bu destek, benim doğru alanı ve doğru üniversiteyi seçtiğime dair güvenimi pekiştirdi.

Şu var ki asıl şansım ilk başta karıncaları seçmiş olmamdı. Bu küçük altı bacaklı savaşçılar böcekler içinde sayıca en fazla olan gruptur. Bu itibarla dünya-

da kara ortamlarında önemli roller oynarlar. Bilimsel açıdan aynı derecede önemli olan başka bir şey de, karıncaların, termit ve balarılarıyla birlikte, hayvanlar arasındaki en ileri sosyal sistemlere sahip olmalarıdır. Gene de ne ilginçtir ki üniversiteye girdiğim sırada, bütün dünyada yalnızca on kadar bilimci tüm zamanını karıncaları incelemeye ayırmıştı. Furya başlamadan turnayı gözünden vurmuştum. Bundan sonra yaptığım neredeyse bütün araştırma projeleri, ne kadar basit olursa olsun (ki hepsi de basitti), bilim dergilerinde yayımlanabilir keşifler doğurdu.

Öykümde anlatmak istediğim çok şey var. İnanıyorum ki diğer deneyimli bilimciler de benimle şu konuda aynı fikirde olacaktır: Özgün araştırmalar yapmak istediğiniz bir çalışma alanını seçerken, az araştırmacının bulunduğu bir alan aramanız akıllıca olur. Bir alanı, başka bir alanla kıyaslarken ne kadar az araştırmacı olduğuyla değerlendirin. Genel eğitimin gerekliliğini veya kaliteli programlarda, kaliteli araştırmacıların yanında deneyim kazanmanın değerini yadsıyor değilim. Ya da destek almak ve destek vermek amacıyla bilim alanından kendi akranınız olan birçok arkadaş ve meslektaş edinmek de yararlıdır.

Her şeye rağmen, fırsat aramanızı, kendinize uygun bir alan bulmanızı tavsiye ederim. Bir yılda araştırmacı başına düşen keşif sayısında da görüldüğü gibi, en hızlı ilerlemelerin bu alanlarda meydana gelmesi muhtemeldir. Böyle bir alanda, bir lider olabilmek ve zaman geçtikçe kendi yolunuzu belirlemek için gitgide artan bir özgürlüğe sahip olabilme şansınız yüksektir.

Eğer bir alana zaten rağbet fazlaysa, çok çekici görünüyorsa, uygulayıcıları büyük ödenekler alan ödül sahipleriyse, o alandan uzak durun. O anki şamatadan gelen haberlere kulak verin, o alanın nasıl ve neden öne çıktığını öğrenin, fakat uzun dönemli planlarınızı yaparken, bu alanın zaten yetenekli insanlarla dolu olduğunu göz önünde bulundurun. Siz bir acemi, madalyalı kıdemli başçavuş ve generaller arasında bir er olacaksınız. Bunun yerine, ilginizi çeken ve gelecek vaat eden, henüz yerleşik uzmanların apaçık birbirleriyle rekabet etmediği, verildiyse bile ancak birkaç ödül ve akademi üyeliğinin verildiği ve araştırma yıllıkları henüz gereksiz veri ve matematiksel modellerle dolup taşmamış bir alan bulun. İlk girişimlerinizde kendinizi yalnız ve güvensiz hissedebilirsiniz, ancak diğer koşullar değişmezse, adınızdan söz ettirip, keşif heyecanını yaşamak adına çok iyi fırsatlarınız olacaktır.

Birliklerin savaş alanında toplanmasıyla ilgili askerlik kuralını duymuşsunuzdur: "Silah seslerine doğru yürüyün." Bilimde ise sizin için uygun olan tam tersidir. Buna Üç Numaralı İlke diyebiliriz:

> Silah seslerinden uzağa yürüyün. Mücadeleyi uzaktan izleyin ve izlerken, kendi mücadelenizi planlayın.

Sevebileceğiniz bir branşa karar verdikten sonra, dünya çapında bir uzman olmak için üzerinde yeterince çalışırsanız, başarma olasılığınız da o kadar çok artacaktır. Bu hedef, bir lisansüstü öğrencisi için bile göründüğü kadar zor değildir. Bilimin içinde, fizik,

kimya, biyoloji ve sosyalbilimlere yayılmış, kısa sürede bir otorite statüsünü elde etmenin mümkün olduğu binlerce branş vardır. Eğer o branşla ilgilenen hâlâ az sayıda insan varsa, özenle, dikkatle ve çok çalışarak genç yaşta dünyada otorite dahi olabilirsiniz. Toplumun böyle bir uzmanlık seviyesine ihtiyacı vardır ve bu uzmanlığı elde etmeye gönüllü insanları da ödüllendirir.

Şu an mevcut olan ve sizin keşfedeceğiniz bilgiler ilk başta yetersiz olabilir ve diğer bilgi kaynaklarıyla bağlantılarını kurmak da zor olabilir. Eğer durum böyleyse o zaman çok iyi. Neden bilimin bir sınırına giden yol ille de zor olsun ki? Yanıt Dört Numaralı İlke'dir:

> Bilimsel keşifler yapma sürecinde karşılaşılan her problem bir fırsattır. Problem ne kadar zorsa, çözümünün önemli olma olasılığı da o kadar fazladır.

Bu rehber özdeyişin doğruluğu en açık olarak ekstrem durumlarda görülebilir. İnsan genomunun dizilimi, Mars'ta hayat arayışı ve Higgs bosonunun bulunuşu, her biri sırasıyla tıp, biyoloji ve fizik için büyük öneme sahiptir. Her biri binlerce kişinin çalışmasıyla gerçekleşti ve milyarlara mal oldu. Her biri de onca sıkıntı ve masrafa değdi. Ancak çok daha küçük bir ölçekte, daha az ilerlemiş alan ve branşlarda, küçük bir araştırmacı ekibi, hatta tek bir birey gayret göstererek nispeten düşük bir maliyette önemli bir deney tertipleyebilir.

Buradan bilimsel problemlerin bulunup keşiflerin yapılmasında izlenen yöntemlere geçebiliriz. Arala-

rında matematikçilerin de olduğu bilimciler iki yoldan birini izler. İlk olarak araştırmanın başlarında problem tanımlanır, sonra çözüm araştırılır. Problem nispeten küçük (örneğin, "Nil timsahının ortalama ömrü ne kadardır?") veya büyük ("Karanlık maddenin evrendeki rolü nedir?") olabilir. Bir cevap ortaya çıktığında, genellikle diğer fenomenler de keşfedilir ve başka sorular ortaya çıkar. İkinci strateji de bir alanda, daha önceden bilinmeyen veya tasavvur bile edilmemiş fenomenleri araştırırken, kapsamlı bir biçimde çalışmaktır. Özgün bilimsel araştırmalarda geçerli olan bu iki strateji Beş Numaralı İlke'yi oluşturur:

> Belli bir bilimsel disiplindeki her problemin çözümüne uygun bir tür, bir varlık veya fenomen vardır. (Örneğin, bir çeşit yumuşakça olan deniztavşanı *Aplysia*'nın, belleğin hücresel temelini araştırmada uygun olduğu kanıtlanmıştır.) Diğer taraftan, her tür, varlık veya fenomenin, çok uygun çözümleri olan önemli problemleri vardır. (Örneğin, sonarın keşfinde yarasalardan yararlanmak çok mantıklıydı.)

Kuşkusuz iki strateji de birlikte veya sırayla izlenebilir, fakat ilk stratejiyi kullanan bilimciler genel olarak içgüdüleriyle problem çözenlerdir. Tarz ve yeteneklerine göre, özel bir organizma türünü, kimyasal karışımı, temel parçacığı veya fiziksel süreci, özelliklerini ve doğadaki rolleri hakkındaki bilinmeyenleri açığa çıkarmak için seçmeye eğilimlidirler. Böylesi, fizik bilimlerinde ve moleküler biyolojide en etkili araştırma faaliyetidir.

Aşağıdaki örnek ilk stratejinin kurmaca bir senaryosudur, fakat sizi temin ederim ki laboratuvarlarda olan olaylara çok benzer:

> Bir laboratuvarda beyaz önlüklü küçük bir araştırmacı grubu düşünün; diyelim öğleden sonra erken vakitlerde, dijital bir monitördeki verileri izliyorlar. O sabah, deneyi düzenlemeden önce, yakınlardaki bir konferans odasında müzakere yapıyor, tahtaya çıkıp savlarını ileri sürüyorlardı. Kahve arası, öğle yemeği, birkaç espri derken, bir şeyleri denemeye karar verirler. Veriler beklendiği gibiyse, bu çok enteresan bir şey, gerçek bir örnek olur. Takım lideri, "Bu bizim aradığımız şey," der. Öyledir de! Araştırma konusu, memeli vücudundaki yeni bir hormonun rolüdür. İlk olarak takım lideri şöyle der: "Bir şampanya patlatalım. Bu gece doğru dürüst bir restoranda yemek yiyip, önümüzdeki projeler hakkında konuşuruz."

Biyolojide, problem odaklı ilk strateji (her problem için ideal bir organizma) birkaç düzine "model türe" çok yoğunlaşmakla sonuçlanmıştır. Çalışmalarınızda kalıtımın moleküler temeliyle ilgilenirseniz, birçok bilginin insan bağırsaklarında yaşayan *E. Coli* (tam bilimsel ismi *Escherichia coli*) adlı bir bakteriden elde edildiğini görürsünüz. Sinir sistemindeki hücrelerin organizasyonunda, yuvarlak solucan *C. elegans*'dan (*Caenorhabditis elegans*) esinlenilmiştir. Genetik bilimi ve embriyon gelişiminde simgesel cins olan meyve

sinekleri *Drosophila* ile haşır neşir olursunuz. Bu kuşkusuz olması gereken bir şeydir. Onlarca şeyi yüzeysel olarak bilmektense bir şeyi derinlemesine bilmek daha iyidir.

Yine de önümüzdeki yıllarda, bilimde kısa bir tanı ve Latince bir isimden biraz daha fazlasıyla bilinen yaklaşık iki milyon türden en fazla birkaç yüz model tür çıkacağını aklınızda tutun. Bu iki milyon tür model türlerde keşfedilen temel süreçlerden çoğuna sahip olsa da, ayrıca anatomi, fizyoloji ve davranışlarında muazzam ölçüde kendilerine has özellikler de sergilerler. Önce çiçek virüsünü, sonra onun hakkında bildiklerinizin tümünü düşünün. Aynısını amip, akçaağaç, mavi balina, kral kelebeği, kaplan köpekbalığı ve insan için yapın. Mesele şu ki böyle türlerin her biri, eşsiz biyolojileri, ekosistemdeki yerleri ve özellikle binlerden milyonlarca yıla varan evrim tarihleriyle başlı başına bir dünyadır.

Bir biyolog bir tür grubunu (bu, üç yaşayan türü olan filden, on dört bin türü olan karıncalara kadar değişebilir) incelediğinde, genelde geniş bir aralık içindeki biyolojik fenomenlerle ilgili mümkün olan her şeyi öğrenmeyi hedefler. Bu şekilde çalışan, ikinci araştırma stratejisini izleyen ve çoğunluğu oluşturan araştırmacılara doğabilimci denir. İnceledikleri organizmaları severler. Canlıları sahada, doğal koşullar altında incelemekten hoşlanırlar. Onlar size, insanların ilk başta itici buldukları şeylerde dahi (cıvık mantar, gübre böceği, örümcek ve çıngıraklı yılan) sonsuz ayrıntı ve güzellik olduğunu söyleyeceklerdir. Yeni bir şey keşfetmekten mutlu olurlar, ne kadar şaşırtıcıysa o

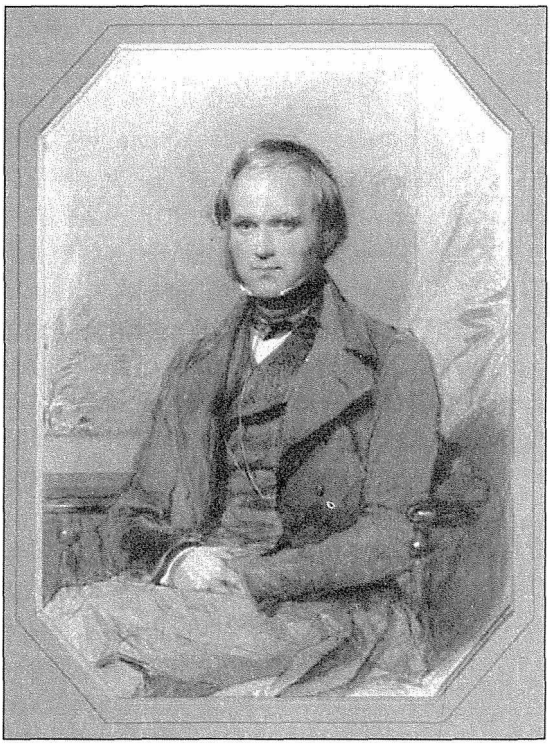
kadar iyidir. Onlar ekolog, taksonomist ve biyocoğrafyacıdır. Benim kişisel olarak defalarca deneyimlediğim türde bir senaryo ise şöyledir:

> Bir yağmur ormanında hantal toplama ekipmanlarıyla araştırma yapan iki biyolog düşünün. Kampta çevrimiçi bir alan rehberi, şehirdeki laboratuvarda da bir DNA analisti vardır. "Tanrım, o da ne?" der bir tanesi, eliyle bir palmiye yaprağının altına yapışmış, küçük, tuhaf şekilli, parlak renkli bir hayvanı işaret ederek. Yanındaki arkadaşı, "Galiba bir ağaç kurbağası," der. "Yok, ben hiç böyle bir şey görmedim. Galiba yeni bir şey. Bu da ne böyle? Gel buraya. Dikkatli ol, kaybetme sakın. Hah, işte aldım. Şimdilik tutmayalım. Hiç belli olmaz, nesli tükenmekte olan bir tür olabilir. Kampa canlı götürelim, Encyclopedia of Life adlı internet sitesine bakarız. Cornell'de böyle amfibiler hakkında çok bilgi sahibi olan bir adam var. Onunla iletişime geçebiliriz. Gerçi önce başka örnek var mı diye etrafı bir kolaçan edelim, toplayabileceğimiz bütün bilgiyi toplayalım." İkili kampa geri döner ve bilgisayarda araştırma yaparlar. Buldukları dudak uçuklatan cinstendir. Görünüşe göre kurbağa yeni bir cinse aittir, bilinen diğer türlerle bir bağlantısı yoktur. Gördüklerine inanamayan ikili keşif haberlerini dünyadaki diğer uzmanlara duyurmak için internete girerler.

Bilim alanında yapacağınız bir kariyerle birlikte izleyebileceğiniz olası yolların haddi hesabı yoktur. Seçiminiz sizi anlatmış olduğum senaryolardan birine götürebilir veya götürmeyebilir. Gerçek sevgide olduğu gibi, sizin için uygun olan alan, ilginizi çeken, tutku uyandıran ve yaşam boyu kendinizi adamaktan doğacak hazzı vaat eden bir şeydir.

II

YARATMA SÜRECİ



Charles Darwin 31 yaşındayken.
George Richmond'ın yaptığı tablodan alınmıştır.

4

BİLİM NEDİR?

Yeri göğü aydınlatıp, insanlığı güçlendiren, *bilim* adlı bu muazzam girişim nedir? İnsanların efsane ve hurafeler yüzünden edindikleri sonsuz çeşitlilikteki inancın aksine, gerçek dünyaya, kendimizin yanı sıra etrafımızdaki her şeye dair organize, test edilebilir bilgi birikimidir. Eğitimli kişilerin gitgide daha çok alışkanlığı haline gelen fiziksel ve zihinsel işlemlerin birleşimi, olgusal bilgi edinmenin şimdiye kadar tasarlanmış en etkili yoluna adanmış bir aydınlanma kültürüdür.

Bilimsel araştırmaların yürütülmesi sırasında sürekli olarak "olgu", "hipotez" ve "teori" kelimelerini duyacaksınız. Bu kelimeler deneyimden ayrıştırılıp, soyut fikirler olarak söz edildiklerinde kolayca yanlış anlaşılıp yanlış uygulanabilirler. Sadece bilimcilerin ve kısa süre sonra sizin de yapacağınız araştırmaların vaka geçmişlerinde, anlamları tam olarak açıklığa kavuşabilir.

Demek istediğimi, bana ait bir örnekle açıklayayım. Ben basit bir gözlemle başlamıştım: Karıncalar ölülerini yuvalarından çıkarırlar. Bazı türler cesetlerini gelişigüzel dışarı atarlarken, bazıları da "mezarlık" denebilecek süprüntü yığınları üstüne yerleştirirler.

Bu davranış biçiminde gördüğüm problem basit fakat enteresandı: Bir karınca başka bir karıncanın ölü olduğunu nereden biliyordu? Bence bakarak anlamadıkları çok açıktı. Karıncalar yeraltındaki yuva bölmelerinde hüküm süren zifiri karanlıkta bile bir ölüyü tanıyabilirler. Dahası ceset tazeyse ve ışıklı bir bölgedeyse, hatta bacakları havada, sırtüstü yatıyor olsa bile diğerleri ona aldırmaz. Ancak bir iki günlük bir bozulumdan sonra, bir beden başka bir karınca için ceset haline gelir. Karıncaların ölümü belirlemek için bozulum kokusunu kullandıklarını tahmin ettim (bir hipotez kurdum). Daha sonra tepkilerinin, cesetten yayılan sadece bazı maddelerce tetiklenmesinin olası olduğunu düşündüm (ikinci hipotez). İkinci hipotezimin ilham kaynağı evrimin yerleşik bir ilkesiydi: Dünyadaki hayvanların büyük çoğunluğunu oluşturan küçük beyinli hayvanlar, kendilerine yaşamda rehberlik etmeleri için, halihazırda mevcut en basit ipuçlarını kullanma eğilimindedirler. Ölü bir beden, seçebileceğimiz onlarca veya yüzlerce kimyasal ipucu sunar. İnsanlar bu bileşenleri seçip ayırabilirler. Ancak beyinleri bizimkinin milyonda biri kadar olan karıncalar bunu yapamazlar.

Peki, bu hipotezler doğruysa, bu maddelerin hangileri tepkiyi tetikler; hepsi mi, birkaçı mı, hiçbiri mi? Çeşitli bozulum maddelerinin saf sentetik örneklerini kimyasal madde satıcılarından tedarik ettim; bunların arasında, dışkı özü skatol, bozulmakta olan balığın baskın kokusu trimetilamin, çeşitli yağ asitleri ve bu asitlerin ölü böceklerde bulunan ester türlerinden vardı. Bir süre için laboratuvarım ceset eviyle lağımın birleşimi gibi koktu. Bunlardan, kâğıttan yapılma kukla

karıncaların üstüne yok denecek kadar az miktarlarda serpip, karınca kolonilerine yerleştirdim. Birçok kokulu deneme yanılmadan sonra, oleik asit ile oleik asidin oleatlarından birinin tepkiyi tetiklediğini buldum. Diğer maddeler ya dikkat çekmiyordu ya da alarma yol açıyorlardı.

Deneyi başka bir şekilde tekrarlamak için (itiraf etmeliyim ki biraz eğlenelim diye) canlı işçi arıların üstüne çok az miktarda oleik asit serptim. Bunlar artık yaşayan ölü mü olacaktı? Hakikaten zombi oldular, en azından kelimenin geniş anlamında. Tekmeler savururken yuva arkadaşları tarafından alınıp mezarlığa atıldılar. Bir süre sonra kendilerini temizlediklerinde, koloniye tekrar katılmalarına izin verildi.

Sonra ortaya başka bir fikir attım: Kurtsineği ve bokböceği gibi çöple beslenen bütün böcekler, ölü hayvanlara veya gübreye giden yolu kokuyu takip ederek buluyorlar. Bunu da çok az sayıdaki bozunum kimyasallarından yararlanarak yapıyorlar. Büyük ölçüde uygulanan bu türden bir genelleme, en azından oradan buradan derlenen birkaç olgu ve gerisinde biraz mantık yürütmeyle birlikte, bir teoridir. Bunun rahatlıkla olgu denebilecek bir şeye dönüşmesi için başka birçok deneyin diğer türlere yapılması gerekir.

Öyleyse en geniş anlamıyla bilimsel yöntem nedir? Yöntem bir fenomenin keşfiyle başlar: karıncaların gizemli bir davranış biçimi, bilinmeyen bir organik bileşim sınıfı, yeni keşfedilmiş bir bitki çeşidi veya okyanus derinlerinde gizemli bir su akıntısı gibi. Bilimci sorar: Bu fenomenin tam doğası nedir? Nedenleri, kökeni ve sonucu nedir? Bu soruların her biri bilim ortamı içinde

bir problem doğurur. Peki, bilimciler çözüm bulmak için ne yaparlar? Her daim ipuçları vardır ve çözümlere ilişkin görüşler bu ipuçlarından yararlanarak hızla oluşturulur. Bu görüşler veya genelde olduğu gibi sadece mantıksal tahminler hipotezlerdir. Başlangıçta mümkün olduğunca çok sayıda farklı çözüm bulmak, daha sonrasında her seferinde bir tanesini veya kümeler halinde olmak üzere bütünü test ederek, biri hariç diğerlerini elemek akıllıca olur. Buna çoklu rakip hipotezler yöntemi denir. Eğer bu analize benzer bir şey izlenmezse –işin doğrusu genelde izlenmez– bilimciler, özellikle de kendileri bulmuşlarsa, o veya bu alternatife bağlanma eğiliminde olurlar. Bilimciler de insandır.

Ancak nadiren ilk inceleme tüm olası rakip hipotezlerin açık bir şekilde betimlenmesiyle sonuçlanır. Bu özellikle birden fazla faktörün standart olduğu biyolojide görülür. Bazı faktörler keşfedilmeden kalır ve keşfedilmiş olanlar da, genellikle birbirleriyle ve çevredeki kuvvetlerle, tespit ve ölçümün zor olduğu şekillerde örtüşür ve etkileşir. Tıptaki klasik bir örnek kanserdir. Ekolojideki klasik örnek de eko sistemlerin dengelenmesidir.

Böylece bilimciler sezerek, tahminler yürüterek, denemeler yaparak ve daha fazla bilgi toplayarak ellerinden geldiğince ilerler. Ta ki sağlam açıklamalar bir araya getirilene ve bazen çabucak bazen de yalnızca uzun bir dönemden sonra, bir fikir birliği oluşana dek uğraşırlar.

Bir fenomen, ancak ve ancak açıkça tanımlanmış koşullar altında sabit özellikler sergilediğinde, bilimsel bir açıklamanın bilimsel bir olgu olduğu beyan edilebilir. Hidrojenin başka maddelere bölünemeyen

bir element olduğunun kabul edilmesi bir olgudur. Beslenmede cıva fazlalığının birkaç hastalığa yol açabileceği, yeterli klinik çalışmalar yürütüldükten sonra bir olgu olarak beyan edilebilir. Beden hücrelerindeki bilinen bir, iki kimyasal reaksiyon nedeniyle, cıvanın benzer rahatsızlıkların tümüne yol açtığına inanmak mümkün olabilir. Bu kanı, cıvanın benzer şekilde etkilediğine inanılan hastalıklar üzerindeki başka çalışmalarla teyit edilebilir veya edilmeyebilir. Bununla birlikte, araştırma henüz tamamlanmamışken kanı bir teoridir. Eğer teorinin yanlış olduğu ispatlanırsa, bu ille de büsbütün kötü bir teori demek değildir. En azından bilgi birikimine katkıda bulunabilecek yeni araştırmaları teşvik edecektir. İşte bu nedenle, başarısız olsalar bile birçok teorinin "bulgusal" olduğu söylenir; keşfin tanıtımı için yararlıdırlar. Bu arada, *evreka* (buldum) sözünü, efsaneye göre, Yunanlı bilimci Arşimet'in hamamda yıkanırken, bir nesnenin yoğunluğunu şeklinden bağımsız olarak nasıl ölçebileceğini imgelerken söylemiştir. Nesneyi suya koyduktan sonra, su seviyesinin ne kadar yükseldiğini ölçerek nesnenin hacmini ve suda ne kadar hızlı battığını ölçerek de ağırlığını hesaplayabilirsiniz. Yoğunluk ağırlığın hacme bölünmesiyle elde edilir. Daha sonra Arşimet'in hamamdan çıkıp –umut ederiz ki bornozuyla– bir yandan sokaklarda koşarken, bir yandan "Evreka!" diye bağırdığı söylenir. Arşimet özellikle bir tacın saf altından yapılıp yapılmadığını nasıl belirleyeceğini bulmuştur. Saf maddenin yoğunluğu, iki soy metalden daha değersizi olan gümüşle karıştırılmış altından daha azdır. Ancak en önemlisi, Arşimet bü-

tün katıların yoğunluğunu şekil veya bileşimlerinden bağımsız olarak nasıl ölçeceğini bulmuştu.

Şimdi bilimsel yöntemin çok daha büyük bir örneğini ele alalım. Charles Darwin'in 1859'daki *Türlerin Kökeni* kitabının yayımlanmasından bu yana, canlıların evriminin bir olgu değil yalnızca teori olduğu yaygın olarak söylenmiştir. Gelgelelim Darwin'in zamanında mevcut olan kanıtlara dayanarak, evrimin bir olgu olduğu, ara sıra en azından bazı organizma türlerinde meydana geldiğinin söylenmesi mümkündü. Günümüzde biyolojinin bütün disiplinlerinden gelen evrime dair kanıtlar, bazı bitki, mantar, hayvan ve organizmalarda ve bunların kalıtsal özelliklerinin çok büyük bir kısmında, öylesine ikna edici bir biçimde belgelenmiştir ki, hepsinin de tanımları birbirlerine bağlanmış ve henüz bir istisna keşfedilmemiştir ve dolayısıyla evrim rahatlıkla bir olgu olarak tanımlanabilir. Darwin'in zamanında, insanın erken primat atalarından geldiği görüşü bir hipotezdi. Muazzam sayıdaki fosil ve genetik kanıtlar sayesinde artık buna da bir olgu denebilir. Hâlâ bir teori olan şey ise, evrimin, çoğalan topluluklarda bazı kalıtsal özellik birleşimlerinin, diğerlerine kıyasla varlığını sürdürmesi ve başarıyla üremesi olan doğal seçilimle, istisnasız olarak her yerde her durumda meydana gelmesidir. Bu sav o kadar çok kez ve o kadar çeşitli şekillerde test edildi ki sağlam bir olgu olarak tanınmaya çok yakındır. Bunun çıkarımı biyolojinin bütün dallarında son derece önemli olmuştur ve hâlâ da önemini korumaktadır.

Sınırları belli ve son derece tutarlı bir süreç gözlendiğinde ki bu, manyetik alanda akan iyonlar, havasız

uzayda hareket eden bir nesne veya sıcaklıkla birlikte değişen gaz hacmi olabilir, bu hareketlerin tam olarak ölçülmesi ve matematiksel açıdan bir yasa olarak tanımlanmaları mümkündür. Yasalar fizik ve kimyada daha rahat araştırılabilir, bu alanlarda matematiksel akıl yürütmeyle çok kolay genişletilip derinleştirilebilirler. Peki, biyolojide de yasalar var mıdır?

Geçtiğimiz yıllarda, biyolojide iki yasanın hâkim olduğunu öne sürecek kadar cüretkârdım. İlk yasaya göre, bütün varlıklar ve yaşam süreçleri fizik ve kimya yasalarına uyar. Her ne kadar biyologlar en azından o tarzda bir bağlantıdan nadiren söz etseler de, molekül ve hücre seviyesinde çalışan bilimciler bunun doğru olduğunu farz ederler. Tanıdığım hiçbir bilimci, eskiden *élan vital* (yaşam gücü) denen, canlı organizmalara özgü bir fiziksel kuvvet veya enerji olduğuna inanılan şeyi araştırmaya değer bulmuyor.

İlk yasadan daha deneysel olan biyolojinin ikinci yasasına göre, bütün evrimlerin kaynağında, yüksek mutasyon oranları nedeniyle oluşan ufak tefek rasgele bozulmalar ve yarışan genlerin sayısındaki rasgele iniş çıkışlar haricinde, doğal seçilim vardır.

Bilimin temel kuvvetinin kaynakları, sadece fizik, kimya ve biyoloji *içinde* kurulan çeşitli bağlantılar değil, aynı zamanda bu ana disiplinler *arasındaki* bağlantılardır. Çok büyük bir soru bilim ve felsefede hâlâ cevaplanmamıştır: Bu bilgi birlikteliği –birbirinden çok ayrı bilgi kaynakları arasında kurulan bağlantılar– sosyal ve beşeri bilimlere, hatta sanata kadar genişletilebilir mi? Bence yapılabilir ve dahası inanıyorum ki böyle bağlantılar kurma girişimi yirmi

birinci yüzyılda entelektüel yaşamın kilit öğelerinden biri olacaktır.

Benim de içinde bulunduğum bu grup neden daha farklı düşünüyor? Çünkü bilim modern uygarlığın kaynağıdır. Din veya transandantal meditasyonla aynı kefeye konulabilecek, sadece "başka bir bilme şekli" değildir. Yaratıcı sanatlar dahil olmak üzere, beşeri bilimlerin özelliklerinden hiçbir şey alıp götürmez. Bilakis içeriklerine katkıda bulunabilecek yollar önerir. Bilimsel yöntem, insanın kökenini ve insanlığın anlamını daima dini inançlardan daha iyi açıklamıştır. Örgütlü dinlere ait yaradılış öyküleri de bilim gibi, dünyanın kökenine, gök kürenin içeriğine hatta zaman ve uzayın doğasına açıklama getirmeye çalışırlar. Çoğunlukla kadim peygamberlerin rüya ve tezahürlerine dayanan bu mitsel anlatılar dinlerdeki inançlara göre değişir. Ne kadar renkli ve inananlar için ne kadar rahatlatıcı olsalar da, her biri diğeriyle çelişir. Şimdiye kadar gerçek dünyada test edildiklerinde de hep yanlış oldukları kanıtlanmıştır.

Yaradılış öykülerinin başarısız olması evren ve insan zihninin gizemlerinin sadece sezgiyle çözülemeyeceğinin başka bir ispatıdır. Yalnızca bilimsel yöntem, insanlığı insan öncesi atalarımızdan miras kalan kısıtlı duyusal dünyadan kurtarmıştır. Bir zamanlar insanlar ışık sayesinde her şeyi gördüklerine inanıyorlardı. Şimdi biliyoruz ki beynin görsel korteksini etkinleştiren görsel spektrum, bir uçtaki çok yüksek frekanslı gama ışınlarından, diğer uçtaki çok düşük frekanslı radyasyona kadar frekansların çok büyük çeşitlilik gösterdiği elektromanyetik spektrumun yalnızca küçük bir parçasıdır. Elektromanyetik spektrumun incelenmesi

ışığın gerçek doğasının anlaşılmasını sağlamıştır. Bunun bütününe dair bilgiler bilim ve teknolojide sayısız ilerlemeyi mümkün kılmıştır.

Bir zamanlar insanlar Dünya'nın evrenin merkezi olduğunu, tepsi gibi dümdüz olduğunu ve Güneş onun etrafında dönerken hareket etmediğini düşünürlerdi. Günümüzde Güneş'in Samanyolu'ndaki iki yüz milyon yıldızdan biri olduğunu biliyoruz. Bunların çoğu gezegenleri çekim yörüngesinde tutar ve bu gezegenlerin birçoğu neredeyse kesinlikle Dünya'ya benzer. Dünya'ya benzer bu gezegenlerde de yaşam var mıdır? Muhtemelen, benim düşünceme göre, gelişmiş optik ve spektroskopik analizlerin kullanıldığı bilimsel yöntemler sayesinde, kısa süre içinde öğreneceğiz.

Bir zamanlar insan türünün, şu andaki formunda, tam gelişmiş halde, doğaüstü bir vaka olarak meydana çıktığına inanılıyordu. Şimdi biliyoruz ki altı milyon yılı geçkin bir süre önce türümüz, modern şempanzelerin de atası olan Afrika insansı maymunlarının soyundan gelmiştir.

Bir zamanlar Freud'un belirttiği gibi, Kopernik Dünya'nın evrenin merkezinde yer almadığını, Darwin insanın yaşamın merkezinde olmadığını ve Freud kendi zihinlerimizi bile kontrol edemediğimizi göstermiştir. Kuşkusuz büyük psikanalist diğerleriyle kıyaslandığında Darwin'le birlikte övgüyü paylaşmalıdır, fakat bilinçli zihnin düşünme sürecinin yalnızca bir parçasını oluşturduğu doğrudur.

Geniş kapsamlı olarak bilim vasıtasıyla, din ve felsefenin büyük ve basit iki sorusunu daha tutarlı ve ikna edici bir biçimde yanıtlamaya başladık: Nereden

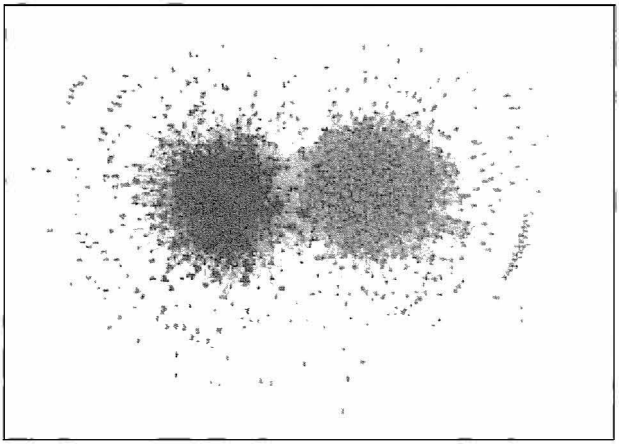
geliyoruz? Ve biz neyiz? Kuşkusuz örgütlü dinler bu soruları uzun zaman önce, doğaüstü yaradılış öyküleriyle yanıtlamış olduklarını iddia ediyorlar. Bu takdirde, böyle bir öyküyü kabul eden dindar bir kişi iyi bilim yapabilir mi, diye sorabilirsiniz. Elbette yapabilir. Ancak dünya görüşünü, biri laik, diğeri doğaüstü olmak üzere ikiye ayırmak ve çalışırken laik alanda kalmak zorunda kalacaktır. Bilimsel araştırmaların teolojiyle doğrudan bağlantıları olmadığını görmesi zor olmayacaktır. Bu önermede ne alaycılık ne de bilimsel zihne perde çekilmesinin ima edilmesi söz konusu.

Bütün örgütlü dinlerin iddia ettiği gibi, gerçek dünyayı etkileyen doğaüstü varlık veya kuvvetlere dair kanıt bulunmuş olsaydı, bu her şeyi değiştirirdi. Bilim doğası gereği böyle bir olasılığa karşı değildir. Aslına bakarsanız, eğer böyle bir şey mümkünse, araştırmacıların böyle bir keşif yapmak için her türlü nedeni vardır. Bunu başaran bilimci yeniçağın Newton, Darwin ve Einstein'ı gibi selamlanacaktır. Aslında, bilim tarihi boyunca doğaüstüne dair kanıt sunduğu iddiasında bulunan sayısız çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte hepsi de negatif bir savı kanıtlama çabalarına dayalıdır. Genellikle şöyle bir ifade yer alır: "Şu şu fenomene bir açıklama getiremedik, öyleyse Tanrı tarafından yaratılmış olmalıdır." Günümüzde dolaşan versiyonlar, bilimin evrenin kökenine ve evrensel fiziksel sabitlerin düzenlemesine dair ikna edici bir açıklama getiremediği için, ilahi bir Yaratıcı olması gerektiği savını içeriyor. Öne sürülen ikinci bir savda da, hücredeki bazı moleküler yapı ve tepkiler doğal seçilimce bir araya getirilemeyecek kadar (en azından o savın yazarına)

karmaşık göründüğü için daha yüksek bir zekâ tarafından tasarlanmış olması gerektiği iddia ediliyor. Üçüncü bir sav da şöyledir: İnsan aklı, özellikle de önemli bir parçası olan özgür irade, zaruri neden sonuç yeteneğinin ötesinde göründüğü için, Tanrı tarafından yaratılmış olmalıdır.

İnanca dayalı bilimi destekleyen negatif hipotezlere güvenmenin zorluğu, eğer yanlışlarsa kolayca çürütülebilir olmalarıdır. Gerçek, fiziksel bir meselenin tek bir test edilebilir kanıtı doğaüstü bir meseleye dair savı ortadan kaldırır. Aslında tam olarak bu durum, fenomenleri birbiri ardına açığa çıkardığı için, bilim tarihinin büyük bir parçası olmuştur. Dünya Güneş'in etrafında döner, Güneş yüz milyarlarca galaksinin içinde yer alan bir galaksideki iki yüz milyondan fazla yıldızdan biridir, insanlar Afrika insansı maymununun soyundan gelmiştir, genler rasgele mutasyonla değişir, zihin fiziksel bir organdaki fiziksel bir süreçtir. İlahi el, azar azar neredeyse bütün uzay ve zamandan çekilerek, natüralist gerçek dünya anlayışına yerini bırakmıştır. Doğaüstüne dair başka kanıt bulma fırsatları da hızla azalıyor.

Bir bilimci olarak, büyük bilinmeyende yer alan olası bir fenomene karşı açık görüşlü olun. Ancak asla unutmayın ki işiniz gerçek dünyayı araştırmaktır; araştırmalarınızda önyargılara veya zihinsel idollere yer yoktur ve test edilebilir hakikat tek geçer akçedir.



Çağdaş insan ilişkilerindeki (çizgiler) bağların potansiyel topluluğu, 2004 ABD başkanlık seçimlerindeki politik bloglarla (noktalar) örnekleniyor. Aynı şey bilimsel disiplinler için de geçerlidir. Lada A. Adamic ve Natalie Glance'in, "Politik blog dünyası ve 2004 seçimi: bölünmüş blog" adlı yazısından alınmıştır, *Proceedings of the 3rd International Workshop on Link Discovery (Link KDD305)* 1: 36–43 (2005).

5

YARATMA SÜRECİ

Bilimcilerin görsel imgelemi nasıl ele aldıklarını anladığınızda, nasıl yaratıcı düşündüklerini de anlayabilirsiniz. Teknik eğitiminizi alırken uygulama da yapmanız sizi bilimsel girişimin özüne yaklaştıracaktır. Daha önce başarmanızın kesinlikle mümkün olduğunu söylediğimde, hayal kurabildiğinizi de farz etmiştim. Ancak kafa karışıklığı ve başarısızlıklara da hazır olun. Genellikle ilk aşamalarda emekleriniz boşa gidebilir ve hayal kırıklığına uğrayabilirsiniz. İşe yarar bir fikir ortaya çıktığında, araştırma daha rutin ve aynı zamanda üzerinde düşünülmesi ve başkalarına açıklaması çok daha kolay hale gelir. Bu benim her zaman en sevdiğim kısımdır.

Bilimsel başarıların bir kısmının –belki de hepsinin– kökleri imgelemde olduğu için, hemen şu anda birazcık hayal kurmanızı öneriyorum. Bundan on, yirmi, elli yıl sonra nerede olmak, ne yapıyor olmak istersiniz? Daha sonra, ileri yaşlarınızda geri dönüp başarılı bir kariyere baktığınızı hayal edin. Bilimin hangi alanında ne türden büyük bir keşfin tadını çıkarıyor olacaksınız?

Hedefler içeren senaryolar yaratmanızı, daha sonra takip etmek istediklerinizi seçmenizi öneririm. Bilim-

le ilgili hayallerden keyif almayı bir alışkanlık haline getirin. Sadece ara sıra yaptığınız bir şey olmasın. Bol bol hayal kurun. Kendinizle sessizce konuşmanız rahatlatıcı bir hobi olsun. Anlama ihtiyacı duyduğunuz önemli konular hakkında kendi kendinize ders anlatın. Benzer zihin yapısına sahip başka insanlarla konuşun. Hayalleri sayesinde onları tanıyabilirsiniz.

Hayallerden bahsetmişken, bir keresinde ünlü gerilim ve bilimkurgu yazarı Michael Crichton'la yemeğe çıkmıştım. İkimiz karşılıklı mesleklerimizden konuştuk. Crichton'ın aynı adlı romanına dayanan *Yükselen Güneş* (*Rising Sun*) filmi yeni gösterime girmişti ve o sıralarda politik mesajı yoğun bir biçimde eleştiriliyordu. Senaryo, bir Japon ileri teknoloji şirketinin, Amerikan sanayisindeki hâkimiyetini casusluk ve örtbas etme faaliyetleriyle artırma gayreti hakkındaydı. Filmin gösterime girdiği sırada (1993) Japon ekonomisi büyüyor ve Japon şirketleri Rockefeller Merkezi'nden, Hawaii'de mülklere kadar Amerika'yı parça parça satın alıyordu. Hikâyede okunabilecek tema, kuvvet yoluyla bir imparatorluk kuramayan Japonya'nın, ekonomik üstünlük vasıtasıyla bir imparatorluk kurmaya çalışıyor olmasıydı.

Crichton, 1975'te yayımlanmış *Sosyobiyoloji: Yeni Sentez* (*Sociobiology: The New Synthesis*) adlı kitabımın tartışma ve çekişmelere yol açtığından haberdardı. Kitap sosyalbilimciler ile radikal solcu yazarların yoğun protestosuna maruz kalmıştı. Bu kişiler, insanların içgüdüye sahip olduğu ve dolayısıyla gene dayalı bir insan doğasının var olduğuna dair savıma kızmışlardı. Zaman zaman protestolar, derslerimi bölme ve sokak gösterileri düzenleme noktasına kadar geldi. Harvard

Meydanı'nda yapılan bir gösteride Harvard'dan kovulmam talep edildi.

Crichton "Bu kadar baskıya nasıl dayandın?" diye sordu. Bu durumun zaman zaman beni ve ailemi huzursuz ettiğini ama entelektüel açıdan zor olmadığını söyledim. Kuşkusuz bu bilimin politik ideolojiyle çekişmesiydi ve tarih göstermiştir ki araştırmalar sağlamsa bilim daima eninde sonunda üstün gelir. Bu defa da, o sıralarda zaten köklü bir disiplin olan sosyobiyoloji üstün gelmişti. Her şeye karşın, bir kurgu eser olan *Yükselen Güneş* hakkındaki ihtilafın kötü bir şey olmadığını söyledim. Önemli bir mesele hakkındaki farklı bakış açılarını netleştirmeye yardımcı oluyordu. Dert etmektense oluruna bırakmak daha iyiydi.

Bu vesileyle Crichton'la, kitabının ve kitabıyla aynı yıl gösterime giren *Jurassic Park* filminin esin verdiği bir düşünce deneyini paylaştım. *Jurassic Park* filminde bir milyarder, kurmak istediği bir park için dinozorlar yaratmaları gayesiyle, bir taşılbilimci ile başka uzmanları görevlendirir. Bilimkurgu olması nedeniyle proje başarılı olur kuşkusuz. Tasarlanan yöntem dahiyanedir. İlk önce dinozorlar zamanından kalma, fosilleşmiş ağaç reçinesi olan kehribar parçaları bulunur. Bazı parçacıklar iyi korunmuş sivrisinek kalıntıları içerir. Bu prensipte tamamdır: Ben kendim de Dinozor Çağı'nın sonuna yakın bir dönem olan Tebeşir Dönemi'nden kalma kehribar parçaları içinde bulunan yüzlerce karınca fosili inceledim. Senaryodaki bir sonraki adımda, dinozorlardan emdikleri kan kalıntılarını hâlâ koruyan sivrisinekler bulunur. İçerdikleri dinozor DNA'sı çıkarılır ve dinozor yetiştirmek amacıyla tavuk

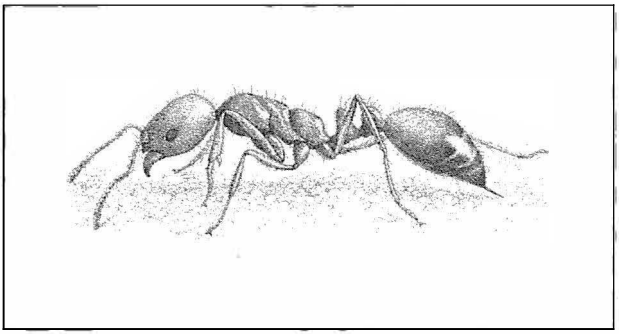
yumurtalarına yerleştirilir. Bu iyi bilimkurgudur. Neredeyse (bir bilimci olarak neredeyse dediğime dikkat edin!) kesinlikle imkânsız olmasına rağmen, her adım olasılığın en uç noktasına kadar dayanır.

Crichton'a tasarlamış olduğum, gerçekten mümkün olan benzer bir deneyi anlattım. Harvard koleksiyonunda, Dominik Cumhuriyeti'nde çıkarılmış, aşağı yukarı yirmi beş milyon yıllık (yüz milyon yıllık dinozorlar kadar eski değil ama yine de *eski*) kehribar içinde korunmuş çok miktarda karınca var. Bu fosil koleksiyonunu baştan aşağı analiz edip, bilimde yeni birkaç türü tanımlamıştım. Bunların arasında sayıca en çok olan *Azteca alpha* adını verdiğim türdü. Görünüşe göre *Azteca alpha*'nın direkt soyundan gelen veya yakın akrabası olan *Azteca muelleri* hâlâ Orta Amerika'da yaşıyor. Bu karıncalar, koloni istilacılara karşı tehdit altında olduğunda arkadaşlarını uyarmak için, havaya ekşi kokulu terpenoitlerden ibaret olan büyük miktarda feromon salıyorlar.

Crichton'a, *Azteca alpha* kalıntılarındaki feromon artıklarını çıkarıp bir *Azteca muelleri* yuvasına enjekte ederek alarm tepkisi alabileceğimi söyledim. Başka bir deyişle, yirmi beş milyon yıllık bir arayla, bir karınca kolonisinden diğerine bir mesaj iletebilirdim. Söylediklerim Crichton'ın ilgisini çekti. Bunu yapmayı planlayıp planlamadığımı sordu. Henüz planlamadığımı söyledim. Zamanım yoktu, hâlâ da yok. Benim bu hayalimde çok fazla sirk numarası ve çok az gerçek bilim var; yani gerçekten yeni bir şey keşfetme ihtimali çok az.

Bu mektubun sonunda, hem Crichton gibi bir romancının hem de bir bilimcinin (ben ikisini de yaptım)

yaratma süreci hakkındaki düşüncelerimi anlatmak istiyorum. İdeal bilimci, şair gibi düşünür ancak daha sonra muhasebeci gibi çalışır. Hem edebiyata hem de bilime yenilik getirenlerin esasen hayalciler ve öykücüler olduğunu unutmayın. Hem edebiyatta hem de bilimde, ilk yaratım aşamalarında zihinde olan biten her şey bir öykünün yazılmasından ibarettir. İmgelenen bir son, genelde imgelenen bir başlangıç ve ikisinin arasına konulabilecek bir ıvır zıvır seçeneği vardır. Aynı şekilde, edebiyat ve bilim eserlerinde de herhangi bir parça değiştirilebilir, bunun sonucunda diğer parçalar arasında bir dalgalanma oluşur; bazıları çıkarken, bazıları eklenir. Kalan parçalar çeşitli biçimlerde birleştirilip, ayrıştırılır ve öykü formları olarak oraya buraya yerleştirilir. Bir senaryo, derken başka biri ortaya çıkar. Senaryolar, ister edebi ister bilimsel olsun, birbirleriyle yarışırlar. Bazıları örtüşür. Kelimeler ve cümlelerle –ya da denklemlerle, deneylerle– bütüne bir anlam verilmeye çalışılır. İlk zamanlarda, bütün hayaller için bir son düşünülür. Her şey harika bir çözüme –veya bilimde çığır açan bir buluşa– varır. Ancak bu en iyisi, en doğrusu mudur? Sona sağ salim ulaşmak yaratıcı zihnin amacıdır. Bu ne olursa, nerede olursa olsun, nasıl ifade edilirse edilsin, bir hayal gibi başlar, detaylanır, sonra son anda da ya kaybolup yerine yeni bir şey geçer ya da mitolojideki dünya anaya dokunan dev Antaeus gibi güç kazanır. İfade edilemeyen düşünceler uçup gider. En iyi parçalar pekiştikçe yerleştirilir, oradan oraya oynatılır ve öykü çok güzel bir sona ulaşıncaya dek gelişir.



Kokusuyla iz bırakan bir ateş karıncası. Thomas Prentiss'in çizimi. Edward O. Wilson'ın "Feromonlar" adlı makalesinden alınmıştır, *Scientific American* 208(5): 100–114 (Mayıs 1968).

6

NELERE MAL OLUR?

Bilimde, özellikle de özgün araştırma dalında bir kariyer seçerseniz, hiç kuşkunuz olmasın ki tutkunuz, kariyeriniz ve yaşamınız boyunca sürecektir. Çok fazla doktorun geleceği başlamadan bitmiş durumda, kişisel araştırmaları doktora tezleriyle iyi kötü sona eriyor. Şimdi özellikle, yaratıcı merkezde kalmayı hedefleyenlere seslenmek istiyorum. Kariyerinizin önemli bir bölümünü araştırmacı olmaya adayacaksınız. Bilimcilerin kendi aralarında sürekli yaptıkları gibi, araştırmalarda başardığınız her ilerleme aşağıdaki cümlelerden biri veya birkaçıyla ölçülecek:

"O ... keşfetti."

"O ... başarılı olan ... teorisinin geliştirilmesinde yardımcı oldu."

"O ... disiplinlerini bağlayan ilk sentezi yaptı."

Özgün keşiflerin rastlantı sonucu, herhangi biri tarafından, herhangi bir zaman ve yerde yapılması mümkün değildir. Genellikle en ileri bilim olarak adlandırılan bilimsel bilginin sınırına, daha önceki araştırmacıların çizdikleri haritalar sayesinde ulaşılır.

Louis Pasteur'ün 1854'de dediği gibi, "Yalnızca hazır olan aklın şansı yaver gider." O bunları söylediğinden bu yana, sınıra giden yollar adamakıllı uzadı ve artık oraya varmak için yol alan çok fazla sayıda bilimci var. Gelgelelim sizin yolculuğunuzda sizin için bir mükâfat vardır. Hem bilimin sınırları bugün çok daha genişledi ve genişlemeye de devam ediyor. Fizikten antropolojiye her disiplinde, çok az kişinin yer aldığı geniş sahalar var ve bu keşfedilmemiş uçsuz bucaksız bölgelerde bir yere yerleşmeniz gerekir.

Peki, en ilerisi sadece dâhiler için değil midir, diye sorabilirsiniz. Bereket versin ki değil. Sınıra varan kişi değil, o sınıra vardıktan sonra bir şeyler başaran kişi dâhidir. Aslına bakarsanız, hem sınırdaki başarılar hem de son evreka anı, doğal zekâdan çok girişimcilik ve yoğun çalışmayla elde edilir. Çoğu alanda genellikle, aşırı zeki olmak zararlı olabilir. Birçok disiplinden birçok başarılı araştırmacıyla tanıştıktan sonra anladım ki ideal bilimci yalnızca orta derecede zekidir: Neler yapılabileceğini anlayacak kadar zekidir fakat yapmaktan sıkılacak kadar da zeki değildir. Haklarında böyle bir bilgiye sahip olduğum, biri moleküler biyolog, diğeri teorik fizikçi, çok özgün ve etkileyici Nobel Ödülü sahibi iki bilimcinin kariyerlerinin başlangıcında IQ seviyeleri 120'lerdeydi. (Ben şahsen pek etkileyici olmayan 123 puanla idare ettim.) Darwin'in IQ seviyesinin 130 civarında olduğu tahmin ediliyordu.

Peki, o zaman, IQ'ları 140'ı aşan ve 180'e veya daha fazlasına ulaşan tasdikli dâhilere ne demeli?

Çığır açıcı fikirleri üretenler onlar değil mi? Eminim bazıları bilimde çok iyi şeyler yapıyordur ama tahminimce IQ'ları yüksek olanların birçoğu MENSA gibi topluluklara katılıp, denetçi ve vergi müşaviri olarak çalışıyor olabilirler. Neden en uygun orta zekâ kuralı geçerlidir? (Ve bu fikrimin sadece tahmin niteliğinde olduğunu da kabul ediyorum.) Nedenlerden biri, tasdikli dâhilere eğitimlerinin başlarında her şeyin çok kolay gelmesi olabilir. Üniversitede gördükleri bilim derslerinde zorlanmıyorlar. İster istemez meşakkatli olan veri toplama ve analiz işlerinde çok az ödül buluyorlar. Bizim gibi daha az zeki olup da çok çalışanların kat etmesi gereken, sınıra giden zor yolları tercih etmiyorlar.

Şu halde diyebiliriz ki zeki olmak bilimsel araştırmalarda başarılı olmayı hayal edenler için yeterli değildir. Matematik yeteneği yeterli değildir. Sınıra ulaşıp orada kalmak için güçlü bir iş ahlakı kesinlikle gereklidir. Kişi, bazı çabaları kaçınılmaz olarak çıkmaza girse bile, uzun saatler boyu zevkle çalışma ve araştırma becerisine sahip olmalıdır. Bu, birinci sınıf araştırma bilimcisi olarak kabul görmenin bir bedelidir.

Bu seçkin insanlar, eski zamanlarda keşfedilmemiş bir diyardaki hazine avcıları gibidir. Eğer onlara katılmayı seçerseniz, araştırmalar macera, keşifler de sizin gümüş ve altınınız olur. Peki, buna ne kadar devam etmelisiniz? Sizi kişisel açıdan tatmin ettiği müddetçe. Zamanla dünya çapında uzmanlık sahibi olacak ve şüphesiz keşifler yapacaksınız. Belki de büyük keşifler.

Eğer siz de benim –ve tanıdığım neredeyse bütün bilimciler– gibiyseniz, meslektaşınız olan tutkulu kişiler ve uzmanlar arasından arkadaş edineceksiniz. Yaptıklarınızdan her gün doyum bulmak sizin ödüllerinizden biri olacak, bunun kadar önemli olan bir şey de, saygı duyduğunuz kişilerin takdiridir. Gene başka bir tanesi de, sizin keşfedeceklerinizin insanlığa eşsiz bir biçimde faydalı olacağını fark etmenizdir. Bu tek başına yaratıcılığı sürdüremese de yaratıcılığı tutuşturmaya yeter.

Bu ne kadar zor olabilir? Bu konuda çok açık konuşacağım. Harvard'da çoğunlukla akademik kariyer yapmak isteyen lisansüstü öğrencilerine danışmanlık yaptım. Onlar bir araştırma üniversitesinde veya sosyalbilimler yüksekokulunda ders vermeyi araştırmayla birleştirmeyi seçtiler. Bu birleşimde başarılı olmak için şu zaman bölümünü önerdim: başlangıçta öğretmenlik ve idarecilik için kırk saat; uzmanlık alanınız ve bağlantılı alanlarda on saate kadar aralıksız çalışma ve araştırmada da en az on saat; bu araştırmaları muhtemelen doktora veya doktora sonrası çalışmanızla aynı alanda veya bu alana öğrencilik yıllarınızdaki deneyiminizden yararlanmanıza olanak verecek denli yakın bir alanda yapabilirsiniz. Haftada toplam altmış saat gözünüzü korkutabilir, biliyorum. Bu yüzden size tam zamanlı araştırma olanağı sunan her tür maaşlı izin fırsatını değerlendirin. Eğer adil ve mümkünse tez komite başkanlıkları dışında departman seviyesindeki idarecilikten uzak durun. Mazeret gösterin, kaçamak yapın, bahane bulun, iş

değiş tokuşu yapın. Araştırma alanınıza ilgi gösteren yetenekli öğrencilerle zaman geçirin ve daha sonra hem onların hem de kendi yararınızı gözeterek onları asistan olarak işe alın. Hafta sonlarını dinlenme ve eğlenceyle geçirin ama tatil yapmayın. Gerçek bilimciler tatil yapmazlar. Saha gezileri yaparlar veya başka kurumlarda geçici araştırma birliklerine katılırlar. Başka üniversitelerden veya araştırma kurumlarından gelen, daha fazla araştırma zamanı ve daha az ders ve yöneticilik sorumluluğu içeren iş tekliflerini dikkatle değerlendirin.

Bu tavsiyeye uyduğunuz için kendinizi suçlu hissetmeyin. Üniversite fakülteleri, "iç profesörler" ile "dış profesörler"den oluşur; birinci grup diğer fakülte üyeleriyle yakın sosyal etkileşimi gerektiren işlerde çalışmayı sever ve kuruma sundukları hizmetlerinden haklı bir gurur duyarken, ikinci grup sosyal etkileşimlerini esas olarak meslektaşı araştırmacılarla kurar. Dış profesörler komite işlerini pek umursamaz ama geçimlerini başka yoldan sağlarlar: Yeni fikir ve yetenek akışı sağlar ve keşiflerinin miktarı ve kalitesiyle orantılı olarak itibar ve gelir katkısında bulunurlar.

Araştırma kariyeriniz sizi ister akademi ister başka bir yere taşısın, bununla yetinmeyin. Eğer sizi özgün araştırmaya teşvik eden ve bunun için sizi ödüllendiren bir kurumdaysanız orada kalın. Ancak entelektüel açıdan yeni problemleri ve yeni fırsatları araştırmaya devam edin. Kabul edelim ki kariyerleri boyunca aynı konu üzerinde çalışmaktan keyif alanların mutluluğu

garantidir ve böyle devam ederken de çığır açıcı ilerlemeler için kesinlikle iyi fırsatlar yakalarlar. Çoğuz kimyası, biyolojik süreçlerin bilgisayar programları, Amazon kelebekleri, galaktik haritalar ve Türkiye'deki Neolitik yerleşim yerleri kendinizi bir ömür boyu adamanıza değecek alanlardır. Çalışmaya başladıktan sonra art arda küçük keşifler yapmanız garantidir. Ancak sizi bekleyen asıl fırsat konusunda uyanık olun. Büyük bir keşif yapma, hiç beklenmedik bir bulguya ulaşma ya da dikkat çekici bir detay –peşini bırakmamanız halinde, seçmiş olduğunuz alanı büyütebilecek hatta dönüştürebilecek bir şey– yakalama olasılığı her zaman için mevcuttur. Eğer böyle bir olasılık görürseniz hemen el atın. Bilimde altına hücum heyecanı iyi bir şeydir.

Böyle bir başarı olasılığını artırmak için, başka bir nitelik daha gereklidir, ancak bu sizde yoksa bile en azından geliştirmeye çalışmalısınız. Bu girişimcilik, yani yapmayı hayal ettiğiniz ve başka kimsenin aklına gelmeyen veya cesaret edemediği, gözünüzü korkutan bir şeyi deneme istekliliğidir. Bu örneğin, sizin veya meslektaşlarınızın henüz gitmediği, dünyanın bir ucundaki bir projeyi başlatmak veya henüz alanınızda kullanılmamış geçerli bir aracı veya tekniği deneme yolunu bulmak olabilir veya hatta daha cesur bir şekilde, bilgilerinizi henüz uygulanmamış başka bir disipline uygulamak olabilir.

Girişimcilik birçok hızlı, kolay deneyle geliştirebilir. Evet, aynen öyle dedim: hızlı ve kolay deney. Bilimin popüler imajının, düzenli aralıklarla veriler üzerinde

yapılan periyodik istatistik testlerinin yanı sıra, her adımı dikkatle kaydedilen, kati kesinlikte bir şey olduğunu biliyorum. Böylesi, deney çok pahalıysa veya çok zaman alıyorsa kesinlikle gereklidir. Aynı şekilde, ilk başta elde edilen bir netice, varılan sonucu irdelemek için sizin ve başkaları tarafından tekrarlanıp teyit edilmesi gerektiğinde de yapılmalıdır. Ancak diğer durumlarda ufak tefek deneylerle oyalanmakta kesinlikle sorun yoktur ve bu potansiyel olarak çok da verimlidir. Kontrol edilmeyen hızlı deneyler çok yaratıcıdır. Bunları sırf ilginç bir şeyler meydana getirip getiremeyeceğinizi görmek için yaparsınız. Doğayı kışkırtın ve bir sırrını açık edip etmediğine bakın. Hızlı ve baştan savma deneylere olan düşkünlüğümü göstermek için, ilk başlardaki acemilik dönemlerime ait birtakım örnekler vereceğim. Bunlar sadece aklımda kalanlar; not almamıştım.

- Koşan karıncaların üstüne güçlü bir mıknatıs koydum, amacım yönlerini değiştirip değiştiremeyeceğimi, en azından bozup bozamayacağımı görmek ve böylece karıncaların manyetik duyuları olup olmadığını tespit etmekti. İki saat geçti. Sonuç: başarısız. Karıncalar hiç mi hiç umursamadılar.
- Bir laboratuvar kolonisindeki karıncaların metaplevral bezelerini kapattım. Bu minik organlar, vücudun orta bölümünün her iki yanında yer alan hücre öbekleridir. Daha sonra metaplevral bezelerinin havadan gelen antibiyotik maddeleri

geçirip geçirmediğini görmek için, karıncaların, gizlenmiş toprak bakteri kültürünün ve ayrıca karıncalarla pek işlemden geçirilmemiş başka kültürler üzerinden geçmelerini sağladım. İki hafta geçti. Sonuç: deney başarısız oldu. (Farklı yöntemler kullanarak devam etmeli, daha ısrarcı olmalıydım. Daha sonraki araştırmacıların gösterdiği gibi o maddeler mevcuttu.)

- İki tür ateş karıncasından, dondurma ve kraliçelerini değiştirme yoluyla karışık koloni yapmaya çalıştım. İki saat geçti. Sonuç: başarılı! İki türü belirleyen özelliklerin nedeninin farklı genler olduğunu kanıtlamak için bu yöntemi uyguladım (bu defa dikkatli deneyler yapıp, düzgün notlar aldım). Soğutma ve karıştırma artık farklı araştırma yöntemleri için kullanılan standart bir teknik oldu.
- 1950'lerde karıncaların muhtemelen kimyasal işaretlerle (daha sonra feromon adı verilmiştir) haberleştikleri düşünülüyordu. Ancak antenleriyle yaptıkları şifreli vuruş ve dokunuşlarla iletişim kuruyor olmaları da olasıydı. Örneğin yuva arkadaşının vücuduna antenlerle tam tam çalar gibi vurmak bir alarm sinyali olabilirdi. Koku izlerini üreten bezin yerini öğrenmeye karar verdim. Başarılı olursam, diye düşündüm, bu karınca feromon şifresini çözmede ilk adım olabilirdi. İşçi ateş karıncalarının karınlarındaki bütün ana organları, mikroskop altında sabırla, en hassas cerrahi aletlerini kullanarak

> çıkardım ve o organlardan yapılma yapay kokuları yerleştirdim. Harcanan süre: bir hafta. Sonuç: Denenen ilk organların hiçbirine neredeyse hiç tepki gelmedi fakat iğnenin dibinde bulunan parmak şeklindeki Dufour bezi denen neredeyse görünmez bir organ güçlü bir tepki verdi. Bu defa büyük bir başarı elde etmiştim. Ateş karıncaları kokuyu takip etmekle kalmadılar, yuvadan hızla çıkıp peşine düştüler. Dufour salgıları, görünüşe göre, hem rehber hem de uyarıcıydı: Bu feromon çalışmalarında yeni bir kavramdı. Ben ve diğer bilimciler sonraki yıllarda, karınca dağarcığının çoğunu oluşturan on kadar feromon sinyalini çözmek için çalışmalara devam ettik.

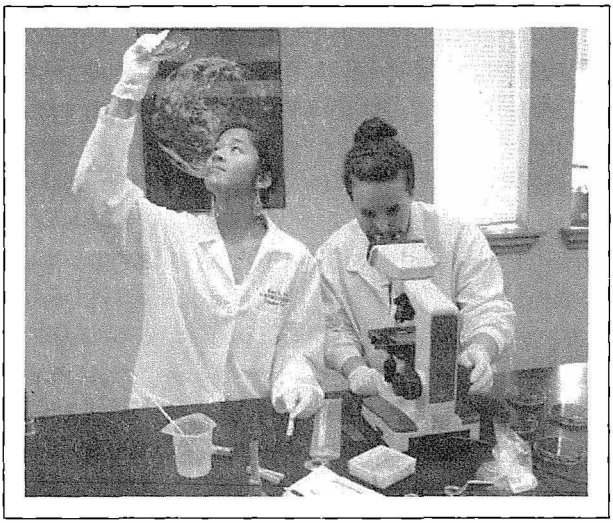
Resmi olmayan küçük deneyler yapmak heyecanlı bir uğraştır ve zaman kaybı riski azdır. Gelgelelim ön yöntem çok zaman alan türde ya da pahalı veya her ikisi birden çıkarsa, zaman ve paradaki kayıp çok fazla artabilir. Çabalar başarısız olursa, girişimcilik kişinin ve vasıtanın baştan başlamasını gerektirir, tıpkı iş hayatında ve bilim dışındaki diğer kariyerlerde olduğu gibi.

Şu anda yüksek lisansınızı yapıyorsanız veya çalışma hayatına atıldıysanız, konuyla ilgili başka bir pratik tavsiyeyle bu mektubu bitirmek istiyorum. Eğitim ve araştırmanız, sizi bir süper çarpıştırıcı, uzay teleskopu veya kök hücre laboratuvarı gibi büyük bir araştırma tesisine bağlamadığı müddetçe, tek bir

teknolojiyle çok uzun süre oyalanmayın. En son teknolojiye sahip bir gereç yeni araştırma ufuklarını çabucak açabilir, fakat aynı zamanda ilk başta genellikle pahalıdır ve işletimi de zordur. Sonuç olarak, genç bir bilimci yeni teknolojiyle yapılabilecek özgün çalışmalar yerine, yeni teknolojide bir kariyer yapmaya ilgi duyabilir. Örneğin biyokimya ve hücre biyolojisinde santrifüj aygıtı, farklı molekül türlerini ayırmak ve böylelikle onları fiziksel ve kimyasal analize uygun duruma getirmek için uzun süredir kullanılan gerekli bir alettir. Bu şekilde, tabiri caizse, ağaçlar ormandan ayrılabilir ve ormanın bütünü hakkında daha çok bilgi edinmek mümkün olur. İlk başlarda santrifüj aygıtı için ayrı bir oda ve çalıştırmak için de eğitimli bir teknisyen gerekliydi. Gelgelelim aygıtın kullanılması kolaylaştıkça, herhangi bir araştırmacı birkaç talimatla makineleri tek başına çalıştırabilir hale geldi. Daha sonra santrifüj aygıtları kendi laboratuvarlarından, daha küçük, daha ucuz birimler olarak çıktı. Günümüzde biyolojinin birçok dalında yüksek lisans yapan öğrenciler bu aygıtları masaüstü araçlarının rutin bir parçası olarak görüyor. Aynı gelişmeler, kendi disiplini olan bir teknolojiden tutun da her iyi donanımlı laboratuvarın sıradan bir parçasına dek, tarama elektron mikroskobu, elektroforez, bilgisayarlar, DNA dizilimi ve çıkarımsal istatistik yazılımında da meydana gelmiştir.

Bu tarihçeden çıkardığım ilke şudur: *teknolojiyi kullan fakat çok düşkün olma*. Teknolojiye ihtiyaç duyuyorsanız fakat size çok zor geliyorsa, daha bil-

gili bir ortak bulun. Önceliği projeye verin, geçerli ve saygın araçları kullanarak tamamlayın ve sonuçları yayımlayın.



Alabama Matematik ve Bilim (ASMS) Okulunda, Allison Kam (solda) ve Hannah Waggerman Mobile Deltası'ndan alınmış, çevreye ait bakteri örneklerini inceliyorlar.

7

BAŞARMA OLASILIĞINIZ ÇOK FAZLA

Doğuştan bilimci olanlar en iyi nasıl keşfedilirler? Gitgide büyümekte olan şöyle bir hareket var: Gelecek vaat eden ortaokul öğrencileri belirlenip, onlar için yeteneği teşvik eden özel müfredat açılıyor. Benim bildiğim bir örnek de memleketim Mobile'deki Alabama Matematik ve Bilim Okulu. Bu okul bütün eyaletten lise öğrencilerini seçerek, onlara burs veriyor ve üniversiteye benzer bir kampusa yerleştiriyor. Deneyimli bilimcilerin rehberliğinde laboratuvar araştırmalarına gömülen öğrenciler bilim ve teknolojiye odaklanmanın norm olduğu bir atmosferde öğrenim görüyorlar. Geçen yıllardan birinde neredeyse tüm öğrenciler doğrudan üniversiteye girdiler.

Çok az bilimci anılarını yazıyor ve yazanların da yalnızca bir kısmı, bilimsel kariyerlerini seçmelerini sağlayan duygu, tutku, idol ve öğretmenlerini açıklamaya heves ediyor. Aslında böyle öykülere çok güvenmem; yazarlar dürüst olmadığından değil de bilimsel kültür böyle açıklamaları pek teşvik etmediğinden. Bilim araştırmacıları, diğer bilimcilere çocuksu, şairane, aylakça ve hafif gelebilecek şeyleri söylemekten kaçınıyorlar. Bu nedenle, sadece olgulara yer veren katı üslup en özgün bilimsel keşif öykülerini kısıtlıyor

ve yoksullaştırıyor. Sahte alçakgönüllülük bilimsel anı yazarının kusurudur.

Bir örnek (hayali) şöyle olabilir: "Whitehead Enstitüsü X ışını kristalografi laboratuvarında, kuşlardaki kas proteini üzerinde çalışırken, klasik otonom katlama sorunu karşısında büyülendim. Şunu göz önüne almam..."

Eminim gerçek yaşamda bu yazarlar büyülenmiş ve hatta şunu veya bunu göz önüne almak zorunda kalmıştır ama ben onların öykülerini okurken büyülenmedim. Okuyucu, onların hedeflerini gerçekleştirmek için neden çok çalıştıklarını bilmek ister. Macera neredeydi, hayal neydi?

İnsanı bilimci olmaya iten şeylerin neler olduğu ve bilimcilerin işleri hakkında gerçekte neler hissettiğiyle ilgili bilmediğimiz çok şey var. Alabama Matematik ve Bilim Okulu olmasaydı, o seçkin öğrencilerin hepsi de üniversiteye girip bilimle ilgili kariyerler seçebilecekler miydi?

Başka bir mesele de, her ne kadar kişiye özgü bir durum olsa da, bu tip öğrencilerin küçük takımlar halinde mi, yoksa kendilerinin seçtiği bireysel projelerde mi çalışmasının daha ilham verici ve yararlı olduğudur. Bu soruların ikisine de verilebilecek net bir yanıtımız yok. Ancak şu an bilimsel kariyerlere eğilimli olan gençleri teşvik etmenin daha sonraki yıllarda başarılı olmalarına katkıda bulunacağından hiç şüphem yok.

Esasında takımlar hakkındaki bu sorun, uygulayıcı bilimciler tarafından yeniliklerin teşvik edilmesinde ortaya çıkar. Sağduyuya göre, geleceğin bilimi, gitgide

daha çok, birden fazla zihnin yakın temas kurduğu, "takım düşüncesi"nin ürünü olacaktır. Kesinlikle gitgide daha az sayıda tek başına çalışan yazar, *Nature* ve *Science* gibi önde gelen dergilerde araştırma makaleleri yayımlıyor. Ortak yazarların sayısı çoğu zaman üç veya daha fazla oluyor ve araştırmanın yapılabilmesi için eksiksiz bir kuruma gereksinim duyulan deneysel fizik ve genom analizi gibi birkaç alanda, bazen çalışan kişi sayısı yüzü aşıyor.

Bir de özellikle yeni fikir ve ürünler yaratmak için en iyilerin ve zekilerin bir araya geldiği, yere göğe sığdırılamayan bilim ve teknoloji beyin takımları var. Amerika'nın dev şirketlerinden ikisi, New Mexico'daki Santa Fe Enstitüsü ve Apple ile Google'ın geliştirme bölümlerini ziyaret ettim. Onların fütürist ambiyansından çok etkilendiğimi kabul etmeliyim. Hatta Google'da şöyle bir yorumda bulundum: "Burası geleceğin üniversitesi."

Bu tarz yerlerde amaç, çok zeki insanları destekleyip barındırarak, gezip dolanmalarını, küçük gruplar halinde kahve içip kruvasan yerken, birbirleriyle fikir değiş tokuşunda bulunmalarını sağlamak. Ve bir ihtimal, güzelce şekillendirilmiş sahalarda gezinir veya bir gurme yemeğine giderken bir tezahür anı deneyimleyecekler. Bu kesinlikle işe yarar, özellikle de iyi formüle edilmiş teorik bilimde bir sorun veya tasarlanması gereken başka bir ürün varsa.

Ancak grup düşüncesi yeni bilim yaratmak için gerçekten en iyi yol mudur? Aykırı olmayı göze alarak buna karşı çıkıyorum. Yaratıcı sürecin genellikle çok farklı bir şekilde ortaya çıktığına inanıyorum. Tek bir beyinde ortaya çıkar ve bir süre filizlenir. Bir fikir oluşur. Aynı şe-

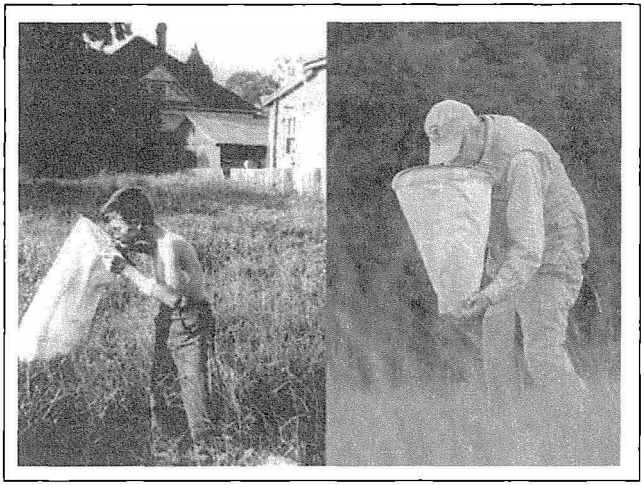
kilde önemli olan başka bir şey de, bir bilim dalında keşifler yapmaya hazırlıklı olan ve güçlü bir şekilde motive olmuş tek bir kişinin hırsıdır. Başarılı mucit, yetenek ve şartların desteğini alır ve aile, arkadaşlar, öğretmenler, akıl hocaları ve büyük bilimcilerin ve bilimsel keşiflerin öyküleriyle koşullanır. Bazen, pasif-agresif doğasıyla, bazen de toplumun bir bölümüne veya dünyadaki bir soruna karşı duyduğu öfkeyle motive olur. Mucitte onu takım sporlarından ve sosyal olaylardan uzak tutan bir içine kapanıklık da vardır. Otoriteden, en azından kendisine ne yapacağının söylenmesinden hoşlanmaz. Lise veya üniversitede lider değildir, sosyal kulüplerin aradığı tarzda biri de değildir. Çocukluğundan itibaren eylemci değil, hayalcidir. Dikkati kolay dağılır. Derinlemesine incelemeyi, toplamayı, kurcalamayı sever. Hayal kurmaya eğilimlidir. Odaklanmaya istekli değildir. Sınıf arkadaşları ona, başarılı olma olasılığı çok yüksek kişi anketinde oy vermeyecektir.

Deneyimlerime göre, en yenilikçi bilimciler aldıkları eğitim sonucu araştırma yapmaya hazır olduklarında, bunu çok büyük hevesle ve yönlendirilmeden yapıyorlar. İlk adımları tek başlarına atmayı tercih ediyorlar. Çözülecek bir sorun, daha önceden atlanmış önemli bir fenomen, hiç düşünülmemiş bir neden sonuç bağlantısı arıyorlar. En büyük şansları koku alabilme yetileridir.

Gelgelelim modern bilimin henüz el atılmamış alanlarında, yeni bir fikrin gerçekleşmesini sağlamak için neredeyse her zaman birden fazla yetenek gereklidir. Mucit şu mesleklerden kişileri de projeye dahil edebilir: matematikçi veya istatistikçi, bilgisayar uzmanı,

doğal ürünler kimyageri, bir veya birkaç laboratuvar veya saha asistanı, aynı uzmanlık alanında bir, iki meslektaş; projenin başarılı olması için kim gerekliyse o ortak olabilir. Ortak, çoğu kez aynı fikirle uğraşmakta olan başka bir yenilikçidir ve fikirde değişiklik yapmaya veya katkıda bulunmaya eğilimlidir. Kritik kütleye ulaşılır ve tartışma yoğunlaşır, belki aynı yerdeki bilimciler, belki de dünyadaki bilimciler arasında. Özgün bir sonuç elde edilene dek proje ilerler. Bunun gerçekleşmesini grup düşüncesi sağlamıştır.

Yenilikçi, yaratıcı ortak veya kolaylaştırıcı: Başarılı kariyeriniz sırasında, bu rollerden her birini ara sıra oynayabilirsiniz.



Ağdaki böceklere bakan yazar: Mobile, Alabama, 1942 (*soldaki resim*), ve Gorongosa Dağı'nın zirvesi, Mozambik, 2012 (*sağdaki resim*). Fotoğraflar: 1942, Ellis MacLeod; 2012, © Piotr Naskrecki.

8

ASLINDA HİÇ DEĞİŞMEDİM

Sonuna yaklaştığım altmış yılı aşkın araştırma hayatım boyunca, çalışma alanlarımı seçmede tam bir özgürlüğe sahip olduğum için çok şanslıydım. Artık gelecek açısından pek bir beklentim yok ve bundan dolayı ihtiras ateşleri de küllendi; sahte alçakgönüllülüğe kapılmadan, size bazı keşiflerimi nasıl ve neden yaptığımı anlatabilirim. Kariyerimin başlarında, daha yaşlı bilimciler hakkında benim düşündüğüm gibi, sizin de, "O yaptıysa ben de yapabilirim ve belki daha iyisini bile yapabilirim," diye düşünmenizi isterim.

Ben çok küçükken, hatta Pushmataha Kampı'ndaki yılan yakalama zaferimden çok önce bu işe başladım. Belki siz de çok küçükken başladınız veya yeni başlıyorsunuz. 1938'de ben dokuz yaşındayken, ailem güneydoğudan Washington'a taşındı. Babam güney kırsalına elektrik vermekten sorumlu, Bunalım Dönemi'nin devlet kurumu Kırsal Elektrik İdaresi'nde iki yıl denetçi olarak çalışacaktı. Ben ailenin tek çocuğuydum ama hepten yalnız değildim. O yaştaki bir çocuk kendine yakın bir arkadaş bulabilir veya alfa çocukla yumruk yumruğa dövüşme riskini göze alarak küçük bir mahalle grubuna girebilir. (Yıllarca üst dudağım ve sol

kaşımdaki yaralarla dolaştım.) Ne var ki o ilk yaz yalnızdım ve aletlerimle baş başa kalmıştım. Ne boğucu piyano dersleri, ne akrabalara yapılan sıkıcı ziyaretler, ne yaz okulu, ne rehberli turlar, ne televizyon, ne çocuk kulübü, hiçbir şey yoktu. Sizin anlayacağınız, *şahane* bir şeydi! O sıralarda, Frank Buck'ın, vahşi hayvanları yakalamak için uzak ormanlara yaptığı gezilerle ilgili filmlerine hayran kalmıştım. Ayrıca böceklerin –çoğu tropiklerde yaşayan metalik renkli büyük kınkanatlı böcekler ile parlak kelebeklerin– dünyasını anlatan *National Geographic* makalelerini de okuyordum. Bir 1934 sayısında, beni, bu böcekleri –baktığım her yerde bol bol bulunan karıncalar nedeniyle daima başarılı olan– araştırmaya yönelten "Karıncalar, Vahşi ve Medeni" başlıklı özellikle merakımı uyandıran bir makale okudum.

Elbette hayatımda pul koleksiyonculuğu ile çizgi romanlar vardı, ama kelebek ve karıncalara da meraklıydım. Böcekleri toplayıp incelemenin zor bir tarafı yoktu. Yine de bir müddet, onlar benim aslan ve kaplanlarım oldu, kuşkusuz yüz tane yerli yardımcının kapana kıstırdığı büyük av hayvanı değillerdi, ama yine de gerçektiler. Böylece gayrete gelip, ilk keşif seferimde kumaş bir çantanın içine birkaç şişe koyarak, yakınlardaki Rock Creek Parkı'ndaki koruya gittim. Patikalarla çaprazlama kesilmiş, yapraklarını döken ağaçların olduğu alana daldım. O gün eve getirdiğim hayvanları çok iyi hatırlıyorum. İçlerinde bir kurt örümceği ile kırmızı yeşil renkli yarı ergin, uzun boynuzlu çekirge de vardı.

Sonradan kelebekleri de avlamaya karar verdim. Üvey annem bana bir kelebek ağı yaptı. (Daha sonraki

yıllarda birçok ağ yaptım. Aynısından yapmak isterseniz, bir tel askıyı çember haline getirin, kancasını düzleştirin, tahtayı yakma derecesine gelinceye kadar askıyı ısıtın, sonra da ucu kesik bir süpürge sapının içine geçirin. Son aşamada, çemberin etrafına tülbent veya sivrisinek ağı geçirin.)

Bu teçhizat sayesinde kelebek koleksiyonum birdenbire büyüdü. Kariyerimin başlarında, yıllar sonra Illinois Üniversitesi'nde böcekbilimi profesörü olacak olan en iyi arkadaşım Ellis MacLeod, apartmanlarının önünde, çalılıkların etrafında ileri geri kanat çırpan, siyah kanatlarında çaprazlamasına parlak kırmızı çizgiler bulunan orta boy bir kelebek gördüğünü söyledi. Kelebekler hakkında bir kitap bulduk ve onun kırmızı amiral olduğunu saptadık. Bu kitap benim böcekler hakkındaki kütüphanemin ilk kitabı oldu. Bu esnada, ikinci eşiyle Kentucky, Lousville'de yaşayan annem, bana kelebekler hakkında daha büyük, içinde güzel çizimler olan bir kitap gönderdi. Bu kitap kafamı çok karıştırdı. İçinde bulduğum tek tanıdık tür, Avrupa'dan yıllar önce kazara gelen lahana kelebeğiydi. Sonradan kitabın İngiliz kelebekleri hakkında olduğunu öğrenince her şey açıklık kazandı.

Geleceğim artık belli olmuştu. Ellis ve ben büyüyünce böcekbilimcisi olmaya karar vermiştik. Çok uğraşmamıza rağmen, güç bela okuyabildiğimiz üniversite seviyesindeki ders kitaplarını didik didik ettik. Bir halk kütüphanesinden alıp, sayfa sayfa incelediğimiz bir tanesi de Robert E. Snodgrass'ın 1935'de yayımlanmış olağanüstü kitabı *Böcek Biçimbiliminin İlkeleri* (*Principles of Insect Morphology*) idi. Ancak daha son-

ra, yetişkin biyologların bunu teknik referans kitabı olarak kullandıklarını öğrendim. Profesyonel böcekbilimcilerin orada yönetici olduğunu bildiğimizden, Ulusal Doğa Tarihi Müzesi'nde sergilenen böcek koleksiyonlarına bakmaya giderdik. Bu kahramanları hiç görmedim (bir tanesi Snodgrass idi) ama onların ABD hükümetinin bir uzantısı olduğunu bilmek bile, bana bir gün bu tasavvur dahi edemediğim yüksek seviyeye çıkabileceğim umudunu vermişti.

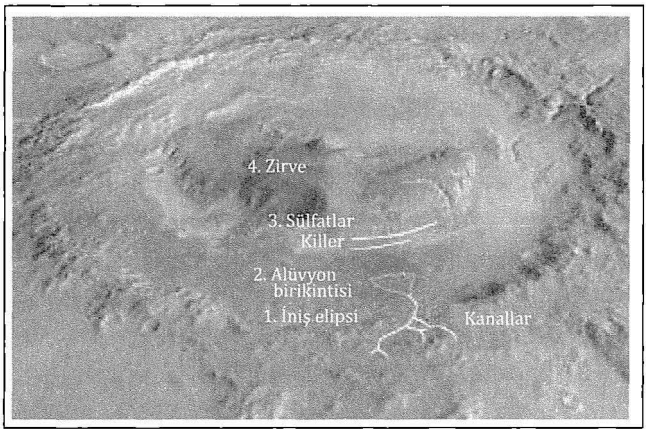
1940'da Mobile'a geri döndüğümüzde, zengin kelebek faunasına daldım. Yarı tropikal iklim ve civardaki bataklıklar benim ilk hayallerimin neredeyse gerçekleşmesi demekti. Kırmızı amiral, diken kelebeği, büyük pullu iparhan ve kuzeyin karakteristiği olan yas pelerinlerine, snout kelebekleri, Körfez iparhanları, Brezilya uskumru turnaları, büyük mor sevbeni ve birkaç muhteşem kırlangıçkuyruğunu –dev, zebra ve kadeh çiçeği– ilave ettim.

Daha sonra karıncalara geri döndüm. Charleston Caddesi'ndeki büyük evimizin yanındaki yabani ot yetişen boş arsada yaşayan bütün canlı türlerini bulmak bende saplantı haline gelmişti. Türlerin bilimsel adlarını o zamanlar bilmiyordum, sonradan öğrendim. Çeyrek dönümlük arazideki her koloninin bulunduğu yer hafızamda yer etmiş: kışın arsanın kenarında çürüyen tahta çitte yuvalanan ve sıcak aylarda yabani otların arasına yayılan Arjantin karıncası (*Linepithema humile*); uzak bir köşede bir incir ağacının altındaki tahta kiremit yığınında ikamet eden, çat çat eden çeneleri ve korkunç iğneleriyle büyük siyah karıncalar (*Odontomachus brunneus*), caddenin yanındaki arsa-

nın kenarında kocaman bir tümsekte yaşayan, dışarıdan gelmiş kırmızı ateş karıncası (*Solenopsis invicta*) ve eski bir viski şişesinin altına yuva yapmış minik bir sarı tür kolonisi (*Pheidole floridana*).

Üç yıl sonra Pushmataha'da doğa danışmanıyken, bir yılan dönemine girdim ve güneybatı Alabama'da yaşayan onlarca türden yakalayabildiğim kadar yakaladım.

Çocukluk öykümü anlatmamın nedeni, sizin kariyer çizginizle alakalı olabilecek önemli bir noktaya parmak basmaktır. *Ben aslında hiç değişmedim.*



Mars gezgini *Curiosity*'nin Gale Krateri'nde takip edeceği yol. "NASA Mars'a iniş yerini belirliyor" Eric Hand, *Nature* 475: 433 (28 Temmuz, 2011). NASA/JPL-CALTEC H/ ASU /UA fotoğrafı.

9

BİLİMSEL AKLIN ARKETİPLERİ

Doğamıza ait iyi duygular olgunluk döneminde daha derinden hissedilip, incelenir ve anlaşılır, oysa bunlar doğuştan vardır. Çocukluk ve ergenlik döneminde tam gücüne ulaşır. Daha sonra yaşamımızda yaratıcı çalışmanın kaynakları olarak varlıklarını sürdürürler.

Daha önce size, ideali keşfetmek için bilimcinin ilk adımlarda şair gibi düşündüğünü söylemiştim. Ancak daha sonra mesleğinden beklendiği üzere muhasebeci gibi çalışır. Bizi yaratıcı çalışmaya yönlendiren kuvvetlerden olan tutku ve makul hırstan söz ettim. Bir şeye duyulan sevgi, vurgulamak için tekrar söylüyorum, kendi içinde övgüye değerdir. Yeni doğruları keşfetmekten duyduğu hazla, bilimci kısmen şair ve eski doğruları yeni şekillerde ifade etmekten duyduğu hazla da, şair kısmen bilimci olur. Bu anlamda bilim ve yaratıcı sanatlar temelde aynıdır.

Bilimin metaforik tapınağı hakkında size daha çok şey anlatabilir, sonsuz hazne ve galerilerinden söz edebilir, yolunuzu nasıl bulacağınız hakkında başka talimatlar verebilirim. Ancak ilerledikçe hepsini kendi başınıza öğreneceksiniz. Bu noktada biraz yenilik psikolojisini açımlamamız daha iyi olur. Bilimde yapa-

cağınız bir kariyerden ne gibi bir doyum elde edebileceğinizi tespit etmek için, düşüncelerinizi daha geniş anlamda incelemenizi öneririm. Kendi kendini analiz etmenin değeri, araştırma, öğretim, iş, hükümet ve medyada meslekler için de aynı şekilde geçerlidir.

Psikologlar kişilikte, kısmen genlerdeki farklılıklara dayanan, insanların iç yaşamlarının temellendiği beş öğe tanımlamışlardır. Edindiğim izlenimlere göre, araştırmacı bilimciler içedönük olmaya daha yatkınlar, husumete karşı tarafsızlar, dürüstlük ve deneyime açık olmaya çok olumlu bakıyorlar. Yaşamlarında onları yaratıcı çalışmaya yönlendiren koşullar son derece çeşitli ve ilgilerinin belli araştırma fırsatlarına yönelmesini sağlayan olaylar da yine bir o kadar farklıdır.

Bununla beraber en çok, sizi daha önceden –özellikle de çocukluktan ergenlik sonrasına kadar, yani dokuz on yaşlarından başlayıp, yeniyetmelik ve yirmilerin başlarına dek– etkilemiş imge ve öyküler sayesinde, bilim ve teknolojide araştırmalar yapmaya kendinizi adayacağınıza dair inancımı tekrar edeceğim. Dahası, hayatınızı değiştirebilecek olaylar en fazla uzun vadeli etki taşıyan az sayıda genel imgeler olarak sınıflandırılabilir. Dil ve matematik öğrenmenin nispeten küçük yaşlarda daha kolay olmasını sağlayan mühürlemeye* benzediklerini düşündüğümden, bunlara arketip diyeceğim. Bilginlerin dikkat çektikleri gibi, arketipler genellikle efsane ve yaratıcı sanatlarda öykülerle ifade edilirler. Ayrıca büyük teknobilimsel girişimde de güçlü bir biçimde orta-

* Yaşamın ilk evrelerinde gerçekleşen ve türe özgü olan çok hızlı, nispeten istikrarlı, programlı bir öğrenme; yaşamın kritik/duyarlı döneminde ebeveynlere veya ebeveyn ikâmelerine bağlanma gibi doğuştan, içgüdüsel davranış yapılarının tetiklenmesi. (Çev. n.)

ya konurlar. Birinden veya birkaçından etkilendiyseniz, yaratıcı yaşamınızda bir fark yaratacaklardır.

Keşfedilmemiş diyarlara yolculuk. Bu arzu çeşitli şekillerde görülür: bilinmeyen bir adayı aramak; uzaklardaki bir dağa tırmanıp ilerisine bakmak; keşfedilmemiş bir ırmakta yolculuk etmek; yaşadığı rivayet edilen bir kabileyle temas kurmak; kayıp dünyaları keşfetmek; hayal ülkesini bulmak; başka bir gezegene gitmek; uzak bir ülkede yerleşip yeni bir hayata başlamak.

Bilim ve teknolojide bu arketip, keşfedilmemiş ekosistemlerde yeni türler bulmak, hücrenin mikroskobik yapısını belirlemek; organizma ve dokuları birbirine bağlayan feromon ve hormonların yerini saptamak; denizlerin derinliklerini incelemek; tektonik plaka ve kanyonlarda yolculuk edip haritalarını çıkarmak; dünyanın iç bölümlerini çekirdeğe kadar dikkatle incelemek; evrenin dış sınırını görmek; diğer gezegenlerdeki yaşam izlerini araştırmak; SETI teleskoplarıyla dünya dışı mesajlara kulak vermek; dünyadaki yaşamın başlangıcına tarihlenen fosillerdeki çok eski organizmaları bulmak; insan öncesi atalarımızın kalıntılarını açığa çıkararak, nereden geldiğimizi ve ne olduğumuzu keşfetme arzusunda ifade edilir.

Kutsal kâseyi aramak. Kutsal kâse birçok formda bulunur: Kadim insanların bildiği, ancak artık kaybolmuş veya gizlenen güçlü reçete (yani tılsım); altın post;* gizli toplumun sembolü; felsefe taşı; dünyanın

* Yunan mitolojisinde İason ve Argonotların, Kolhida kralından çaldıkları altın koç postu. (Çev. n.)

merkezine giden yol; kötü ruhlar salan efsun; akıl için aydınlanma ve ruh için [maddi evreni] aşma reçetesi; saklı hazine; açılamayan kapıyı açan anahtar; gençlik pınarı; ölümsüzlük veren ayin veya büyülü iksir.

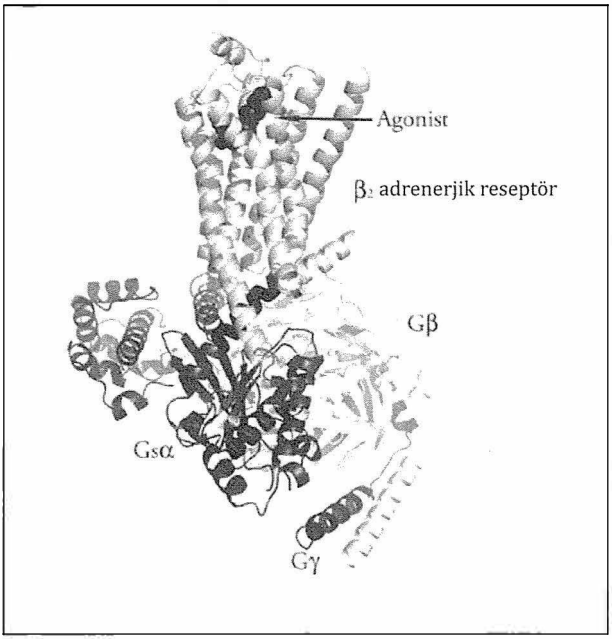
Bilimin gerçek dünyasında hedeflerimize doğru ilerlerken, bunların ruhu aynı şekilde canlandıran eşdeğerlerini buluruz. Kutsal kâse, yeni ve güçlü bir enzimin veya hormonun keşfi; genetik şifrenin çözülmesi; yaşamın kökeninin keşfedilmesi; evrim geçiren ilk organizma kanıtını bulmak; laboratuvarda basit bir organizmanın yapılması; ölümsüzlüğe ulaşmak; kontrollü füzyon gücünü elde etmeyi başarmak; karanlık maddenin gizemini çözmek; Higgs bosonunu ve nötrinoları tespit etmek; solucan deliklerinin ve çoklu evrenin ortaya çıkarılmasıdır.

Kötülüğe karşı iyilik. En güçlü efsane ve duygularımız şunlardan güç alır: başka ülkelerin istilacılarıyla yapılan savaş, kendi insanlarımızın yeni diyarları fethetmesi (kuşkusuz biz bu insanları, bize karşı koyan vahşilerle savaşan, medeni, erdemli, ilahi ve seçilmiş insanlar olarak görürüz); Tanrı'nın şeytanla savaşı; zalim bir tiranın alaşağı edilmesi; tüm zorluklara rağmen devrim yapılması; sonunda intikamını alan kahraman; şampiyon veya şehit; doğru ve yanlış arasındaki vicdan mücadelesi; iyi büyücü; iyi melek; büyülü güç; suçlunun tutuklanıp cezalandırılması; muhbirden intikam alınması.

Gerçek hayatta bilim dünyasında bizi harekete geçirenler ise kanserle savaş; diğer ölümcül hastalıklara karşı verilen mücadele; açlığın üstesinden gelinmesi;

dünyayı kurtarabilecek yeni bir enerji kaynağıyla ilgili bilgi; küresel ısınmaya karşı düzenlenen seferberlik; bir suçluyu ele geçirmek için adli tıpta DNA'nın kullanılmasıdır.

Bu arketipler insan doğasının derin köklerinde cereyan etmiş olayların yankılarıdır. Albenilidirler ve anlaşılmaları kolaydır. İnsanlığın yaradılış efsanelerine anlam ve güç katarlar. Tarihin destansı öykülerinde tekrar tekrar anlatılırlar. Büyük dram ve romanların temalarıdırlar. Öyle ki bu arketiplerin yaratıcı bilimsel düşüncenin tutkularını ateşlemesi hiç de şaşırtıcı değildir.



İşaret veren bir molekülün (agonist, üstte) etkinleştirdiği hücre yüzeyi alıcısı, G proteinini (3 G'leı; alt yarı) etkinleştiren, G proteiniyle eşleşmiş bir alıcıyı harekete geçirir.
© Brian Kobilka.

10

EVRENİN KÂŞİFLERİ OLARAK BİLİMCİLER

1904'te New York Kâşifler Kulübü, dünyanın coğrafi ve (sonra) dış uzayın keşiflerinin tanıtılması için kuruldu. İlerleyen yıllarda isim listesinde, Robert Peary, Roald Amundsen, Theodore Roosevelt, Ernest Shackleton, Richard Byrd, Charles Lindbergh, Edmund Hillary, John Glenn, Buzz Aldrin ve yirminci yüzyılın diğer ünlü serüvencileri vardı. Kâşifler Kulübü'nün East Seventieth Caddesi'nde bulunan merkezi, dünyadaki büyük gezginlerin arşiv ve anı eşyalarıyla doludur. Bunların yanı sıra, uzaklara ve bazen neredeyse ulaşılması imkânsız bölgelere seyahat eden üyelerin, yıllarca yanlarında taşıdıkları ünlü keşif bayrakları da var. Kâşif döndüğünde, keşfedilen şeyin öyküsüyle birlikte, bayrak da döner.

Her yıl, büyük bir servet çağını çağrıştıran, görkemli bir yapı olan Waldorf Astoria'da, kulüp tarafından bir yemek düzenlenir. Resmi giyinmek zorunludur ve katılanların geçmişteki üstün başarılarından dolayı aldıkları madalyaları takmaları istenir. Bu madalya olayı, Kuzey Amerika'da benim bildiğim bir tek burada uygulanıyor. Akşam yemeğinde aşırı gösteriş şenliğe dönüşüyor. Yıllar boyunca, ta ki bir konuk yemekte hastalanıncaya dek, yiyecekler kâşifin, erzaklar tükenince

yemek zorunda kalabileceği şeylerin mizahi bir örneği şeklindeydi: şekerli örümcek, kızarmış karınca, çıtır akrep, ızgara çekirge, fırında un kurdu, egzotik balık ve yabani av hayvanı.

2004'te yalnızca yirmi kişiye verilen bir paye olan onursal üyeliğe seçildim ve 2009'da da en büyük ödül olan Kâşifler Kulübü Madalyası'nı aldım. İlk bakışta bu tamamen uygunsuz bir paye gibi görünebilir ve belki gerçekten de öyleydi. Ben hiç kutup buzlarında sefalet çekmedim, keşfedilmemiş bir Antarktika dağına tırmanmadım ve bilinmeyen bir Amazon kabilesiyle irtibat kurmadım. Ödülün nedeni bilimdi. Kâşifler Kulübü'nün yönetim kurulu, gezegenimizde keşfedilecekler kavramını genişletmeye karar vermişti. Teddy Roosevelt'in Amazon'daki isimsiz bir ırmakta seyahat etmesinden ve Robert Peary ile Matthew Henson'ın Kuzey Kutbu'nu fethetmelerinden bu yana, dünyanın geleneksel haritası büyük ölçüde tamamlanmıştı. Yeryüzünün çoğu, yaya olarak veya helikopterle ziyaret edilmişti. Kalan alanlar ise son kilometrekaresine kadar uydularla incelenebilir, hatta günbegün izlenebilir. Gezegenimizde derin deniz dışında keşfedilmesi önem taşıyan başka ne kalmıştı? Yanıt, dünyanın çok az bilinen biyolojik çeşitliliği; biyosfer adı verilen ve dünyanın ince katmanını oluşturan çeşitli bitki, hayvan ve mikroorganizmalardır. Çiçekli bitki, kuş ve memelilerin çoğu keşfedilip tanımlanarak, bilimsel bir isim verildikleri halde, diğer organizma gruplarındaki türlerin büyük çoğunluğu hâlâ keşfedilmemiştir. Türleri keşfetmek ve biyosferi haritalamak için yola koyulan profesyonel veya ama-

tör biyolog ve doğabilimciler, dünyanın gerçek kâşifleri arasında yer alırlar.

Biyolojik çeşitliliğin, resmi olarak önemli bilinmeyenlere ilave edildiği 2009'daki yemekte, ana konuşmayı yapma gibi olağanüstü bir deneyim yaşadım. O akşam heyecan duyulabilecek pek çok şey vardı, fakat aklıma ilk gelen anı, 1951'de Edmund Hillary ile birlikte Everest Dağı'nın zirvesine çıkan Tenzing Norgay'ın oğluyla tanışmamdı. Ona, dağdan döndüğünde bir gazeteci Tenzing Norgay'a, "Büyük bir adam olmak nasıl bir duygu?" diye sorduğunda, "İnsanları büyük yapan Everest'tir," diye yanıtladığını hatırlattım. Ben de bu sözlere, özellikle bilimi fiziksel serüvenle birleştirmeyi hayal eden genç biyologlara hitaben, çok büyük fırsatlar sunanın biyosfer olduğunu ekleyebilirim.

3 Temmuz 2006 pazartesi günü, Kâşifler Kulübü biyolojik çeşitliliği keşfetmek amacıyla ilk "keşif gezisini" organize etti. Amerikan Doğa Tarihi Müzesi ve diğer yerel doğa örgütleriyle birlikte, New York'taki Central Park'ta, bir biyoloji araştırması düzenledi. Biyoloji araştırmaları, bakteriden kuşlara dek bütün organizma türleri uzmanlarının, genellikle yirmi dört saat olan belli bir süre boyunca, mümkün olduğunca çok tür bulmak ve tanımlamak amacıyla bir araya geldikleri etkinliklerdir. O günkü hedef, şehirde çok dolaşılan bir bölgenin bile çeşit çeşit canlılarla kaynadığı kavramını halka aktarmaktı. Günün sonunda, 350 kayıtlı gönüllü –hatırlatırım, bu New York'ta oluyor– 393 bitki ve 101 hayvan içeren 836 tür buldu ki hayvanların içinde 78 güve, 9 yusufçuk, 7 memeli, 3 su kaplumbağası, 2 kurbağa ve 2 mikroskobik, tırtıla benzer

bir canlı olan tardigrad vardı; bu sonuncusu gizemli ve dünyada nadiren incelenen bir türdü. Bu tardigradlara Central Park'ta ilk kez rastlanmıştı. Daha sonra kurbağalardan bir tanesinin, yeni bir tür olduğu ve yalnızca New York'un içinde ve civarında bulunduğu tespit edildi.

8 Temmuz 2003'te, bir biyoloji araştırmasında ilk kez toprak ve su örnekleri toplandı; daha sonra bunlar, tüm yaşam formlarının içinde en bol ve en çeşitlileri olan bakteri ve diğer mikroorganizmalar yönünden analiz edilecekti. Hatta bu araştırmada neredeyse fiziksel bir serüven yaşandığı bile söylenebilir. Dünyada okyanuslara dalışlarıyla tanınan, önemli bir deniz biyoloğu olan Sylvia Earle, listemize suda yaşayan canlıları ilave etmek için, Bethesda Pınarı'nın yanındaki, bulanık, balçıkla dolu küçük gölü araştırmayı teklif etti. "Köpekbalıkları, katil balinalar ve başka yaratıklarla dolu okyanuslara dalmak benim için sorun değil ama Central Park'ın yeşil göletindeki mikroplardan çok korkmamı gerektirecek nedenler vardı," dedi. Sylvia ve Sylvia'yla dalacak kadar cesur diğerleri oldukça zengin bir tür listesi oluşturdu. Sadece bir saptama belirsizdi. Earle, "Suyun üstünde bir salyangoz buldum fakat orada mı yaşıyor, yoksa civardaki bir restorandan mı atılmış, emin olamadım," dedi.

Dünyada bitki, hayvan veya mikroorganizma türleriyle *kaynamayan* çok az yer var. Bu aralar, biyolojik çeşitlilik tüm gaye ve hedefler için neredeyse sonsuz görünüyor ve dolayısıyla her canlı türü de önemli özgün araştırmalar konusunda bilimcilere sınırsız fırsatlar sunuyor.

Ormanda çürümekte olan bir ağaç çotuğu düşünün. Siz ve ben onun önünden gelişigüzel, en fazla bir bakış atıp geçeriz. Ancak biraz durun. Çotuğun etrafından yavaş yavaş yürüyün, bir bilimci olarak yakından bakın. Önünüzde, keşfedilmemiş bir gezegenin minyatür eşdeğeri var. Bu çürüyen kütleden, eğitiminiz ve bir de kariyerinizi yapacağınız bilim sayesinde bir şeyler öğrenebilirsiniz. Bir konu seçin ve bu konuyu fizik, kimya veya biyolojideki herhangi bir dalda kullanın. Hayal gücünüzü kullanarak, çürüyen çotuğu esas alan özgün araştırma programları tasarlayabilirsiniz.

Bu konu hakkında biraz daha düşünelim, isterseniz. Ben ekoloji ve biyolojik çeşitlilik dallarında araştırma yapıyorum. Bilimin örtüşen bu iki alanında bana katılın ve şöyle bir soru soralım: Çotuk mikro gezegeninde hangi canlılar vardır?

Hayvanlarla başlayalım. Yanlarda, dipte veya köklerin altında, fare büyüklüğünde bir memeliyi alabilecek kadar olmasa bile, kurbağa, semender, yılan veya kertenkeleyi alabilecek kadar boşluk olabilir. Şimdi resmi büyütelim ve boyu bir milimetreden otuz milimetreye kadar olan böcek ve diğer omurgasızları devreye alalım. Bunların çoğunu teçhizatsız görebiliriz. Her biri, milyonlarca yıllık evrimin uyumlandırdığı ekolojik konumlarda bulunurlar. En büyük azınlık böceklerdir. Taksonomi eğitimi almış bir böcekbilimci (ki bir türü diğerinden ayırt etmesi gereken bir bilimci bu eğitimi almalıdır) orada yaşayan kınkanatlı böcekleri –taksonomik familyaların üyeleri Carabidae (bilinen adı: toprak böceği), Scarabaeidae (bokböceği), Tenebrionidae (karanlık böceği), Cur-

culionidae (buğday biti), Scydmaenidae (karıncamsı taş böceği) ve diğerleri– saptayacaktır. Dünyada kıyaslanabilir diğer organizma gruplarına nazaran en çok türü bilinenler kınkanatlı böceklerdir. Gene de, çok çeşitli olsalar da, sayı olarak en fazla değildirler. Çotuk ayrışma aşamasındaysa, karınca kolonileri de orada olacaktır, kabuğun altındaki ve köklerin arasındaki kırıntı veya dışkılarda bulunurlar. Termitler özodununu delik deşik edebilirler. Yarık ve yüzey üzerinde, kabuk bitleri, yaykuyruklar, duyarga bacaklıgiller, sinek ve güve larvası, kulağakaçan, japygid ve yumuşak kırkayakgiller bulunabilir. Etraflarında böcekler dışında, çok miktarda çürüyen çotuk omurgasızı vardır: kabuklu tespih böceği, minik halkalı kurt, farklı ebat ve şekillerde çıyan, sümüklüböcek, salyangoz, çatal antenli kırkayakgiller ve muazzam bir akar faunası ki bu faunada çok az sayıda yırtıcı, hızlı koşan phytoseiidlerin yanında, asıl olarak ağır hareket eden yuvarlak oribatidalar hüküm sürer. Birçok farklı türden örümcek ağ örer veya ağ örmeden avlanır.

Çotuk yüzeyinin üstünde büyüyen yosun ve liken parçalarında tırtıl ile minyatür ayı arası vücut şekilleri nedeniyle ayı hayvancık da denilen, daha önce adı geçen tardigradlar da gezinir. Tüm bu hayvanlar arasında sayıca en fazla olanı, çoğunlukla zar zor görülebilen, yuvarlak kurt da denilen nematodlardır. Yuvarlak kurtların tüm dünyadaki hayvanların beşte dördünü oluşturduğu tahmin ediliyor.

Bir telefon rehberinden yırtılmış sayfaya benzer kısa listem yüzünden kafanız karıştıysa, hiç şüpheniz olmasın ki birçok biyoloğun da kafası karışıyor; oysa

bu, ağaç çotuğumuzdan çıkarılabilecek çok uzun bir listenin yalnızca başlangıcı.

İplik halindeki mantarlar çürüyen odunun içine işler, ağaç kabuğu çekilip çıkarıldığında ağlarda iplikçikler asılı dururlar. Nerede nem varsa orada bol miktarda mikroskobik mantar bulunur. Silliler ve diğer tek hücreli canlılar zar ve su damlacıklarında yüzerler.

Gelgelelim, bakteriler, çotuk ekosistemindeki canlıların tümünü hem organizma çeşitliliği hem de sayı yönünden gölgede bırakır. Yüzeydeki bir gramlık döküntüde veya çotuğun altındaki toprakta milyarlarca bakteri vardır. Bunları tümü birlikte, neredeyse hepsi de bilimde tanımlanmamış, tahmini beş ila altı bin arası türü temsil eder. Gene de boyutu daha küçük olan ve hatta büyük olasılıkla çeşidi ve sayısı fazla olan canlılar virüslerdir (kesin olarak bilmiyoruz). Bu çotuk dünyasının en küçük üyelerinin göreli büyüklükleri hakkında bir fikir sahibi olmak istiyorsanız, çok hücreli bir organizmanın bir hücresini küçük bir şehir olarak düşünün. Bu durumda bir bakterinin büyüklüğü futbol sahası, virüsünki de futbol topu kadar olacaktır.

Tüm bunlara rağmen, bütün bu grup, yanında bir saatlik veya bir günlük mola versek, enstantaneden başka bir şey değildir. Aylar ve yıllar geçip, çotuk daha da çürüdükçe, türlerde, her türdeki organizma sayısında ve ekolojik konumlarında yavaş yavaş bir değişim olur. Dönüşüm sırasında çotuk, reçine sızdıran, sert, yeni kesilmiş odun olmaktan çıkıp, toprağa besin maddeleri yayan çürüyen kıymıklara dönüştükçe, yeni ekolojik konumlar açılır ve eskileri kapanır. Nihayet çotuk, ağaçlardan düşmüş yaprak döküntüleri ve ölü dallarla

kaplanan ve işgalci komşu bitkilerin köklerinin sızdığı, ufalanmış kırıntılardan ve küften ibaret bir şey olur çıkar. Çotuk, baştan aşağı, minyatür bir ekosistemdir.

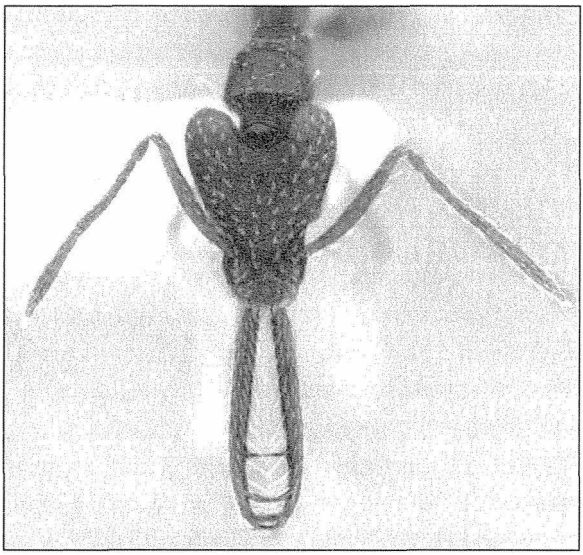
Çürümenin her aşamasında, çotuğun fauna ve florası değişmektedir. Çotuğun canlı ve atıl kütlesinin her santimetreküpünde sistem, çevreye enerji ve organik madde verir ve alır.

Bu özel dünyadan ne anlam çıkarabilirsiniz? Üzerinde çalışmak için çevrebilimci mi yoksa biyolojik çeşitlilik bilimcisi mi olmalısınız? Siz ve meslektaşınız olan araştırmacılar bu mikro kozmosun temsil ettiği, dünya biyosferindeki neredeyse sonsuz çeşitliliği nasıl ele alabilirsiniz? Çok şey yazılıp çizildi, buna rağmen çok az şey biliniyor; hatta çotukta yaşayan türlerin tam sayısı ile karada ve denizde yaşayan sayısız minyatür ekosistem hâlâ bilinmiyor; kayda geçirilmemiş ve yazılmamış durumda. Dolayısıyla her bir türün yaşamları ve rolleri hakkında çok ama çok az şey biliniyor. Bunların birleşik düzen ve süreçleri, evrende bilgi sahibi olduğumuz her şeyi aşıyor.

Şunu aklınızdan çıkarmayın: Türlerin herhangi biri üzerinde, biyoloji, kimya ve hatta fizik içindeki farklı disiplinlere yapacağınız katkılar vasıtasıyla, seçkin bir bilimsel araştırma kariyeri oluşturabilirsiniz. Büyük Alman böcekbilimci Karl von Frisch (kendisi, sembolik sallantılı dansla kurdukları iletişim ve fevkalade yer hafızaları dahil, balarılarıyla ilgili birçok keşifte bulunmuştur) bu türün biyolojisini araştırmaya daha yeni başladığını biliyordu. "Balarısı büyülü bir kuyu gibidir," demişti. "Ne kadar çekerseniz çekin hiç bitmez."

III

BİLİMDE BİR ÖMÜR



Dasetin karıncası, *Strumigenys cordovensis*'in yüzü.
Peru, Cuzco Amazonico'da Stefan Cover tarafından bulundu.
Christian Rabeling tarafından fotoğrafı çekildi.

11

BİR AKIL HOCASI VE BİR KARİYERİN BAŞLAMASI

Alabama Üniversitesi'ndeyken, çok yetersiz bir eğitim almış, on sekiz yaşında çaylak bir öğrenci olmama karşın, Harvard Üniversitesi'nden William L. Brown adında bir doktora öğrencisiyle yazışmaya başladım. Bill benden yalnızca yedi yaş büyük olmasına rağmen, karıncalar konusunda çoktan dünyada önde gelen bir otorite olmuştu. Zararlı böcek türlerinin kontrolü üzerinde uzmanlaşmış olanları saymazsak, o sıralar dünyada karınca uzmanı olan yalnızca on kadar kişi vardı ve Bill de onlardan biriydi.

Bill Brown'ın bana esin kaynağı olan özellikleri, önemliden en önemliye doğru sıralayacak olursak, bilim, böcekbilimi, caz, yazmak ve karıncalara adeta fanatikçe düşkün olmaktı. 1997 tarihli anma yazımda da belirttiğim gibi, Bill işçi sınıfından, mükemmel bir dimağı olan bir adamdı. Barlara gider, bira içmeyi sever, o günün katı Harvard standartlarına göre kötü giyinir ve fakültede ne zaman bir yapmacıklık görse dalga geçerdi. Ancak arkadaş olduğu çocuk yani benim için bir talih kuşuydu.

Genç takipçisine şöyle yazmıştı: "Wilson, Alabama'da bulunan bütün karınca türlerini tanımlama

projende çok iyi bir başlangıç yaptın. Ancak biyolojide özgün çalışmalar yapabileceğin daha temel bir konuyu ciddi olarak düşünme zamanı geldi. Eğer karıncaları inceleyeceksen, bunu çok ciddiye alman lazım."

İlk tanıştığımızda Bill, çoğunlukla tropikal bölgeler ile ılıman kuşağın bazı bölümleriyle sınırlı olan dasetin karıncası denilen bir tür grubunu [*dacetini*] sınıflandırmakla çok yoğun bir biçimde uğraşıyordu. Bu böcekler tuhaf anatomileri sayesinde kolayca ayırt edilebilirler. Uzun çenelerinin ucu kanca biçimindedir ve sıra sıra iğne gibi dişleri vardır. Vücutları dalgalı veya kürek şeklindeki tüylerin çeşitli birleşimleriyle kaplıdır ve birçok türün belinin etrafında gözenekli bir doku kütlesi vardır.

"Wilson," diye devam etmişti Bill, "Alabama'da birçok dasetin türü var. Senden, çalışmalarımız için, elinden geldiğince çok koloni toplamanı ve bu işi yaparken, davranışları hakkında da bir şeyler öğrenmeni istiyorum. Bu konuda şimdiye kadar neredeyse hiçbir şey yapılmadı. Bu karıncaların ne yediklerini bile bilmiyoruz."

Bu her ne kadar bir çavuşun eğitimde bir ere emir vermesi gibi olsa da, Bill Brown'ın bana bir meslektaşıymışım gibi hitap etmesi hoşuma gidiyordu. Sanırım ABD Deniz Kuvvetleri'nde olsak ve cehennemde bir yerde karıncaların yaşadığını farz etsek, onu cehenneme kadar takip eder veya buna benzer bir şey yapardım. Yaşım küçük ve deneyimim az olmasına rağmen, benden profesyonel bir böcekbilimci gibi davranmamı bekliyordu. Oraya gidip işi halletmem konusunda üsteliyordu. "Duygularınla bağlantı kur"

veya "Yapmayı en çok sevdiğin şeyi düşün" gibi bir tavsiye vermiyordu.

Böylece onun bana olan güveniyle havaya giren ben oraya gidip işi hallettim. Yabani kolonilerin doğada kapladıkları yer büyüklüğünde oyuklar içeren alçıdan kutular yaparak işe koyuldum. Bitişiğine, karıncaların avlanabilecekleri, daha büyük bir oyuk ilave ettim. Böyle birçok oyuğa, doğal habitatlarda, dasetinlerin yuvaları etrafında bulduğum canlı akar, yaykuyruk, böcek larvası ve başka omurgasızlardan birçok çeşit koydum. Daha sonra buna "kafeterya yöntemi" adını verecektim.

Emeklerim hemen semeresini verdi. Küçük karıncaların yumuşak yaykuyrukları (teknik isimleri entomobryoid collembolan) tercih ettiklerini keşfettim. Sezdirmeden ava yaklaşıp yakalamalarını izlerken, dasetin karıncalarının tuhaf anatomisi çok mantıklı geldi. Yaykuyruklar dünyada toprak ve yaprak yığınlarında bol miktarda bulunur ve bazı yerlerde baskın böcekler arasındadırlar. Ancak karınca, örümcek ve toprak böceği gibi sıradan yırtıcıların onları yakalaması çok zordur. Vücutlarının alt kısmında sertçe açılabilen uzun bir kol vardır ama çoğu zaman kilitli durur. Başka bir deyişle, fare tuzağı gibi kurulmuştur. Yaykuyruk çok hafifçe bile rahatsız edilse, bu anatomik bir tetiği çeker ve kol serbest bırakılır. Yere çarpan kol, böceği yükseklere fırlatır. İnsanda buna karşılık gelen akrobatik hüner, 20 m yükseğe sıçrayıp, futbol sahası uzunluğu kadar da ileri gitmektir.

Yükseğe sıçrama çoğu yırtıcıya karşı etkilidir, fakat dasetin karıncasının yapısı bunu alt etmeye müsaittir.

Duyargasındaki duyu alıcılarıyla yakınlardaki bir yaykuyruğu tespit ettiğinde –genellikle kör olan– dişi avcı uzun altçenelerini yanlara doğru hızla açar (bazı türlerde çene 180 derece veya daha fazla açılır) ve onları kafasının önündeki bir çift hareketli mandalla yerine tutturur. Avcı daha sonra avına adım adım, çok dikkatle, yavaşça, sezdirmeden yaklaşır. Ortada bir yaykuyruk varsa, o dünyanın en yavaş karıncalarından biri olur. Duyargaları da avının yerine sabitlenmiş halde, yavaş yavaş salınır; koku solda zayıfladığında sağa, sağda zayıfladığında da sola döner, karıncanın yoldan sapmamasını sağlar. İz süren avcının üst dudağından iki uzun hassas tüy ileri doğru uzanır. Uçları yaykuyruğa dokunduğunda mandal açılır ve altçenelerin dip kısmında gerili halde duran güçlü kaslar serbest kalır. Altçeneler hızla kapanır, iğne keskinliğindeki dişler yaykuyruğun yumuşak vücuduna geçer. Genellikle yaykuyruk hemen karın kolunu serbest bırakabilir; bunun sonucunda yukarı doğru fırlar ve karınca da havaya savrulur. Sık sık, eğer dasetin karıncaları ve yaykuyruklar aslan ve ceylan büyüklüğünde olsalardı, vahşi yaşam fotoğrafçılarının eğlence kaynağı olacaklarını düşünmüşümdür.

Benim ve Bill Brown'ın, tek başımıza veya birlikte yayımladığımız ilk çalışmalardan, mükemmel bir dasetin biyolojisi tanımı ortaya çıktı. Öncelikle fizyologlar altçenelerin kapanmasının, hayvanlar âleminde var olan en hızlı hareketlerden biri olduğunu fark ettiler. Daha sonraki araştırmacılar, dasetin karıncasının belinin etrafındaki gözenekli halkanın, yaykuyrukları cezp eden, alt çene tuzağının yakınına çeken bir kimyasal salgıladığını keşfettiler.

Zamanla biz ve diğer böcekbilimciler dasetinlerin, bütün karınca grupları arasında, çok geniş bir alana dağılmış, sayıları en fazla olan gruplardan biri olduğunu gördük. Çok küçük olmaları yüzünden toprak ve çerçöp içinde fark edilmeseler de, dünya habitatlarındaki besin zincirlerinin önemli bir halkasıdırlar. Bu arada, birçok dasetin türü, daha önce betimlediğim gibi, çürüyen çotuklarda yaşar.

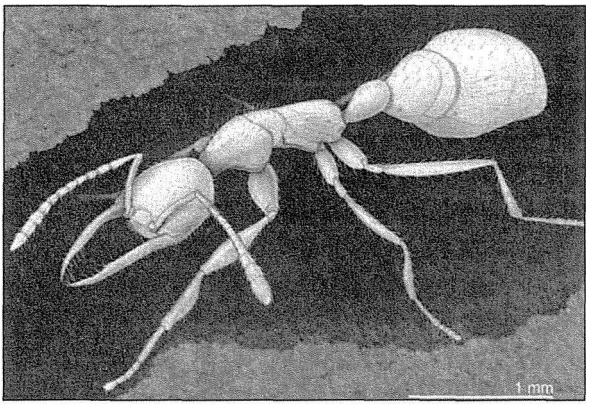
Sonraki on yıl boyunca, ben ve Bill Brown evrim biyolojisine doğru bir sonraki mantıklı adımı attık. Gitgide artan bilgimiz sayesinde, milyonlarca yıldır dasetinler dünyada yayılır, türleri çoğalırken meydana gelen değişimleri yeniden oluşturduk. Farklı türlerin hangi şekilde ve koşullar altında anatomik boyutları büyümüş veya küçülmüştü? Bazıları nasıl ve neden toprağa, toprağa düşmüş dallara veya çürüyen kütük ve çotuklara yuva yapacak şekilde evrim geçirmişti? Hatta birkaç tanesinin orkidelerin ve yağmur ormanı epifitlerinin kök kütlelerinde yaşayabildiklerini keşfetmiştik.

Çalışmalarımız devam ettikçe dikkatimiz dasetin karıncalarının tarihi üzerinde toplandı. Antilop, kemirgen veya av kuşları türlerininkine benzer bir evrim öyküsü olduğu ortaya çıktı. Bunun gibi çok küçük olan karıncaların önemsiz olduğunu ve fazla ilgi çekmemesi gerektiğini düşünebilirsiniz. Ancak gerçek tam tersidir. Devasa rakamlara ulaşan sayıları ve ağırlıklarının toplamı, cılız boyutlarını fazlasıyla telafi eder. Dünyanın biyolojik çeşitliliğinin ve yoğun canlı dokusunun kalelerinden biri olan Amazon yağmur ormanlarında, karıncaların tek başlarına toplam ağırlığı, karada ya-

şayan bütün omurgalıların –memeliler, kuşlar, sürüngenler ve amfibilerin– toplam ağırlığından dört kat fazladır. Orta ve Güney Amerika ormanları ile çayırlarda, bir karınca grubu olan yaprak kesiciler, üzerlerinde yemek için mantar yetiştirmek üzere yaprak ve çiçek parçacıkları toplarlar. Böylece bitki örtüsünün en başta gelen tüketicileridirler. Afrika'nın savana ve otlaklarında, tepe inşa eden termitler de mantar yetiştirirler ve toprağı işleyen hayvanların başında gelirler. Her ne kadar böcek, örümcek, akar, çıyan, kırkayak, akrep, duyarga bacaklıgiller, tespih böceği, yuvarlak kurt, halkalı kurt ve bunlar gibi diğer minik hayvanlar genellikle, bilimciler tarafından bile göz ardı edilse de, bunlar her şeye rağmen "dünyayı döndüren küçük şeylerdir." Biz ortadan kaybolacak olsak, sonuçta diğer canlılar gelişir. Öte yandan karadaki küçük omurgasızlar kaybolacak olsa, insanların çoğu dahil olmak üzere, neredeyse her şey ölür.

Ben çocukken kelebekleri yakalamak ve farklı karınca türlerini aramak için taşların altını üstüne getirmek amacıyla ormanlarda keşfe çıkmanın hayalini kurduğumdan, size daha önce verdiğim öğüdü tesadüfen dinledim: Hareketin en az olduğu yere gidin. Kaderin cilvesine bakın ki, ben de aslında rahatlıkla, fare, kuş ve diğer büyük hayvanlar üzerinde çalışan çok sayıdaki genç biyoloğun arasına katılabilirdim. Çoğu gibi, araştırma ve öğretimde, üretken ve mutlu bir kariyerin keyfini sürebilirdim. Bunda kesinlikle yanlış bir şey yok, ancak geleneksel olmayan yolu takip ettiğim ve Bill Brown gibi ilham veren bir akıl hocam olduğu için, hiç zorluk yaşamadım. Canlı dünyasının esasını

oluşturan, fakat o sıralar ve hatta günümüzde bile hâlâ kolayca göz ardı edilebilen, çürüyen çotuk ve diğer mikrokozmosların bilimsel araştırmasında erkenden özel bir fırsat keşfettim.



Martialis heureka, bilinen en eski yaşayan karınca, Wisconsin Üniversitesi-La Crosse (www.pupating.org), Biyoloji Departmanı'ndan Barrett Klein'ın çizimi.

12

BİYOLOJİNİN KUTSAL KÂSELERİ

Bill Brown ve ben, dasetin karıncalarının tarihinin izini sürerken, günümüzde bütün dünyaya yayılmış dasetin soyunu uzun zaman önce meydana getirmiş ata türe benzer, görünüşe göre en ilkel yaşayan türe odaklandık. Avımız *Daceton armigerum*, kuzey ılıman kuşağında her yerde bulunan 1,3 cm'lik marangoz karıncalarla aşağı yukarı aynı boydaydı. Uzun düz çenelerinin ucunda çok sivri iğneler bulunan bu türün, Güney Amerika'nın yağmur ormanlarındaki ağaçlarda yaşadığı biliniyordu. Bunun dışında böcekbilimcilerin, yuvalarının nerede olduğu, kolonilerinin sosyal yapısı, ne zaman ve nasıl yiyecek aradıkları, neleri avladıkları konusunda neredeyse hiçbir bilgileri yoktu. Bu karınca en azından kısa süreliğine de olsa benim kutsal kâsem oldu.

Dünya çapındaki karınca araştırma seyahatlerimin en başında, o sıralarda Hollanda Guyana'sı olarak bilinen Surinam'a gittim. Büyük dasetini aramak için, vakit kaybetmeden başkent Paramaribo'nun etrafındaki yağmur ormanlarına gittim. Bir hafta boyunca kan ter içinde çabalayıp başarısız olduktan sonra, o yöredeki böcekbilimcilerden yardım istedim. Onlar

da asistanlarını ve birkaç yerliyi gönderdi, yerliler daha önce karıncayı görmüş ve nerelere bakılması gerektiğini bilen, orman konusunda deneyimli kişilerdi. Kısa sürede bir koloni bulduk. Benim bakmadığım bir yerdeydi; yoğun, mevsimlik bir bataklıkta büyüyen küçük bir ağaçta. Ağacı kestik ve parçalar halinde Paramaribo'daki laboratuvara götürdük. Orada itinayla gövdeyi dilimledikten sonra ortaya bütün koloninin –kraliçe, işçiler, kuluçka– yaşadığı bir oyuk çıktı. Koloniyi inceledikten sonra (daha sonra Trinidad'da ikinci bir koloni buldum), boşlukları doldurdum: Koloniler birkaç yüz işçiden ibaret; avcılar tek başlarına ağaç tepelerinde av aramaya çıkıyor; her avcı kendi başına avlanıyor; çok çeşitli böcekler yakalıyorlar, yakaladıklarının hepsi de yaykuyruklardan ve bilinen küçük dasetinlerin peşinde koştuğu avlardan daha büyük. Ve fazlası.

Çok önemli bir keşif yapma imkânı sunan, ilkel dev dasetin gibi özellikle umut verici türlerin yerini belirlemek için, biyologların biyolojik çeşitliliği taramaları yaygın bir uygulamadır. Aynı amaçla, şimdiki adı Sri Lanka olan Seylan'a da bir keşif gezisi düzenledim. Orada bulunan anöretin (aneuretine) karıncasının dasetin karıncası gibi karakteristik bir grup olduğunu biliyordum. Ne var ki dasetinlerin aksine, anöretinler şu anda dünyada baskın olan böceklerden değildir. Aslına bakarsanız, yok olmanın eşiğindeler. Evrim piyangosundaki zirve anları uzun zaman önce, Mezozoik Zaman'ın sonuna doğru, Sürüngenler Çağı'nda yaşandı ve Memeli Çağı olan erken Senozoik Zaman boyunca

bir süre devam etti, başka bir deyişle elli ila yüz milyon yıl önceydi. Anöretinlerin fosil kalıntılarından, Senozoik Zaman'da hem çeşitlerinin fazla hem de nispeten yaygın olduklarını biliyoruz. Ancak sosyal örgütleri, yuvaları, kolonileri, iletişimleri, yiyecek alışkanlıkları hakkında hiçbir şey bilmiyoruz. Ben Harvard'da genç bir araştırmacıyken, 1800'lerin sonlarında, Sri Lanka'nın merkezindeki Kandy yakınlarında bulunan Peradeniya'daki altı yüz yıllık Kraliyet Botanik Bahçeleri'nde, yaşayan *Aneuretus simoni* türünün iki örneğinin toplandığını biliyordum. Ancak o zamana dek, koyu sarı küçük karıncaların başka örnekleri koleksiyonlara henüz girmemişti.

Yaşayan son anöretin türünün nesli tükenmiş miydi? Milyonlarca yıl hayatta kaldıktan sonra, kısa bir zaman aralığında dodo kuşu ve Tazmanya kurdunun akıbetine mi uğramıştı? Bunu keşfetmek zorundaymışım gibi hissediyordum. Bu benim için başka bir kutsal kâseydi. 1955'te, yirmi altı yaşındayken, Colombo'da bir İtalyan yolcu gemisinden indim ve dosdoğru Kandy'deki, görünüşe göre çok umut veren, yarı doğal bölge, kralların ormanlık sefa bahçesi Udawattakele'ye gittim. Bir hafta boyunca gündüzleri araştırma yaptım. Hiçbir şey, hatta bir tane bile yolunu kaybetmiş anöretin işçi karıncası bulamadım. Daha sonra, ilk örneklerin kaynağı olan, Peradeniya bahçelerinin daha örselenmiş topraklarına doğru ilerledim. Daha yakından araştırdım ama yine de *Aneuretus* bulamadım. Gerçekten de aradığım türün ve bu türle birlikte anöretin karıncalarının büyük evrimsel topluluğunun da yok olmuş olması mümkün gibiydi.

Fakat bunu kabul edemezdim. Böylece, o sıralar neredeyse aralıksız Adam's Zirvesi'ne dek uzanan yakınlardaki yağmur ormanında ve şehrin dışında karınca aramaya karar vererek, güneye Ratnapura'ya doğru yola koyuldum.

Ratnapura'ya varır varmaz bir pansiyona yerleştim, yıkanıp temizlendikten sonra hemen yakınlardaki bir baraj gölünün yanında gezinmeye başladım. Kıyı yayalar ve otlayan sığırlardan harap olmuş olmasına rağmen, cılız bir koru fark etmiştim. Yerde duran içi boş ince bir dalı alıp, ikiye ayırdım ama içinde yaşayan ilgi çekici bir şey bulmayı ummuyordum. Ancak kızgın bir *Aneuretus* sürüsü boşalınca afalladım. Orada öylece durup bu harika hediyeye bakakaldım. Ellerimden akan işçi karıncaların rahatsızlık veren kıpırtılarını hiç duyumsamıyordum. Bir Audubon bilgini yeni bir orijinal yaprak keşfetse kâğıt kesiğinden rahatsız olur muydu sizce?

Ertesi gün, bence ancak bir böcekbilimcinin olabileceği kadar sevinçli bir halde, yakınlardaki yağmur ormanına yakın bir durakta inmek üzere otobüse bindim. Yanımda Colombo'daki Doğa Tarihi Müzesi'nin bana verdiği bir asistan vardı. Onun ana görevi, dinleri, karınca dahil bütün hayvanların öldürülmesini yasaklayan Caynacıları özel iznim olduğuna dair ikna etmekti. Çok geçmeden ormandaki bir patikada birkaç tane daha *Aneuretus* kolonisi buldum. Karıncaları, ara sıra boşalan sağanaklar arasında sahada inceledim. İletişimlerini, yavruların ve ana kraliçenin bakımlarını ve sosyal davranışlarının diğer yönlerini incelemek için,

birkaç koloniyi yapay yuvalara yerleştirdim. Harvard'a döndüğümde, anöretinin iç anatomisini tanımlayabilmek için bazı meslektaşlarla birlikte çalıştım.

Aşağı yukarı otuz yıl sonra, Harvard'da profesörken, son sınıf onur tezi için anöretinlerle ilgili ileri araştırmalar yapan, Sri Lanka'lı Anula Jayasuriya adlı bir üniversite öğrencisine yol gösterdim. Anula bu türün çeşitliliğinin azaldığını keşfetti ki ziyaretimden bu yana Sri Lanka düzlüklerindeki ormanların acımasızca yok edilmesi nedeniyle bunda şaşılacak bir şey yoktu. O esnada Uluslararası Doğa Koruma Birliği'nin derlediği tehlikede olan türler listesine, bu kategori için bile göz önüne alınabilecek kadar iyi bilinen birkaç nadir böcek türünden biri olan *Aneuretus simoni*'yi koymuştum.

Bu dönemde, küçük fakat bütün olarak dünyada baskın karıncaların evrim tanımı gitgide daha çok belirginleşiyordu. Daha çok araştırmacı fosil ve yaşayan türleri inceleme işine giriyordu. Evrimdeki, hayatta kalan gruplara götüren adımları tamamlıyor, bu esnada da daha önceden bilinmeyen grupları ve onları birbirine bağlayan ata soylarını keşfediyorduk.

Bir süreliğine, kalan en büyük boşluk, bütün karıncaların atasıydı. Tek başına yaşayan karınca diye bir şey yoktur. Bildiğimiz kadarıyla yaşayan bütün türler, içinde kraliçe ile bütün işi yapan kısır (veya neredeyse kısır) kızlarının olduğu bir koloni oluşturur. Erkekler yuvada yalnızca bakire kraliçelerle çiftleşmeleri için yetiştirilir. Yuvayı eş bulmak amacıyla terk ederler, geri dönmelerine izin verilmez ve sonra çok geçmeden

ölürler. Kral Süleyman, "Karıncanın yanına git miskin, onun yaptıklarına bak, ondan öğren," dediği ahlaki öğüdünü verirken, belli ki karınca biyolojisinin tüm gerçeklerinden haberdar değildi. Her şeye rağmen, bu tuhaf fakat son derece başarılı sosyal sistem nasıl oldu da oluştu? Ben genç bir bilimciyken, elimizde bazıları elli milyon yıldan öncesine tarihlenen, incelenebilecek birçok fosil vardı fakat temsil edilen her tür işçi sınıflarına sahipti. Sosyal örgütlerinin kaynağına dair hiçbir şey bilmiyorduk.

Biz karınca biyologlarının o sıralar aradığı kutsal kâse, hâlâ kayıp olan o halkadır: Elli milyon yıldan daha öncesinde yaşamış ata karıncalarınınki gibi kolonileri olan ve sosyal davranışların kökenine dair ipuçlarını sağlamaya yetecek kadar basit ilkel karınca. O sıralarda hakkında bilgi sahibi olduğumuz başta gelen aday, Avustralya şafak karıncasıydı (*Nothomyrmecia macrops*). Ne yazık ki Sri Lanka'nın yaşayan anöretinleri gibi, bu türe ait bilgiler sadece iki örnekten elde edilmişti. Bunlar 1931'de, dünyadaki en uzak yerlerden birinde toplanmıştı. Bu bölge Batı Avustralya'nın çok zor ulaşılan kum ovası fundalığıydı. 1950'lerde, batıda küçük kıyı şehri Esperance'ten, doğuda çöle benzer Nullarbor Ovası'nın kıyısına dek uzanan ve 26.000 dönümden daha büyük bu devasa bölgede hiç insan yoktu. Ziyaretimden yirmi yıl önce, bir grup maceraperest at sırtında, fundalık boyunca, güneyde kıtayı kat eden anayoldan, sahildeki Thomas River Çiftliği denilen metruk kır evine kadar, Esperance'ın yaklaşık yüz mil batısına gitmişlerdi. Geçtikleri bölge dünyada

biyolojik açıdan en zengin yörelerden biridir. Görünüşte kurak fundalıkta, dünyada başka yerde bulunmayan çok sayıda bitki türü yaşıyordu. Oradaki böceklerin çoğu tanımlanmamıştı.

1931'deki grupta yer alan genç bir kadın, Melbourne'daki Victoria Müzesi'nde böcekbilimci ve o sıralar Avustralya'da karıncalar konusunda tek uzman olan John S. Clark için, yol boyunca karınca toplamayı kabul etmişti. Yanında alkolle dolu bir kavanoz taşıyor, karıncaları bulduğu yerde içine atıyordu. Clark örnekleri incelerken, şekli eşekarısına benzeyen, bilinmeyen bir karınca türüne ait iki örnek görünce çok şaşırdı. Görünüşe göre, bilinen bütün yaşayan karıncaların arasında, anatomisi bütün karıncaların atası olmaya en yakın olan oydu. Ne yazık ki toplayan kadın hangi karıncaları nerede bulduğuna dair bir kayıt tutmamıştı. Avustralya şafak karıncası yüz millik bir yolda herhangi bir yerden alınmış olabilirdi.

1955'te karıncaları incelemek için Avustralya'ya gittiğimde, bu gizemli türü yeniden keşfetmeyi kafama takmıştım. Bu tür doğabilimciler arasında bir efsaneydi zaten. Kraliçe ve işçi kolonileri olan iyi örgütlü, bütünüyle sosyal bir koloni mi, yoksa bilinen diğer gelişmiş karıncalardan daha mı geride olduklarını öğrenmek istiyordum. O zamanki biyologların, karıncanın gelişmiş sosyal yaşamının nasıl ve neden ortaya çıktığına dair başka hiçbir fikirleri yoktu.

Yirmi altı yaşımın verdiği enerji ve iyimserlikle dopdoluydum. *Nothomyrmecia macrops*'ı keşfetme işinde bana katılmaları için iki hevesli bilimciyi de

davet ettim. Biri ünlü bir Avustralyalı doğabilimci ve Batı Avustralya çevresi konusunda bir otorite olan Vincent Serventy idi. Diğeri o sıralarda Washington Carnegie Enstitüsü'ne kısa süre önce müdür olarak atanmış, uzun zamandır karınca uzmanı olan Caryl Haskins idi. Esperance'ta randevulaştık, malzemeleri yükledik ve eski bir açık kasa ordu kamyonuyla, pis bir yoldan, doğuya Thomas River Çiftliği'ne doğru yola koyulduk. Çiçekli funda ve otlarla kaplı düz ovanın seyrine doyum olmuyordu ve bomboş olması insana bir kutsallık hissi veriyordu. Tüm yolculuk boyunca sadece bir tane taşıt gördük. Haftanın çoğunda, bu bölgeden çıkan tüm yönlerde gece gündüz araştırma yaptık. Geceleyin yaban köpekleri sinsi sinsi kampımızın etrafında dolanıyor, gündüzleri yaz güneşi bizi kavuruyor, adımlarımız da devasa et karıncası yuvalarını fokur fokur kaynayan, kızıl kahverengi, kızgın kütlelere dönüştürüyordu. Bunlar çok kötü ısıran muhafızlardı. Korkuyor muydum peki? Asla. Her dakikasından zevk alıyordum.

Bir gün de kuzeyde yer alan, çorak kumtaşından yamaçlarında, şafak karıncaları bulabileceğimizi düşündüğümüz Mount Ragged'e gittik. 1931'deki grup ve bizim için tek su kaynağı, bir saatte bir kupayı doldurabilecek kadar su damlatan, gölgeli bir çıkıntının üst kısmındaki nemli bir alandı. Orada da hiç şafak karıncası yoktu.

Emeklerimizin semeresini birçok yeni karınca türü olarak aldık ama tek bir şafak karıncası bile bulamadık. Beklentilerim çok yüksek olduğundan, bu durum

bilim hayatımın en büyük hayal kırıklıklarından biri olmuştu.

Ancak başarısız keşif gezimiz Avustralya basınında geniş ölçüde yer buldu ve böcekbilimcilere, kum ovası fundalığında araştırma yapmaları için ilham verdi. Yerel bilim duayenleri arasında, eğer bu özel böcek yeniden keşfedilecek ve incelenecekse, bu işin kıtada zaten gereğinden fazla bulunmuş Amerikalılarca değil, Avustralyalılar tarafından yapılması gerektiğine dair yaygın bir kanı vardı.

Böyle bir girişimin öncülüğünü, daha önce öğrencim olan, doktorasını Harvard'da yapmış ve o sırada Avustralya'nın başkenti Canberra'da, ulusal böcek koleksiyonlarında böcekbilim sorumlusu olan Robert W. Taylor yaptı. Bob bu keşfi yapmayı, kutsal kâseyi kendisi için ve Avustralya böcekbiliminin onuru adına bulmayı çok istiyordu. Taylor'ın grubu batıdan şafak karıncası bölgesine giderken, bir çeşit çalıya benzer okaliptüs olan cüce okaliptüs ormanında kamp yaptı. Serin bir geceydi ve böcek aramak için bir sebep yokmuş gibi görünüyordu. Yine de Taylor, canlı bir şeyler bulma ihtimaline karşı, el feneriyle gezinmeye başladı. Birkaç dakika sonra, "Kör olasıca piçi buldum! Yakaladım onu!" diye bağıra bağıra koşarak geri döndü. Şimdi artık böcekbilimciler arasında da ünlü olan sözlerinin işaret ettiği gibi şafak karıncası bir Avustralyalı tarafından olmasa da en azından bir Yeni Zelandalı tarafından gerçekten bulunmuştu.

Şafak karıncasının bir kış türü olduğu ortaya çıktı. İşçi karıncalar yuvalarında bekliyor ve çoğu uyuşuk

olduğundan yakalaması kolay olan böcekleri avlamak için daha çok serin gecelerde dışarı çıkıyorlardı. Bu tür çok eski Gondwana faunasına aittir, faunanın böcek ve diğer canlılarının büyük bölümü Gondwana süper kıtasının parçalara ayrılması sırasında Mezozoik Zaman'da ortaya çıkmış, Yeni Zelanda, Yeni Kaledonya ve Avustralya'nın kuzeyine doğru sürüklenmişti. Şafak karıncasının ait olduğu, soyu tükenmekte olan türler güney ılıman kuşağına ve kimi zaman kışın soğuğuna uyum sağlamışlardır. Esperance'ın dışında yaz ortasında araştırma yaparken bu olasılığı öngörmeliydim ama öngöremedim.

Şafak karıncalarının yerinin tespit edilmesini takiben birçok çalışma yapıldı, bu türün biyolojisinin ve doğal tarihinin hemen hemen her yönü araştırıldı. Şafak karıncalarının sosyal davranışlarının çoğu yönlerinin basit olduğu ortaya çıktı fakat temelde, beklediğimiz gibi daha az sosyal değiller. Diğer bilinen bütün karıncalar gibi, içinde kraliçe ve işçilerin olduğu koloniler meydana getiriyorlar. Yuva yapıyor, yiyecek arıyor ve kız kardeşlerini yetiştiriyorlar. Hepsi de ana kraliçenin ona bağlı olan kızlarıyla işbirliği yapıyor.

Minicik boyutlarını göz önüne alsak bile, bütün karıncaların kökenini keşfetmek, dinozorların, kuşların ve hatta memeliler arasındaki uzak atalarımızın kökenini bulmak kadar önemlidir. Şunun farkına vardım ki araştırmacıların, tatmin edici yaşayan bir halka olmadan, ilerleme kaydedebilmeleri için, doğru jeolojik döneme ait doğru fosilleri bulmaları gerekiyordu. Gelgelelim 1966'ya dek, bilinen en eski fosiller nispeten yeni, elli

ila altmış milyon yıl öncesine aitti; o dönem itibariyle, Eosen'in başlarından ortalarına dek, karıncalar zaten bol miktarda mevcuttu ve çeşitleri de çok fazlaydı. Küresel düzeyde de dağılmışlardı. Hatta Avrupa'nın Baltık kehribarında korunmuş, Avustralya'daki yaşayan karıncaya benzer nesli tükenmiş bir şafak karıncası türü bile bulmuştuk.

Bunların hepsi çok moral bozucuydu. Belli ki karıncalar altmış beş milyon yıl önce sona eren Mezozoik Zaman'da ortaya çıkmışlardı. Uzunca bir süre elimizde tek bir Mezozoik örnek bile yoktu. Sanki dünyanın baskın canlı grubu olan bu böceklerin ataları ve en eski türleri üzerine koyu bir perde inmiş gibiydi. Daha sonra 1966'da, karınca gibi görünen iki örneğin, jeolojik bir çökeltide yer alan doksan milyon yıllık bir kehribarda bulunduğu bilgisi Harvard'a geldi. Dünyada bunca yer arasında, uzaklardaki egzotik bir fosil yatağında değil de, New Jersey sahillerinde küçük bir şey bulunmuş ve incelemem için bana gönderilmişti. Nihayet perde kalkabilirdi! O kadar heyecanlıydım ki kehribar parçasını posta paketinden çıkarmamla elimden düşürmem bir oldu. Kırılıp ikiye ayrıldı. Dehşet içinde kalmıştım. Ben nasıl bir felakete yol açmıştım böyle? Yine de, bereket versin ki her parçanın içinde bütün halinde bir karınca mevcuttu ve fosillerin hiçbiri zarar görmemişti. Parçaların yüzeyini cam gibi pürüzsüz olacak şekilde parlattığımda, örneklerin dış formunun sanki birkaç gün önce reçineye konmuş gibi korunmuş olduklarını fark ettim.

Meslektaşlarım ve ben Mezozoik karıncaya *Sphecomyrma freyi* adını verdik; ilk kelimesi "eşekarısı karıncası" anlamına gelen cins ismiydi, ikincisini de örnekleri bulmuş olan emekli çifti onurlandırmak için vermiştik. Cins ismi enikonu uyuyordu: Bu türün eşekarısına çok benzeyen bir kafası vardı, bazı organları daha çok karıncaya benziyordu ve vücudunun diğer organları da şeklen eşekarısıyla karınca arasındaydı. Özetle kayıp halka keşfedilmiş, başka bir kutsal kâse bulunmuştu.

Keşfin ilan edilmesi, böcekbilimcilerin heyecanla geç Mezozoik Çağ'dan kalma kehribar ve tortul kaya çökeltilerinde, karınca ve karıncaya benzer eşekarılarını araştırmaya başlamalarını tetikledi. Yirmi yıl içinde, New Jersey, Alberta, Burma ve Sibirya'dan çökeltiler içinde çok daha fazla örnek çıkageldi. Yeni *Sphecomyrma* örneklerine ilaveten, evrimsel gelişimin diğer basamaklarındaki yeni türler de gün ışığına çıktı. Karıncaların ilk başlardaki çeşitlenmesinin öyküsü açığa çıkmaya başladı. Bunun en az 110 milyon yıl ve muhtemelen daha da önce, günümüzden 150 milyon yıl kadar önce meydana gelmiş olabileceğini bulduk.

Gene de maalesef elimizde sadece fosiller vardı. Sosyal davranışları sahada ve laboratuvarda incelenebilecek yaşayan evrimsel halkalar bulunamamıştı. Öyle görünüyordu ki karıncalardaki sosyal davranışların erken aşamalarının kesin bilgisinin, parçaların bir araya getirilmesiyle dolaylı olarak elde edilmesi gerekebilirdi. Avustralya şafak karıncası ve yaşayan

karıncalar arasındaki diğer kıyaslanabilir ilkel soyların az bir miktarı, bulup bulabileceğimiz en iyi şeyler olabilirdi.

Daha sonra 2009'da, büyük resmi en azından değiştirebilme potansiyeli olan tam bir sürpriz ortaya çıktı. Genç Alman böcekbilimcisi Christian Rabeling Orta Amazon'da, Manaus yakınlarında bulunan yağmur ormanındaki toprak ve yaprak öbeklerinde kazı yapıyordu. O zamandan bu yana sahada beraber çalıştığım Rabeling, bakmadık köşe bırakmaz ününü, kelimenin tam anlamıyla hak etmiş biridir. Keza ağaç tepelerinde yuva yapmış karınca kolonilerini indirmek için de donanımsız halde, seve seve ağaca tırmanırdı. Bir gün bulabildiği her yeni karınca türünü toplarken, yerdeki yaprakların altında ilerleyen tuhaf görünümlü soluk bir örnek fark etti. Eline aldığında bilinen hiçbir karınca cins veya türüne uymadığının farkına vardı.

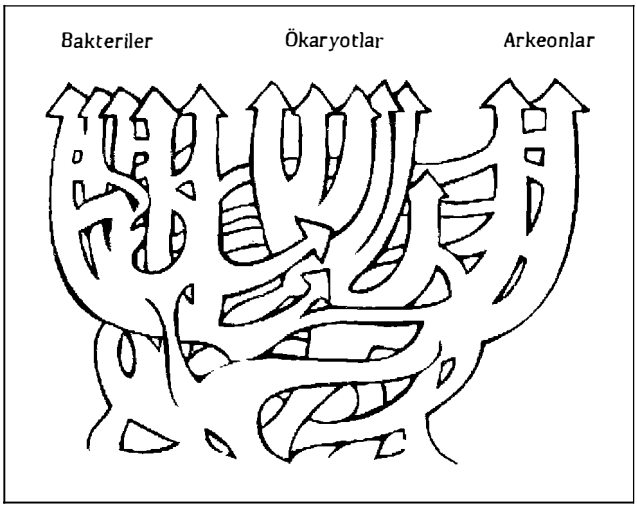
Harvard'a yaptığı ziyaret sırasında, koleksiyonunun geri kalanıyla birlikte, keşfini de "Karınca Odası"na getirdi. Harvard'ın Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi'nin dördüncü katındaki bu sıkışık yerde, dünyadaki en büyük ve tamamlanmaya çok yakın, sınıflandırılmış bir karınca koleksiyonu vardır. Bir asırdan daha uzun süredir, ardı ardına böcekbilimcilerin çabasıyla oluşturulmuş bu yer, altı bin kadar türe ait olan, belki de bir milyon örnek (kimse tam sayım yapmaya gönüllü olmamıştır) içerir. Dünyanın her yerinden karınca uzmanları topladıkları örnekleri tanımlamak, sınıflandırma ve evrimle ilgili araştırma

yürütmek için buraya gelirler. Rabeling Amazon'da bulduğu tuhaf böceği getirdiği sırada orada birkaç uzman daha vardı.

Epeyce bir afallayan uzmanlar, beni koridorun karşısında bulunan ofisimden çağırdılar. O anı çok canlı bir biçimde hatırlıyorum. Mikroskoba baktığımda, "Aman Tanrım, bu şey Mars'tan filan geldi herhalde!" dedim ki sözlerim benim de hiçbir fikrimin olmadığını ele veriyordu. Daha sonra Rabeling bu türü resmi olarak teknik bir bültende tanımladığında, karıncasına *Martialis Heureka* adını verdi ki bu da aşağı yukarı "keşfedilmiş küçük Marslı" anlamına geliyor. Tamam, bu bir karıncaydı ve karınca aile ağacında Avustralya şafak karıncasından bile daha eski bir dalı kanıtlıyordu. Üç yıl sonra bu yazıyı yazdığım sıralarda başka Marslı karıncalar hâlâ bulunamamıştı. Gelgelelim Amazon çok büyük bir yer, eğer tür hakikaten sosyalse, bir koloninin eninde sonunda tespit edileceğini umuyorum, belki de Brezilya'da sayıları gitgide artan genç karınca uzmanlarından biri veya birkaçı tarafından.

Karınca öykümün, bilimin en marjinal konularından biri olduğunu, daha çok buna odaklanmış araştırmacıların ilgisini çekecek bir şey olduğunu düşünebilirsiniz. Belki de haklısınız. Yine de karınca merakı, sinek balıkçılığına, İçsavaş çarpışmalarının gerçekleştiği savaş meydanlarına veya Eski Roma paralarına duyulan ilgiden biraz daha önemlidir. Bu alanda ulaşılan bulgular, gerçek dünyanın bilgi birikimine kalıcı

katkılar oluşturur. Diğer bilgi kaynaklarıyla aralarında bağlantı kurulabilir ve çoğunlukla elde edilen bilgi ağları bilim destanının tümünde büyük gelişmelere yol açar.



Mikrobiyolog W. Ford Doolittle'ın kafasında canlandırdığı şekliyle, ilk evrim sırasında gen değiş tokuşlarını gösteren basit yaşam ağacı. W. Ford Doolittle'ın "Soyoluşsal sınıflandırma ve evrensel ağaç"taki orijinal çiziminden alınmıştır. *Science* 284: 2124–2128 (1999).

13

CESARETİN KUTLANMASI

Amazon ormanlarında prototipik karınca *Martialis*'in keşfedilmesinden altı yıl önce, böcekbilimciler bütün yaşayan karıncaların aile ağacını, daha teknik ifade edecek olursak, dallanan soyoluşunu çıkartmak için büyük bir girişim başlatmışlardı. Bunda yine öykümün özellikle sizinle alakalı başka bir bölümü var. 1997'de nihayet Harvard'dan emekli oldum ve yeni doktora öğrencilerini artık kabul etmiyordum. Gelgelelim 2003'te, Organizma ve Evrim Biyolojisi Departmanı Mezun Komitesi Başkanı beni bir gün çağırdı ve şöyle dedi: "Ed, bu yılki yeni öğrenci kotamızı doldurduk fakat biri daha var, çok sıra dışı ve gelecek vaat eden genç bir kadın, eğer onun fiili destekçisi ve danışmanı olmayı kabul edersen onu da ilave edeceğiz. Karıncalara çok düşkün, hayatta tek istediği karıncalar üzerinde çalışmak. Vücudunda karınca dövmeleri bile var."

Böylesi bir tutkuyu takdir ederim ve notlarına baktığımda da Harvard'ın onun için ideal olduğunu gördüm ve görünüşe göre o da Harvard için idealdi. New Orleans'lı Corrie Saux'un (daha sonra adı Corrie Saux Moreau oldu), hemen kabul edilmesini önerdim. Corrie geldiğinde doğru karar verdiğimizi biliyordum.

İlk yıl yapılması gerekenleri kolayca halletti. Yıl sonunda doktora tezini ne üzerine yapacağına dair kafasında çoktan net bir fikir belirmişti. Her biri farklı bir araştırma enstitüsünde bulunan, karınca sınıflandırması konusunda önde gelen üç uzman, dünyadaki bütün ana karınca gruplarının DNA dizilimine –yani bu iş için kullanılan en son teknolojiye– dayanan aile ağacını yapmak için multi milyon dolarlık federal bir ödenek almışlardı. Önemli fakat çok zor bir işti; başarılı olursa, dünyadaki bilinen on altı bin karınca türünün sınıflandırması, ekolojisi ve diğer biyolojik araştırmalarıyla ilgili çalışmalara destek olacaktı. Ayrıca birçok uzman, karıncalar hakkında bilgi sahibi olmanın, dünyanın karasal ekosistemleri hakkında çok daha fazla şey öğrenmek anlamına geldiğini idrak etmişti.

Saux, karıncaların küçük taksonomik şubelerinden birini (toplamda yirmi bir) çözmesine izin vermeleri için, bu üç araştırmacıya yazmayı teklif etti. Ben de başarabilirse bunun iyi bir not almasını sağlayacak bir proje ve diğer uzmanlarla tanışıp, onlarla birlikte çalışmak için iyi bir fırsat olacağını söyledim.

Gel gör ki kısa bir süre sonra Saux yanıma geldi ve proje liderlerinin onu geri çevirdiğini söyledi. Takıma kendini kanıtlamamış bir yüksek lisans öğrencisini almak istemiyorlardı. Öğrencilik günlerimde, alınganlık etmemeyi, hayır cevabını benim kişiliğimin reddedilmesi olarak görmemeyi öğrenmiştim. Bu yüzden şöyle dedim: "Olabilir, bunun senin moralini bozmasına izin verme. Proje liderlerinin kararı kötü bir şey değil. Yapmak istediğin başka bir şeyi seçebilirsin."

Birkaç gün sonra Saux geri geldi ve şöyle dedi: "Profesör Wilson, düşünüyordum da, aslında projenin tamamını kendim yapabilirim." "Bütün projeyi mi?" diye sordum. Ağırbaşlı bir samimiyetle yanıtladı: "Evet, yirmi bir altfamilyanın hepsi, bütün karıncalar. Sanırım yapabilirim."

Corrie ayrıca Harvard'daki birinci sınıf koleksiyonun büyük bir avantaj olduğunu da ekledi. Tek ihtiyacım olan, dedi, DNA dizililiminde uzmanlaşmış, doktorasını yapmış bir asistan. İşi almaya hevesli birini tanıyordu. Onun maaşına ben kaynak bulabilir miydim? Bir an durakladıktan sonra, mantıklı bir refleksten çok içgüdüyle, düşünmeden, "Tamam, olur," dedim.

Corrie ne gösteriş meraklısı ne kibirli ne de yüksekten atan biriydi. Sessiz, kendi halinde tutkulu biriydi. Ayrıca öğrenci arkadaşlarına ve etrafındaki diğer kişilere karşı da içten, yardımsever davranıyordu. San Francisco Devlet Üniversitesi kanalıyla New Orleans'tan gelmişti ve güneyli bir meslektaşım olarak onunla gurur duyuyordum. Onun başarılı olmasını istiyordum ve bir meslektaşı olarak çalışmalarında yer almasam da, laboratuvarını kurması için fon buldum. Hem niye yapmayacaktım ki? Böylesi bir çaba, hayal gücü, umut ve cesareti gösterir. Corrie'nin sıkıştığında dönebileceği bir pozisyon da vardı: Tamamını başaramazsa tamamlanmış bir bölümünü tez olarak kullanabilirdi. Ben de elimden geldiğince yardım ettim. İleriki aylarda başka bir proje için Florida Keys'e gittiğimde, sahada elde edilmesi zor olan *Xenomyrmex* cinsinden canlı karıncaları onun için topladım. Çalışmaları esnasında, istatistiksel çıkarımdaki bazı karmaşık yöntem-

lerle ilgili bir uzmana danışması gerektiğini söyledi. Bunun fonunu da sağladım.

Bu noktada Corrie Saux'un sonuna kadar gittiğini görmeyi çok istiyordum. Hayal ettiği şeyi gerçekten başarabileceğini hissediyordum.

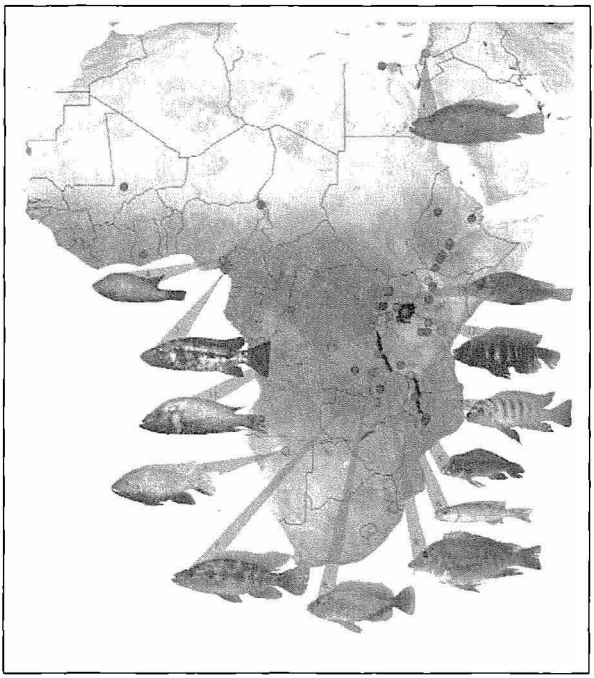
Tezi 2007'de bittikten sonra doktora komitesi tarafından dikkatle okundu ve onaylandı. 7 Nisan 2006'da çalışmasının ana hatları *Science* dergisinde kapak makalesi olarak yayımlandı ki bu usta bir araştırmacı için bile fevkalade kabul edilebilecek bir başarıydı. Corrie'nin tezi inceleme için Harvard komitesine gittiğinde bende en ufak bir gerginlik yoktu.

Daha sonra, ellerinde büyük ödenek olan üç kişilik takımın da çalışmalarını bitirdiğini ve yıl içinde daha sonra sonuçları yayımlamayı planladıklarını öğrendim. Tarih, iki çalışmanın birbirinden bağımsız olarak aynı anda yürütüldüğünü kaydedecekti. Özellikle üçü de ayrı ayrı son derece saygın bilimciler oldukları için, bu durum hoşuma gitti. Ancak bu aynı zamanda Corrie Saux'un araştırmasının da baştan aşağı test edileceği anlamına geliyordu. Ya iki soyoluş çalışması uyuşmayacak olursa ne olacaktı? Bu benim aklıma getirmek istemediğim bir senaryoydu.

Gelgelelim iki soyoluş çalışması neredeyse mükemmel biçimde uyuştu ve ben de çok rahatladım. Yirmi bir altfamilyadan birinde, muğlak ve az bilinen bir grup olan leptanillin karıncalarının yerleşiminde bir farklılık vardı. Yorumdaki bu farklılık da daha sonra elde edilen daha fazla veri ve yapılan istatistik analizlerle çözüldü.

Corrie Saux Moreau'nun tutkulu girişiminin öyküsünü anlatmamın özellikle önemli olduğunu hisse-

diyorum. Bilimde kendine güvenden doğan cesaretin (kibirlenmeden!), azimle risk alma istekliliğinin, otoriteden korkmamanın, engellendiğinizde sizi yeni bir yöne gitmeye hazırlayan zihin durumunun çok değerli olduğunu gösteriyor, kazan veya kaybet. En sevdiğim sözlerden biri, kendinden daha ağır adamları yenen ve bir süre ağırsıklet şampiyonluğunu koruyan hafif ağırsıklet boksörü Floyd Patterson'a ait: "Olağandışını başarmak için olanaksızı denemelisiniz."



Afrika'daki ciklet balığı türünün evrim bölgeleri. Catherine E. Wagner, Luke J. Harmon ve Ole Seehausen'ın "Ekolojik fırsat ve cinsel seçilim birlikte hızlı yayılımı öngörüyor" çalışmasından alınmıştır; *Nature* 487: 366–369 (2012). doi:10.1038/nature11144.

14

ÇALIŞTIĞINIZ ALANI ETRAFLICA ÖĞRENİN

Bilimde küçük veya büyük keşifler yapabilmek için ele aldığınız konular üzerinde uzman olmalısınız. Usta bir yenilikçi olmak kendini adamayı gerektirir. Bir alana kendini adamak aralıksız yoğun çalışma anlamına gelir.

Önemli keşifleri yapan bilimciler hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla o keşiflerin yüzeyinin altına baktığınızda, bu genellemenin doğru olduğunu göreceksiniz. Örneğin, 1979 Nobel Fizik Ödülünü, Sheldon Lee Glashow ve Abdus Salam'la birlikte, "Diğer şeylerin yanı sıra, zayıf nötr akımın tahminini de kapsayan, temel parçacıklar arasındaki birleşik zayıf ve elektromanyetik etkileşim teorisine katkılar" çalışmasıyla kazanan teorik fizikçi Steven Weinberg'in söylediklerine bakalım:

> Frederick ve Eva Weinberg'in oğlu olarak New York'ta dünyaya geldim. Çocukluğumda bilime olan merakımı babam desteklemişti ve 15–16 yaşlarına geldiğimde teorik fiziğe odaklanmıştım...
>
> 1957'de doktoramı yaptıktan sonra, Columbia'da ve sonra 1959'dan 1966'ya kadar

> Berkeley'de çalıştım. Bu dönemdeki araştırmalarım çok çeşitli konular –Feynman grafiklerinin yüksek enerjili davranışları, ikinci derece zayıf etkileşim akımları, kırık simetriler, saçılım teorisi, muon fiziği vs.– üzerine yoğunlaşmıştı. Birçok konu seçmiştim çünkü fiziğin bazı alanlarını öğrenmeye çalışıyordum. Astrofizikle 1961 ve 1962 yılları arasında aktif olarak ilgilendim; nötrinoların kozmik kütlesi hakkında bazı çalışmalar yaptım, daha sonra *Kütleçekimi ve Kozmoloji* adında bir kitap yazmaya başladım. Kitabım 1971'de bitti. 1965'in sonlarında, akım cebiri ve bunun spontane simetri kırılması teorisinin güçlü etkileşimlerine uygulamasıyla ilgili çalışmalarıma başladım.

Belli ki Steven Weinberg bir sabah öylece kalkıp, eline kalem kâğıt alarak, çığır açan görüşlerini karalamamış.

Çok farklı bir konu olan X ışınları kristal bilimine geçtiğimizde, James D. Watson'ın, Max Perutz ve Lawrence Bragg hakkında yaptığı betimlemeleri görüyoruz. Belki de şimdiye kadar bir bilimci tarafından yazılmış en iyi anı kitabı olan *İkili Sarmal*'dan söz ediyorum. Bilimsel keşfin heyecanını yaşamak isteyen gençlere bu kitabı tavsiye ederim. Bu kitapta Watson çok önemli kodlama molekülünün yapısını çözmek için elzem olduğu kanıtlanmış adımları anlatıyor:

> Francis'in [Crick] yer aldığı birimi, İngiltere'ye 1936 yılında gelmiş, Avusturya doğumlu kimyacı

Max Perutz yönetiyordu. Perutz on yılı aşkın bir süredir hemoglobin kristallerinden X ışını dağılımıyla ilgili veriler topluyordu ve bir şeyler elde etmek üzereydi. Kendisine Cavendish'in müdürü Sör Lawrence Bragg yardım ediyordu. Nobel Ödülü kazanan ve kristal biliminin kurucularından biri olan Bragg neredeyse kırk yıldır, gitgide daha zor yapıları X ışını dağılım yöntemlerinin çözdüğüne tanık olmaktaydı. Molekül ne kadar karmaşıksa, yeni bir yöntemle molekülü açıklayabilmek Bragg'i o kadar mutlu ediyordu. Dolayısıyla, savaş sonrası yıllarda, tüm moleküllerin en karmaşığı olan proteinlerin yapısını çözmeye özellikle çok hevesliydi. Sık sık, idari görevlerinden fırsat buldukça, yakın zamanda elde edilmiş X ışını verilerini tartışmak için Perutz'un ofisine gidiyor, daha sonra eve gittiğinde bu verileri yorumlamaya çalışıyordu.

1985'den 2003'e, yaklaşık yirmi yıl boyunca, benden öncekilerin aşırı derecede zor, hatta imkânsız olarak gördükleri bir rüyayı hayata geçirdim. Harvard'dan emekli olmadan önce, derslerimin, diğer araştırma ve yazı projelerimin arasına, bir de dev karınca çeşidi *Pheidole*'yi sınıflandırma ve doğal tarihini belirleme işini sıkıştırdım. Bu sıradan bir grup değildir. Herhangi bir karınca çeşidine ait, açık ara en fazla türü içerir ve dahası, hayvan ve bitki türleri arasında, en büyük çeşitlerden biridir. Ayrıca dünyanın birçok bölgesinde, çöllerden çayırlara, yağmur ormanlarına kadar, tüm karıncalar içinde çoğu kez sayıca en fazla olan karın-

cadır. *Pheidole*'yi diğerlerinden ayıran iki sınıfı vardır: ufak tefek işçiler ile çok daha iri olan büyük kafalı askerler. Bu olağanüstü böceklerin koloniler içinde böyle bir çeşitliliğe sahip olmaları biyolojik karmaşıklıklarına katkıda bulunur.

Pheidole'un tür listesi o kadar büyüktü ki revizyonuma başladığım sırada sınıflandırması karmakarışık bir vaziyetteydi. Daha önce sınıflandırma yapanların belirlediği türlerin çoğunu, kısa betimlemelerinden tanımak mümkün değildi. Daha da beteri, geçen yüzyılda toplanmış örnek koleksiyonları Birleşik Devletler, Avrupa ve Latin Amerika'daki altı kadar müzeye dağılmıştı. İşi üstlendiğim sıralarda, *Pheidole*'yi artık göz ardı etmek mümkün değildi. Birçok türü, toptan çevredeki ana oyuncular arasındadır. Ortak yaşamları, enerji akışları, toprağın ters yüz olması ve diğer temel fenomenler hakkında bilgi sahibi olmaya çalışan çevrebilimciler gözlemledikleri türleri isimlendiremediler. Kuzey Amerika'daki toplama bölgeleri hariç, çevrebilimciler genellikle 20 ve yukarısına kadar örneklerini "*Pheidole* tür 1", "*Pheidole* tür 2", "*Pheidole* tür 3" şeklinde raporlamak zorunda kalıyorlardı. Böyle bir sınıflandırma, en azından yaklaşık olarak, tek bir yerdeki bir araştırmacının işine yarayabilirdi. Ancak başka yerlerdeki başka biyologların kendi bağımsız listeleri vardı. Onların *Pheidole* tür 1, tür 2, tür 3'leri büyük olasılıkla diğerlerinin listelerinden farklıydı ve listelerin düzenlenmesi araştırmacılar ancak örnekleri bir araya getirme gibi meşakkatli bir işi üstlenirlerse mümkündü. Eğer en başta tüm yazarlar, *Pheidole angulifera*, *Pheidole dossena*, *Pheidole scalaris* gibi isim-

ler içeren aynı kapsamlı listeyi kullansalar, her bir tür önceden dikkatli, resmi bir tarzda tanımlanmış ve literatürde geçerli kılınmış olsaydı, çok daha uygun olurdu. Sınıflandırma düzeltildiğinde, bir çeşidi incelemek isteyen biyologlar türleri tek bir geçerli isme göre tanımlayabilirlerdi. Bulgularını vakit kaybetmeden diğer araştırmacıların bulgularıyla harman edebilir ve ilgilenilen her bir tür hakkında, daha önce bilinen her şeyi literatürden alabilirlerdi.

Taksonomiden genellikle eski moda bir disiplin olarak söz edilir. Moleküler biyoloji alanında çalışan bazı arkadaşlarım taksonomiye pul koleksiyonculuğu derdi (belki bazıları hâlâ diyordur) fakat kesinlikle değildir. Genelde imajını düzeltmesi gerektiği farz edilen taksonomi, yani sistem bilimi modern biyolojinin temelidir. Taksonomi, DNA dizilimi, istatistiksel analiz ve ileri bilgi teknolojileri kullanılarak, karmaşık alan ve laboratuvar araştırmalarının yardımıyla yürütülür. Temel biyolojideki yerini alması, soyoluş (aile ağaçlarının yapımı) çalışmalarında ve genetik ve türlerin çoğalmasına yönelik coğrafi araştırmaların analizlerinde temel alınmasıyla olmuştur. Bu disiplinlerden yararlanan taksonominin işi, daha birçok hayvan ve mikroorganizma türünün, azımsanmayacak bir bitki sayısıyla birlikte, keşfedilmeyi bekliyor olmasıyla daha da zorlaşıyor.

Karınca taksonomistleri, önümüzde mağrurca yükselen, çok büyük olduğundan görünüşe göre hâkim olunması zor olan *Pheidole* çeşidine, karınca taksonomisinin Everest Tepesi ismini verdiler. Başkalarının verimli bir kariyer oluşturabilecekleri, daha birçok

bunun kadar önemli olmayan fakat yine de önemli ve zor alan vardı. Başarısızlığı kaldırabileceğimi düşündüm, bu yüzden ilk başta eski akıl hocam William L. Brown'la işbirliği yaparak Everest Tepesi'ne tırmanma işini üstlendim. Çok geçmeden Bill'in sağlığı kötüleşmeye başladığında ise yola devam ettim ve bu çeşidin biyolojik çeşitlilik merkezi olan Batı Yarıküre'yi ele aldım. Kendimi sonuna kadar devam etmek zorunda hissediyordum; bunun nedenlerinden biri, dünyada bu işe çok uygun, en büyük koleksiyona ve en iyi kütüphaneye sahip olan Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi'nde bulunuyor olmamdı. Ancak aynı zamanda işin zorluğu nedeniyle ve bunun benim görevim olduğunu da düşündüğüm için vazgeçmiyordum. Sonunda *Yeni Dünya'da Pheidole: Aşırı Miktarda Çeşitliliğe Sahip, Baskın Bir Karınca Cinsi* (*Pheidole in the New World: A Dominant, Hyperdiverse Ant Genus*) 2003'te yayımlandı. 798 sayfalık kitabımda, 334'ü yeni olan 624 türü teşhis etmiş, alıntılanan her türün biyolojisine dair bilinen her şeyi aktarmıştım. Türlerin hepsinin çizimi vardı, 5.000'den fazla çizimi kendim yapmıştım. *Yeni Dünya'da Pheidole* basılırken dahi, sahadaki meslektaşlarımın buldukları yeni türler müzeye akmaya devam etti. Yüzyılın sonuna kadar, türlerin toplam sayısının 1.000'i, hatta belki 1.500'ü bile geçmesi mümkün.

Tabiri caizse bayrağımızı *Pheidole* zirvesine diktim ama ben ne Edmund Hillary ne de Tenzing Norgay'ım. Bu muazzam cinsin sınıflandırmasını yaparken başka hedeflerim vardı. Bir tanesi, sırayla her bir tür üzerinde kafa yorarken yeni fenomenler keşfetmekti. Daha önceki bir mektubumda size anlattığım iki stratejiden

ikincisini izliyordum: *Her organizma türünün, çözüme çok uygun olduğu bir sorun vardır*. Bununla bağlantılı yapılan çalışmalarda "düşman tanımlama" fenomeninin keşfi bir başarıydı. Bu kavramın ardındaki ilke basittir. Her bitki ve hayvan türü doğal habitatında, diğer bitki ve hayvan türleriyle kuşatılmıştır. Çoğunun habitat üzerindeki etkileri nötrdür. Birkaçı dostçadır ve uç boyutta, ortak yaşam görülür. Bu durumda, ikisi veya daha fazlası hayatta kalmak veya en azından üreme için birbirlerine bağımlıdır; örneğin polen taşıyıcı hayvanlar ve taşıdıkları bitkiler. Öte yandan birkaç bitki ve hayvan türü belli bir türe karşıttır, öyle ki bazı durumlarda hayatları için bir tehdit oluşturabilirler. Bu türlerin tehlikeli düşmanları içgüdüsel olarak tanıyıp onlardan kaçınmaları veya mümkünse yok etmeleri en büyük avantajlarıdır.

Bu ilke sağduyuya uygun gibi görünüyor. Ancak türler gerçekten de böyle bir düşman tanımlama yeteneği geliştirebilirler mi? Öyle ya da böyle bunun üzerinde fazla düşünmemiştim. Bunu tesadüfen keşfettim. *Pheidole* projesi sırasında, Birleşik Devletler'in güneyinde bol miktarda bulunan *Pheidole dentata* türünün laboratuvar kolonilerini kültürledim. Ayrıca ateş karıncalarının (*Solenopsis invicta*) kolonilerini de muhafaza ettim. Bir gün, kolay ve hızlı deneylerimden birini yapıyordum. Bu deneyde sırf nasıl tepki vereceklerini görmek için, *Pheidole dentata* kolonilerinin yapay yuva girişlerinin yanına, diğer karınca ve böcek türlerini yerleştirdim. Hangilerinin büyük kafalı, güçlü askerleri dışarı çekeceğini özellikle merak ediyordum.

Tepkileri genellikle kayıtsızlık şeklindeydi. İşgalciyle karşılaşan karıncalar ya yuvaya geri çekiliyor ya

da diğer birkaç yuva arkadaşıyla birlikte onu savaşa çekiyordu. Ancak aynı bölgeye tek bir işçi ateş karıncası bıraktığımda, koloninin tepkisi müthiş oldu. İşgalciyle ilk karşılaşan avcı koşarak yuvaya geri dönerken ardında bir koku izi bıraktı. Bir yandan da çılgın gibi bir o karıncaya bir bu karıncaya değiyordu. Daha sonra hem önemsiz işçiler hem de askerler yuvadan boşaldılar, zikzak ve çemberler çizerek işçi ateş karıncasını aradılar. Bulduklarında da acımasızca saldırdılar. Küçük işçiler bacaklarını ısırıp çekiştirdiler, askerler ise keskin alt çenelerini ve şişkin kafalarını dolduran güçlü yaklaştırıcı kaslarını kullanarak, ateş karıncasını çaresiz kılmak için organlarını budadılar.

Ateş karıncaları kesinlikle ölümcül düşmanlardır. Laboratuvarda *Pheidole* ile ateş karıncası kolonilerini birbirlerine yakın yerleştirdiğimde, bazı gözcü ateş karıncaları yuvaya sağ salim dönmeyi başardılar ve bulgularını bildirip arkadaşlarını savaşa çağırdılar. Çok daha büyük olan ateş karıncası kolonileri düşmanlarını hızla öldürüp yediler. Gene de bazı doğal habitatlarda her iki türün kolonileri de bol miktarda bulunur. Şurası açıklığa kavuştu ki *Pheidole*'ler, yuvalarını ateş karıncası kolonilerinden güvenli bir mesafede inşa ederek ve gözcü ateş karıncalarının hepsini yuvalarına haber verme fırsatı bulamadan öldürerek hayatta kalıyor.

Daha sonra Kosta Rica yağmur ormanlarında, daha ilginç bir tepki veren başka bir tür (*Pheidole cephalica*) buldum. Bu tepkiyi yuvalarını basma ihtimali olan yağmur veya yükselen suya karşı veriyorlardı. Bir, iki damla kadar az bir suyu yuvalarının girişine yerleş-

tirdiğimde, küçük işçiler hemen koloniyi harekete geçirdiler ve hepsi birkaç dakika içinde başka bir yere göç etti.

İster önemli ister önemsiz olsun, böyle keşiflerin (başlangıçta hangisi olduğunu kim söyleyebilir ki?) incelenen organizmalar hakkında ileri derecede bilgi sahibi olmadan yapılması nadiren mümkündür. Bu önkoşula bazen "organizma hissi" denir.

Bu önemli ilkeyi desteklemek adına başka bir öykü daha anlatmak istiyorum. Bu olay 2011'de, Güney Pasifik'e bir keşif gezisi düzenlediğim sırada meydana geldi. Bu gezide benimle birlikte, karınca uzmanı ve Amazon "Marslı" karıncanın kâşifi Christian Rabeling, karınca uzmanı ve dünya çapında kuş gözlemcisi Lloyd Davis ve karmaşık lojistikten sorumlu Kathleen Horton vardı. Güney Yarıküre'de bahar olan kasımda ve aralık başları boyunca yolculuk ettik. İki takımadaya gittik: bağımsız ada devleti Vanuatu ve yakınındaki Fransız adası Yeni Kaledonya. Bu süreçte 1954 ve 1955'te karınca topladığım ve incelediğim yerlere gittik. Çevrede elli yedi yıl sonra meydana gelmesi kesin olan değişiklikleri çok merak ediyordum. Yıpranmakta olan Kodachrome slaytlarımın taranmış resimlerini, tam karşılaştırma yapabilmek amacıyla yanımda getirmiştim. Özellikle 1955'ten bu yana, yabani bölge, koruma altına alınmış arazi ve ulusal parkların ne durumda olduklarını değerlendirmek istiyordum.

Özellikle toplamayı ve incelemeyi düşündüğümüz karıncalarla hangi özgün keşifleri yapacağımız, tamamen yanımızda getirdiğimiz bilgilere bağlıydı. Aslında iyi hazırlanmıştık. Birçok yeni tür keşfetmiş,

bulundukları habitatlarla ilgili notlar almıştık. Ancak bu planın yalnızca bir kısmıydı. Kafamızda daha büyük bir hedef vardı: Becerebilirsek, türlerin oluşumu ve okyanus boyunca bir ada grubundan diğerine yayılmalarına dair fenomenleri açıklığa kavuşturmak. Güney Pasifik haritasına baktığınızda, odak noktanızı Vanuatu yaparsanız, bu takımadalarda koloni kurmuş bitki ve hayvanların üç kara parçasından nasıl gelmiş olabileceklerini görürsünüz: batıda Avustralya ve Yeni Kaledonya, kuzeyde Solomon Adaları, doğuda Fiji veya bu üçünün bir birleşimi. Kolonideki karıncalar, her ne kadar tümüyle karaya bağımlı olsalar da, kütük veya dallar üzerinde veya fırtınalarla savrularak yolculuk etmiş olabilirlerdi. Hatta koloniler kurabilme yetisi olan kraliçe karıncalar uzaklara uçan kuşların tüylerinde oralara ulaşmış olabilirlerdi. Karıncaların açık denizi nasıl geçtiklerini bulmamız mümkün değildi, fakat hangi ada grubunun Vanuatu'ya en fazla koloniyi verdiğini belirlememize yetecek kadar veri topladık. Bu ada grubu Solomon Adaları çıktı.

Bu keşif sahadaki yoğun çalışmanın karşılığını verecek kadar önemliydi fakat biz belki de cevaplanabilecek başka bir soru bulduk. Karınca faunası hâlâ çok az araştırılmış olan Solomon Adalarını bir yana bıraktığımızda, Vanuatu ile her iki yanındaki Fiji ve Yeni Kaledonya takımadaları arasında muazzam bir fark olduğunun farkındaydık. Azımsanmayacak bir kara alanına sahip bu iki takımada milyonlarca yıldır var olan çok eski adalardır. Vanuatu da kıyaslanabilir bir süre boyunca var olmuştur, ancak yalnızca küçük, hareketli adalar seti olarak. Yalnızca birkaç milyon yıl-

dır kara alanı şu ankinin onda birinden fazla olmuştur. Fiji ve Yeni Kaledonya'nın eskiliği fauna ve floralarının zenginliğinden hemen belli oluyordu. Özellikle, her birinde, bazıları dünyanın başka yerlerinde görülmeyen, son derece gelişmiş çok miktarda tür var.

Peki ya nispeten yeni olan Vanuatu? 2011 Kasım' ında bu takımadalardaki karıncalara yakından ilk bakanlar biz olduk. Yeni Kaledonya ve Fiji gibi uzun bir coğrafi geçmiş ve büyük kara alanlara sahip yerlerde, zengin, son derece gelişmiş karınca dizileri bulmayı bekliyorduk. Öte yandan, şu anda büyük bir alana sahip Vanuatu'nun, jeologların iddia ettiği gibi nispeten kısa bir tarihi varsa, orada Fiji ve Yeni Kaledonya'dakinden çok daha az sayıda, özgün bir karınca grubu bulmamız gerekirdi. Jeologların çıkarsadığı sonuçlara uygun olarak daha küçük bir grup bulduk. Ne var ki Vanuatu'nun karıncaları milyon yıllık "kısa" süreleri boyunca pasif değillerdi. Oluşmakta olan yeni türlere ait ve takımadaların daha eski olanlarında çok gelişmiş biyolojik çeşitliliğin yayılmasının başlangıcına dair açık kanıtlar bulduk. Meseleyi mümkün olduğunca kısa ve öz bir biçimde ifade edecek olursak, Vanuatu karıncaları daha evrimlerinin baharındalar.

Güney Pasifik'le ilgili size anlatacağım bir öykü daha var, çünkü orada baş göstermekte olan, ilk bakışta uzak ve egzotik görünebilecek, fakat küresel öneme sahip bir süreçle ilgili bir öykü. Saha araştırması yaparken nerede olduğunuzu ve ne aramanız gerektiğini bilmenizin aciliyetini vurguluyor.

Yeni Kaledonya'dayken, yerel Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü'nde çalışan deneyimli böcekbilimci

Hervé Jourdan'a katıldık. Jourdan bizi ana ada Grand Terre'nin güney ucunda bulunan ve en azından Amerikalıların bakış açısına göre dünyadaki en uzak yerlerden biri olan, küçük Pines Adası'na götürdü. Amacımız orada ne tür karıncalar olduğunu öğrenmek ve özellikle boğa karıncası denilen *Myrmecia apicalis* türünü araştırmaktı. Boğa karıncaları Avustralya şafak karıncalarının evrimsel kuzenleridir ve anatomi ve davranış açısından neredeyse bu tür kadar ilkeldir. Günümüz Avustralya'sında seksen dokuz *Myrmecia* türü keşfedildi. Sadece bir tanesi, *Myrmecia apicalis*, başka bir yerde yaşıyor. Bu böceğin evinden bu kadar uzakta var olması, görevi bitki ve hayvanların dağılımını belirlemek ve açıklamak olan biyocoğrafyacıların ilgisini çeken sorular doğurdu. Yeni Kaledonya boğa karıncası ne zaman ve nasıl bu uzak takımadaya gitmişti? Avustralya'daki seksen dokuz türden hangileri en yakın akrabaları? Ada çevresine nasıl uyum sağladı? Eğer özelse, hangi şekillerde özel oldu?

1955'de Yeni Kaledonya'ya gittiğimde bu sorulara yanıt bulmayı çok istiyordum ama ne yazık ki bu türü bulamadım. En son görüldüğü, Yeni Kaledonya takımadalarının ana adası Grande Terre'deki orman 1940'ta yok edilmişti. Daha sonraki yıllarda *Myrmecia apicalis*'in soyunun tükendiği farz edilmişti. Ancak daha sonra Hervé Jourdan Pines Adası'ndaki bir ormanlık alanda birkaç işçi karınca bulmuştu. Oraya Jourdan'la birlikte, eğer yapabilirsek kolonilerin yerini belirlemeye ve tehlikede olan bu tür hakkında öğrenebileceğimiz her şeyi öğrenmeye gittik. Neyse ki bozulmamış ormanın iç taraflarında üç yuva bulmayı ba-

şardık ve karıncaları gece gündüz filme alıp inceledik. Yuvalar küçük ağaçların diplerine yapılmış, gizli tünelleri çerçöple kaplanmıştı. Yiyecek arayan işçilerin, yuvadan şafak sökerken ayrıldıklarını, tek başlarına ağaç tepelerine tırmandıklarını ve tırtıl ve diğer böcekleri taşıyarak, akşam karanlığında döndüklerini bulduk. Daha sonra *Myrmecia apicalis*'in, Avustralya'nın kuzeydoğusundaki tropikal ormanlarda yaşayan, benzer alışkanlıkları olan birkaç Avustralya boğa karıncası türüyle çok yakından akraba olduklarını öğrendik. Böyle bir tane türün nasıl olup da Yeni Kaledonya'da koloni kurduğunu veya kaç bin ya da milyon yıl önce yolculuk yaptığını ise hâlâ bilmiyoruz.

Size bu uzaklara ait doğal tarihi anlatmamın özel bir nedeni var. Pines Adası'ndayken, sadece Yeni Kaledonya boğa karıncasına değil, faunanın, biyolojik çeşitliliğin büyük bir bölümüne yönelik ürkütücü bir tehdidin varlığını doğruladık. Son yıllarda Yeni Kaledonya'ya tesadüfen nakliyeyle gelmiş başka bir karınca Pines Adası'na ulaşmış ve oradaki ormanları ele geçiriyor, yayıldıkça yerli karıncaları, diğer böcekleri ve aslında neredeyse toprakta yaşayan bütün omurgasızları yok ediyor.

Yabancı düşman, Güney Amerika ormanlarından gelen "küçük ateş karıncası" (teknik ismi: *Wasmannia auropunctata*). İnsanların –bilmeden– yardım etmesi sayesinde, bu tür dünyanın tropikal bölgelerinde yayılıyor. Bu türle ilk olarak, 1950 ve 1960'larda Puerto Rico ve Florida Keys'de karşılaşmıştım. O zamandan bu yana, Yeni Kaledonya'ya ulaşıp orada yayılmaya başladı ve özellikle zararlı bir haşere haline geldi. İşçi-

leri minik olsa da, kolonileri devasa boyutlarda ve saldırgan. Bu tür, ılıman kuşak ülkelerinde büyük ölçüde yayılmış olan, dışarıdan gelmiş daha ünlü ateş karıncası (*Solenopsis invicta*) kadar kötüdür. Komşu Vanuatu hükümeti Wasmannia görülen yerleri ilaçlayıp bu böcekleri yok ederek tehlikeyi savuşturmaya çalışıyor.

Küçük ateş karıncası özellikle Pines Adası'na ciddi bir tehdit oluşturuyor. Boğa karıncalarını ve diğer entolomojik hazineleri ararken, Yeni Kaledonya takımadalarının örnek bitkilerinden biri olan *Araucaria*'nın neredeyse saf topluluklarından ibaret olanlar dahil olmak üzere, farklı orman çeşitlerine gittik. Bu sivri kule şekilli yüksek ağaçlar on milyonlarca yıldır güney kıtalarının sınırlarında hüküm sürmüşlerdir. Küçük ateş karıncalarının *Araucaria* korularına nüfuz ettiği yerlerde, yerli karıncaların ve diğer omurgasızların neredeyse hiç olmadıklarını gördük. Yeni Kaledonya boğa karıncaları, Wasmannia'nın olmadığı bir bölgede hayatta kalmıştı ancak burası yavaş yavaş ilerleyen ateş karıncası dalgasından yalnızca bir iki mil uzaktaydı. Bu eşsiz böceklerin ve büyük ihtimalle diğer yerli hayvanların neslinin tamamen tükenmesine sadece yirmi otuz yıl gibi az bir zaman kalmış olabilir.

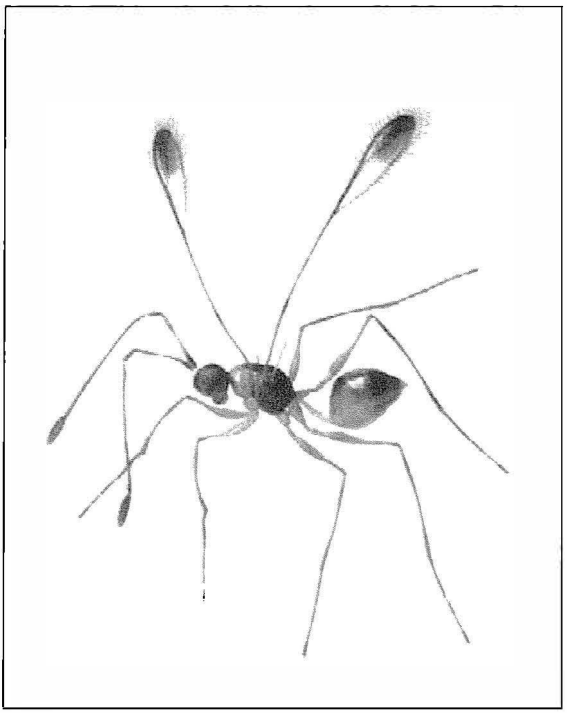
Küçük ateş karıncalarına engel olmak mümkün mü? Noumea'daki Araştırma Geliştirme Enstitüsü'ndeki Fransız bilimciler bir çare bulmaya çalışıyorlar ama şimdiye kadar başarılı olamadılar. Bu noktada, bu kadar uzaklardaki Grande Tere ve Pines Adası için neden endişelenmeliyiz diye düşünüyor olabilirsiniz. Cevabımı üstüne basa basa vereceğim, çünkü küçük ateş karıncaları dünyada yayılan binlerce benzer istilacı

hayvandan yalnızca biri. Hastalık taşıyan sivrisinek ve sinekler, evlere zarar veren termitler, otlak yutan zararlı otlar ve yerli fauna ve floraların düşmanları dahil, istilacı bitki ve hayvan türlerinin sayısı her ülkede çok fazla artıyor. İstilacı türler, yerli türlerin soyunun tükenmesinin ikinci en önemli nedeni, birinci neden, insanların faaliyetleri sonucu habitatların yok olması.

Büyük istila tehdidinin detayları hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak ve felaket boyutlarına ulaşmadan önce çözümler bulmak, şu anda sahip olduğumuzdan daha fazla bilim ve bilime dayalı teknoloji gerektirecek. İnsanlığın, tutkuya ve ilk başta ne araması gerektiğini bilecek kadar bilgi düzeyine sahip olan daha fazla uzmana ihtiyacı var. İşte adım attığınız yer burası ve bu yüzden size Yeni Kaledonya'nın tehdit altındaki boğa karıncasının öyküsünü anlattım.

IV

TEORİ ve BÜYÜK RESİM



Böcek yumurtalarının paraziti olan perisineğinin (*Mymar taprobanicum*) dişisi. Gerçek boyutu beş altı milimetre kadardır. © Klaus Bolte.

15

EVRENSEL BİLGİ OLARAK BİLİM

Evreni ve içindeki bütün her şeyi kusurlu bir biçimde olsa da anlamanın tek bir yolu vardır ve bu da bilimdir, başka deyişle doğabilimleridir. Fakat siz büyük olasılıkla, "Bu doğru değil, sosyal ve beşeri bilimler de var," diyeceksiniz. Elbette bunu biliyorum, yüzlerce kez duydum ve her zaman dikkatle dinledim. Ancak doğal, sosyal ve beşeri bilimlerin temellerinde ne gibi farklılıklar var? Sosyalbilimler, yöntem ve fikirlerin paylaşılması, böylece türümüzün nihai biyolojik doğasının gerçeklerinin gitgide daha çok kabullenilmesiyle, nesilden nesile bilginleri biyolojiyle bir noktada birleştiriyor. Kabul edelim ki beşeri bilimler alanında çalışan birçok kişi kendilerini olabildiğince yalıtıyor, adeta bir sığınağa hapsediyor. Ahlaki akıl yürütme, estetik ve özellikle de yaratıcı sanatlar bilimsel dünya görüşünden bağımsız olarak biçimleniyor. Sadece birkaç çalgıyla nasıl sonsuz sayıda müzik eseri seslendirilebilirse, tarih ve yaratıcı sanatlar da bize insan ilişkileri hakkında öyle, sonsuz sayıda öykü anlatabilir. Beşeri bilimler yaşamlarımızı ne kadar çok zenginleştirse de, insan olmanın ne anlama geldiğini ne kadar koşulsuz olarak savunsa da,

düşünceyi insanla sınırlar ve kendini bir kutu içine hapseder. Aksi takdirde dünya dışı zekânın nasıl bir şey olabileceğini tasavvur etmek neden bu kadar zor olsun ki?

Diğer akıl türleriyle ilgili tahminler saf fantezi değildir. Bilinçli yapılmışlarsa, daha çok, düşünce deneyleridirler. Bir tanesini deneyelim. Termitlerin, insanlarınkine eşit kapasitede bir beyinleri olacak şekilde evrim geçirip büyüdüklerini hayal edelim. Bu size tümüyle mantıksız gelebilir. Böceklerin, vücutlarını şövalyelerin zırhı gibi kaplayan sert bir kabukları vardır. En fazla fare büyüklüğüne ulaşabilirler ve insan beyni fareden daha büyüktür. Fakat durun bakalım! Senaryoyu biraz esnetelim. 360 ila 300 milyon yıl önce, gezegenimizdeki Karbonifer Dönemi'nde, bir metreye ulaşan kanatlarıyla havadan dolanan yusufçuklar, 1,2 metre uzunluğundaki ayaklarıyla kömür ormanlarının çalılıklarını yararak ilerleyen kırkayaklar vardı. Birçok paleontolog bu canavarların var olma nedenini, o zamanki atmosferin günümüze göre oksijen yönünden çok daha zengin olmasına bağlıyor. Bu durum kitin kaplı omurgasızların daha iyi nefes almalarını ve boyutlarının daha büyük olmasını sağlıyordu. Dahası böcek beyninin kapasitesini hafife almak çok kolaydır. Benim en sevdiğim örnek perisineğinin dişisidir. Bu böcek son derece küçük parazit arıların taksonomik grubunda yer alır; su altındaki bir böceğin yumurtalarında yaşamını sürdürüp büyür, sonra da çıkar. Yüzeye doğru yüzmek için bacaklarını kürek gibi kullanır.

Yüzey tabakasının gerilimini deler, bir süre üzerinde yürür. Sonra eş aramak için uçar, çiftleşir, suya döner, tekrar yüzey gerilimini deler, dibe doğru kürek çeker, uygun bir konak böcek yumurtası buluncaya dek arar ve kendi yumurtalarından birini içine yerleştirir. Dişi perisineği bütün bunları neredeyse çıplak gözle görülemeyen bir beyinle yapar.

Bunun kadar etkileyici olan başka bir örnek ise, balarılarının ve bazı karınca türlerinin yiyecek bulunan beşe kadar yeri ve günün hangi zamanında yiyecek bulunduğunu hatırlayabilmeleridir. Afrika avcı karıncasının işçileri yuvalarından uzakta ormanda tek başlarına etrafı kolaçan ederler. Gezintileri sırasında çemberler ve zikzaklar çizerler. Yolculuk esnasında, başlarının üzerindeki yeşilliğin desenini ezberlerler. Ara sıra, durup nerede olduklarını hatırlamak için yukarı bakarlar: Bir böcek yakalar yakalamaz, eve düz bir çizgide dönebilmek için bu zihin haritasından yararlanırlar.

Bir böcek, bu cümlenin sonundaki soru işaretinin altındaki noktadan daha büyük olmayan beyniyle nasıl olur da bu kadar çok bilgiyi işleyebilir? Ana neden –birim hacim başına çok daha etkili olan– böcek beyninin yapı tarzıdır. Bizimki dahil, büyük hayvanların beyin hücrelerini destekleyip koruyan gliyal hücreler böceklerde olmadığından, aynı alanda daha çok beyin hücresi yer alabilir. Ayrıca böceklerin her bir beyin hücresi diğer hücrelerle, ortalama olarak omurgalılarınkinden daha fazla bağlantıya sahiptir, bu sayede daha az sayı-

da bilgi dağıtım merkezi vasıtasıyla daha fazla iletişim kurabilirler.

Bu nedenle, geçmiş bir çağda yüksek böcek zekâsının en azından mantıken varlığı konusunda sizi biraz ikna edebildiysem, o zaman bizimkine benzer başka bir gezegendeki hayali termit benzeri uygarlığın etik ve estetiğinin ana hatlarını çizeyim. Hayali termitlerim gerçek termitlere benziyor ama insanlar kadar zekiler. Bilimkurgu elbette, ancak çoğu kurgunun aksine tamamen saf bilime dayalı.

UZAK BİR GEZEGENDEKİ SÜPER TERMİT UYGARLIĞI

Güneş ışığından kaçan, maruz kalırsa ölen, vampir benzeri bir tür olduğunu hayal edin. Bu böcekler yalnızca zorunlu olduklarında ve bu takdirde de sadece geceleyin yiyecek aramaya çıkarlar. Zifiri karanlığı, yüksek nemi ve sabit ısıyı severler. Çürüme aşamasındaki sebzeleri yerler. Bazıları da çürüyen bitkilerle malçlanan bahçelerde yetiştirdikleri mantarları tüketir. Dünyadaki bazı sosyal böcek türlerinde olduğu gibi, sadece kral ve kraliçenin üremesine izin verilir. Karnı yumurtalarla iyice şişmiş olan kraliçe kraliyet hücresinde yatar, yemek dışında neredeyse hiçbir şey yapmaz. Sürekli yumurtlar ve ara sıra da yanında duran küçük kralla çiftleşir. Kraliçelikteki, dünyadaki rahip ve rahibeler gibi

cinsel karmaşadan özgürleşmiş yüzlerce veya binlerce işçi, yaşamlarını fedakârca kardeşlerini yetiştirmeye adar. Yavrulardan çok azı bakire kral ve kraliçelere dönüşüp koloniyi terk eder ve kendi eşlerini bulup, yeni koloniler başlatırlar. İşçiler bunun dışında, eğitim, bilim ve kültür dahil olmak üzere, bu süper termit uygarlığının diğer bütün işlerini yaparlar. Kolonidekilerin çoğu askerdir, devasa kas ve çeneleri, zehirli tükürük salgılayan bezeleri vardır; koloniler arasında patlak veren kronik savaşlara daima hazırdırlar.

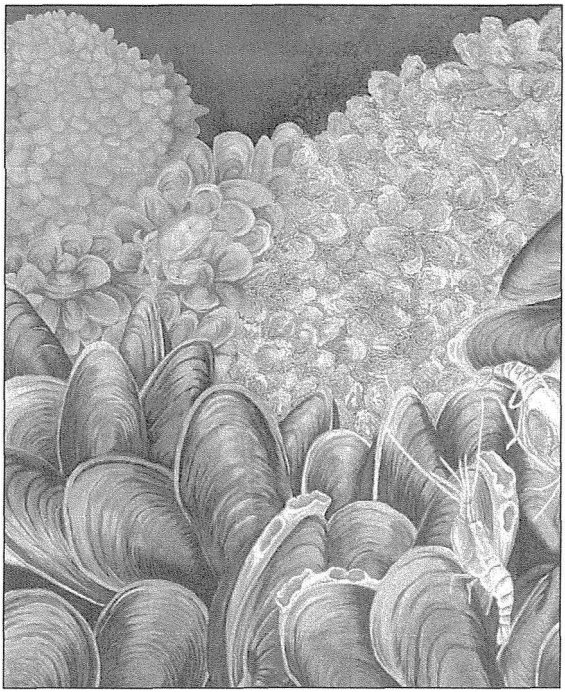
Yaşam koşulları serttir ve grubun kurallarından herhangi bir sapma, başkalarıyla üreme ve saldırmaya yönelik herhangi bir girişim ölümle cezalandırılır. Her ne sebeple olursa olsun, ölmüş işçilerin cesetleri yenir. Hastalanan veya yaralanan işçiler de yenir. İletişim neredeyse tümüyle feromonlar vasıtasıyla sağlanır, bunlar sesimizin kaynağının gırtlağımız ve ağzımız olması gibi, vücudun alt ve üstündeki bezlerden salınır, bu salgıların tatları ve kokularından yararlanılır. İnsanlar olarak davranış tarzımızı, Vladimir Nabokov'un ünlü romanı *Lolita*'dan alınmış bu fevkalade cümleye göre bir düşünün: "Lo-lii-ta: Dilin ucu üç aşamada ilerler, üçüncüde dişlere dokunur." Bir de farklı kombinasyonlar ve sıralardaki feromonların, feromon hattından salındığını hayal edin, belki de beze açıklıklarından

çıkıp vücudun yanları boyunca ilerleyen feromon esintilerinin üç aşamalı bir yolculuğudur bu da. Seslere tercüme edilmiş feromonal müzik bize güzel gelebilir. Bu, melodi, durgu, ritim ve kreşendoda ve süper termitlerin katıldığı orkestraların çaldığı senfonilerde çok daha fazla açığa çıkabilir. Bunların hepsi de kokuyla deneyimlenir.

Dolayısıyla süper termit kültürü bizimkinden radikal bir biçimde farklı ve tercüme etmesi de son derece zor olacaktır. Bizim türün beşeri bilimleri olduğu gibi bu türün de termitsel bilimleri olacaktır. Buna rağmen bilimleri bizimkilere son derece benzer olup, ilke ve matematikleri açık bir biçimde bizimkileri işaret edebilir. Süper termit teknolojisi iyi kötü gelişmiş olabilir, fakat o da benzer bir şekilde gelişmiş olacaktır.

Bu süper termitlerden de, karşılaşacağımız başka zeki varlıklardan da hoşlanmazdık. Onlar da bizden hoşlanmazdı. Karşılıklı olarak birbirimizin algı ve beynini radikal biçimde farklı bulmanın yanı sıra, ahlaki açıdan da itici bulurduk. Ancak bununla birlikte, bilimsel bilgilerimizi paylaşabilir, karşılıklı büyük faydalar sağlayabilirdik. Unutmadan bir şey daha belirteyim. Başka bir gezegendeki kültürleri, tüm fauna ve floraları tasavvur edebilmek için hayal kurmakla uğraşmanıza gerek yok. Aslında benim dünya dışı termitlerimin kaynağı, kültürleri hariç, Afrika'nın tümsek inşa eden gerçek termitleridir.

Benzer harikalar sizin kendileriyle ilgilenmenizi bekliyor. Henüz açığa çıkmamış bilimsel bilginin evrensel doğası neredeyse sonsuz sayıda sürprizler içerir.



Orta Atlantik sırtındaki derin deniz hidrotermal yarıklarında keşfedilen yeni midye ve organizma türleri. Orijinal resimden alınmıştır. © Abigail Lingford.

16

DÜNYADA YENİ DÜNYALAR ARAMAK

Bilimde önemli keşifler yapabilmek için, yalnızca alanınızda kapsamlı bilgi sahibi olmak yeterli değildir, ayrıca bu bilgideki boşlukları fark etme becerisi de gereklidir. Uygun bir şekilde ele alındığında derin cehalet aynı zamanda mükemmel fırsat anlamına da gelir. Doğru soruyu sormak, doğru cevabı bulmaktan daha büyük bir zekâ gerektirir. Araştırma yaparken, umulmadık bir fenomene rastlayıp da bunun daha önce sorulmamış bir sorunun cevabı haline gelmesi görülmedik bir şey değildir. Daha önce sorulmamış soruları bulmaya çalışmak, şu an dolaylı yoldan da olsa bulunmuş fakat daha önce hiç doğrudan doğruya aranmamış yanıtlara karşılık düşen soruların ne olduğunu keşfetmek için, imgelemi tam gaz çalıştırmak çok önemlidir. Hakiki özgün bilimi yaratmanın yolu budur. Dolayısıyla ilk başta önemsiz görünen tuhaflık, küçük sapma ve fenomenlere özellikle bakın ki bunlar yakından incelendiklerinde önemli oldukları anlaşılabilir. Elinizdeki bilgileri tararken kafanızda senaryolar kurun. Muammadan faydalanın.

Şimdiye kadar biyolojiyle çok zaman geçirdiğimden –biyolog olduğum için bu çok doğal olsa gerek– başka bilimsel alanlarda da benzer keşif hazinelerinin bulun-

duğunu vurgulamak isterim. Buluşsal yöntemlerinin –keşif yapma süreçlerinin– çok benzer olduğunu bilecek kadar matematikçi ve kimyacılarla çalıştım. Örneğin organik kimya, önemli bir dereceye kadar, olası moleküllerin neredeyse sonsuz dizisini ve bu kimyasal çeşitliliğin doğal dünyada ortaya çıkmasını ve nihayetinde de her molekül türünün fiziksel ve birleşimsel özelliklerini araştırmayı kapsar. Temel hidrokarbon CH_4'ü ele alalım: C_2, C_3, C_4 ve ilerisine seriler halinde çıkartalım, ikili ve üçlü bağlar ekleyip, radikaller S (sülfür), N (azot), O (oksijen) ve OH (hidroksi-) serpiştirelim, böylece şeritler, çemberler, sarmallar ve kıvrımlar elde edelim. Potansiyel moleküler "türlerin" sayısı üstelden daha hızlı bir oranda moleküler ağırlıkla birlikte artar. 2012 itibariyle, bilinen 1,9 milyon biyolojik tür ve buna her yıl eklenen 18.000 yeni türle kıyaslarsak, bilinen organik bileşim sayısı dört milyon ve buna her yıl eklenen yeni bileşim sayısı da 100.000'dir. Organik kimyanın ve içinde yer alan doğal ürünler kimyasının çoğu, moleküllerin sentez ve özelliklerinin incelenmesinden ibarettir. Organik kimyanın biyokimyaya dönüştüğü canlı organizmalarda meydana gelenlere özel bir ilgi gösterilir. Neredeyse canlıların tüm süreçleri ve tüm canlı yapıları organik moleküllerin etkileşiminden başka bir şey değildir. Hücre; biyokimyacı ve moleküler biyologların, organik yapıyı, çeşitliliği ve işlevleri bulmak ve tanımlamak için keşif gezileri düzenledikleri minyatür bir yağmur ormanı gibidir.

Astronomların düşünce yapısı da benzerdir. Galaksi ve yıldız sistemi dizileri ile bunların içlerindeki ve aralarındaki maddelerin enerji formlarını bulmak ve

tanımlamak için, zaman ve mekânın sonsuzluğunda dolaşırlar. Parçacık fiziğinin gelişimi de benzer şekilde, madde ve enerjinin nihai bileşenlerini keşfetmek için bilinmeyene yapılan bir yolculuk olmuştur.

Bilim; otuz beşinci kuvvete kadar (onun kuvvetleri, dolayısıyla 1, 10, 100, 1000 ve yukarısına), atom altı parçacıktan evrenin bütününe, gerçekliğin yasalarını içeren insan imgelemini yönetir. Zekâmız bir şekilde sadece biyosferle sınırlı olsaydı dahi, bilimsel araştırma yine de sonsuz bir keşif macerası olurdu. Yaşam gezegen yüzeyini bütünüyle sarar; hiçbir metrekaresi bundan tümüyle bağımsız değildir. Everest Tepesi'nin zirvesinde bakteri ve mikroskobik mantarlar vardır. Böcek ve örümcekler oralara termal akımlarla sürüklenir ve birkaçı, yaykuyruklar ve onlarla beslenen sıçrayan örümcekler dahil, tepeye çok yakın olan bayırlarda yaşamaya devam ederler. Rakım olarak tam zıt ucunda bulunan, Batı Pasifik'teki Mariana Çukuru'nun dibinde, okyanus yüzeyinden on bir kilometre aşağıda, bakteri ve mikroskobik mantarlar ve onlarla birlikte balıklar ve şaşırtıcı derecede çok çeşide sahip tek hücreli foraminiferanlar büyürler.

Dünyada doğası gereği çok fazla organizma çeşitliliğine sahip bölgeler olması gerekir. Rio Napo ve Rio Curaray arasında muhteşem bir yağmur ormanını kapsayan, Ekvator'daki Yasuni Ulusal Parkı'nın, dünyada biyolojik açıdan en zengin yer olduğu varsayılır. Daha net bir şekilde ifade edecek olursak, yaklaşık 10.000 metrekarelik alanının, benzer alan büyüklüğüne sahip diğer kara parçalarından daha fazla bitki ve hayvan türü içerdiği sanılıyor. Bilinen liste de bu iddiayı destekler:

parkın tümünde 596 kuş türü, 150 amfibi türü (Kuzey Amerika'nın tümündeki sayıdan daha fazla), 100.000 kadar böcek, yüksek arazideki tek bir hektarda 655 ağaç türü (bu da yine bütün Kuzey Amerika'dakilerden daha fazladır) kaydedilmiştir. Yasuni'nin üstünlüğü hakkındaki tek soru işareti, Amazon ve Orinoco havzalarında yeterince araştırılmamış, daha çok çeşitlilik içeren bölgelerin var olma olasılığıdır. En azından Yasuni Ulusal Parkı kendi türünün en uç noktasına çok yakındır ve Amazon-Orinoco bölgesinin dışında dünyada hiçbir bölge ona yaklaşamaz.

Henüz daha birçok biyolog tarafından bile geniş çapta kabul edilmese de, orayı mühimsemek için başka bir neden daha var: Yasuni Ulusal Parkı *şimdiye kadar* var olan en çok sayıda türü barındırıyor olabilir. Paleozoik Zaman'dan günümüze kadar 544 milyon yıldır, bütün yaşam tarihi boyunca dünyadaki bitki ve hayvan türlerinin sayısı çok yavaş artıyor. Dolayısıyla *homo sapiens*'in günümüzden yaklaşık 60.000 yıl önce başlayan, Afrika'dan çıkışı ve tüm dünyaya yayılışı sırasında, dünyadaki biyolojik çeşitlilik büyük olasılıkla tüm zamanların en yüksek sayısına ulaşmıştı. Sonra, insanların faaliyetleri bu sayıyı azaltmaya başladı, türlerin birbiri ardına soyları tükendi ve günümüzde ise bu tempo hızlanmaktadır. Şu anda, Yasuni kendi türlerini muhafaza ediyor ve işte bu nedenle bir dünya hazinesi olarak kabul ediliyor. Yasuni'de bulunan hayvan türlerinin, özellikle de böceklerin çok azını tanıyoruz ve biyolojileri hakkında ise neredeyse hiçbir şey bilmiyoruz. Bu yer ve buna benzer çok çeşitliliğe sahip diğer yerlerle ilgili tam bir değerlendirme yapmak ve

üstünlüklerinin nedenini insanların açgözlülüğü buraları mahvetmeden önce anlamak istiyoruz.

Dünya üzerinde buranın tam zıddı olan, Mars'taki hayat olmayan yüzeyin çok yakın bir benzeri vardır. Kendi tarzında araştırmaya değer bir yer olmuştur. Antarktika'daki McMurdo Kuru Vadileri'nden söz ediyorum. Üstünkörü bir kontrolde, buraları sterilize edilmiş cam eşyaların yüzeyi kadar steril görünür. Ancak yaşam vardır ve kutup buzlarının açık yüzeyi dışında, dünyadaki tüm ekosistemler içinde en kıt ve dirençli ekosistemleri oluşturur. Azot dünyadaki herhangi bir habitata göre en düşük yoğunlukta olduğu ve su neredeyse hiç bulunmadığı halde, McMurdo Kuru Vadileri'nin toprağında bakteri bulmak çok şaşırtıcıdır. Sağa sola dağılmış kayalarda yaşam yok gibi görünse de bazılarında liken topluluklarının yaşadığı, neredeyse görünmez çatlaklar vardır. Bu organizmalar yeşil alglerle ortak yaşayan çok küçük mantarlardır. Kaya yüzeylerinin yalnızca iki milim altında yoğunlaşmış katmanlar halindedirler. Daha içerilerde, ("kayalarda yaşayan") bunun gibi başka endolitler kendi fotosentezlerini yapabilen bakterileri içerirler.

McMurdo Kuru Vadileri içinde dağınık halde bulunan donmuş ırmak ve göller etraftaki toprağa az miktarda nem verirler. Damlacık ve zar halinde bulunan su neredeyse mikroskobik boyutlarda az sayıda hayvan barındırır: Daha önce bahsettiğim, bazen "ayı hayvancığı" da denen tuhaf canlılar olan tardigradlar, rotatorlar ("teker hayvancıkları") ve en fazla sayıda olanı da yuvarlak kurt da denilen nematodlar. Çıplak gözle görülmeleri çok zor olsa da, nematodlar oraların

kaplanlarıdır, bu Mars benzeri dünyadaki besin zincirinin en tepesinde yer alırlar ve beslendikleri antilop eşdeğerleri de topraktaki bakterilerdir. Ayrıca birkaç yerde, az sayıda akar ve böceğin ilkel bir formu olan yaykuyruklara rastlanabilir. Toplamda, Antarktika'nın birleşik habitatlarında altmış yedi böcek türü kaydedilmiştir ancak yalnızca birkaçı serbest yaşar. Büyük çoğunluğu, kuşların sıcak tüyleri ile memelilerin kürklerinde yaşayan parazitlerdir.

Ben bunları yazarken, dünyada biyolojik keşiflerin yeni başladığı birçok yer var. Sonsuz karanlığın efendisi olan okyanusların en derin yerleri, su altında hiç gidilmemiş derin vadiler ile aradan geçen uçsuz bucaksız ovaların kestiği büyük sıradağlar içerir. Birçok dağın tepesi suyun üzerine yükselip okyanus adalarını ve takımadaları meydana getirir. Bazıları su yüzeyine yaklaşır ama su altında kalırlar. Deniz dağları vardır. Zirveleri, birçoğunun türü o bölgeye has olan deniz organizmalarıyla kaplıdır. Deniz dağlarının tam sayısı halen bilinmiyor. Yüz binleri bulduğu tahmin ediliyor. Bilgisizliğimizin boyutlarını tasavvur edebiliyor musunuz? Dünya yüzeyinin % 70'ini kaplayan okyanus ve denizlerin altında muazzam sayıda kayıp dünya vardır. Tam olarak keşfedilmeleri için pek çok bilimsel disiplinden gelen araştırmacıların kuşaklar boyu çalışması gerekir.

Dünya üzerindeki yaşam hakkında o kadar az şey biliniyor ki evden çıkmadan bile bir bilim kâşifi olabilirsiniz. Molekülden organizmaya, bir ekosistemdeki ekolojik konuma kadar dünyada herhangi bir seviyedeki biyolojik çeşitliliği zar zor saptamaya başladık.

Dünyadaki farklı taksonomik organizma grupları içinde yer alan, aşağıdaki tabloda verilmiş bilinen ve bilinmeyen tür sayısını bir değerlendirin. İşte bu yüzden dünyaya çok az bilinen bir gezegen diyorum. Veriler 2009'da Avustralya hükümetinin desteğiyle yapılan küresel araştırmalardan alınmıştır.

Organizma	*2009'da dünyada bilinen tür sayısı*	*2009'da dünyada var olduğu tahmin edilen tür sayısı (bilinen ve bilinmeyenler dahil)*
Bitkiler	298.000	391.000
Mantarlar	99.000	1.500.000
Böcekler	1.000.000	5.000.000
Örümcekler ve diğer Eklembacaklılar	102.000	600.000
Yumuşakçalar	85.000	200.000
Nematodlar (Yuvarlak kurtlar)	25.000	500.000
Memeliler	5.487	5.500
Kuşlar	9.990	10.000
Amfibiler (Kurbağalar. vs.)	6.500	15.000
Balıklar	31.000	40.000

2009'da, dünyada keşfedilip, tanımlandığı ve resmi bir Latince isim verildiği tahmin edilen toplam tür sa-

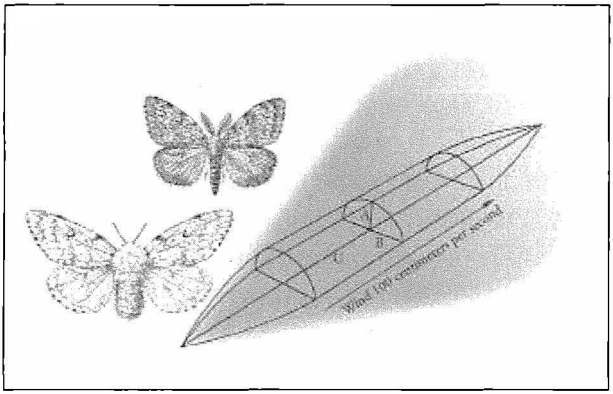
yısı 1,9 milyondu. Keşfedilmiş ve keşfedilmemiş türlerin sayısı toplam olarak rahatlıkla 10 milyonu geçebilir. Tüm organizmalar içinde en az bilinen, tek hücreli bakteri ve arkeonlar ilave edilecek olursa, sayı 100 milyonu geçebilir. Bir tahmine göre, beş ton verimli toprak, neredeyse hepsi de bilinmeyen 3 milyon tür içerebilir.

Bilimciler dünyadaki bakteri ve arkeonları keşfetmede neden fazla ilerleme kaydedemediler? (Arkeonlar dıştan bakteriye benzeyen fakat çok farklı DNA içeren tek hücreli organizmaların önemli bir grubudur.) Bilgisizliğimizin nedenlerinden biri, bu organizmalarda tatmin edici bir "tür" tanımının hâlâ yapılamamış olmasıdır. Daha da önemli bir neden ise, farklı türdeki bakteri ve arkeonların gelişmek için ihtiyaç duydukları çevrelerin ve yemeleri gereken besinlerin çok çeşitli olmalarıdır. Mikrobiyologlar bilimsel çalışma için gereken miktarda hücre üretmek için, bakteri ve arkeonların büyük çoğunluğunu nasıl kültürleyeceklerini bilmiyorlar. Bununla birlikte seri DNA diziliminin ilerlemesi sayesinde, artık bir cinsin genetik kodunu yalnızca birkaç hücreyle tanımlamak mümkündür. Sonuç olarak, tür çeşitliliğinin keşfedilmesi çarpıcı biçimde hızlanmıştır.

Biyolojik çeşitlilikle ilgili bu olağanüstü rakamları vermekteki amacım, taksonomist olmanızı teşvik etmek değil; kaldı ki böyle bir seçim, şu an ve ilerisi için kötü bir tercih de olmaz. Aslında daha çok, bu gezegendeki yaşam hakkında ne kadar az şey bildiğimizi vurgulamak istiyorum. Molekülden ekosisteme, biyolojik örgütlerin hiyerarşisinde türün yalnızca bir seviye ol-

duğunu göz önüne aldığımızda da, biyolojinin muazzam potansiyelinin ve biyolojiyle alakalı bütün fizik ve kimyanın önemi açığa çıkar.

Bilimcilerin taksonomik seviyede saf biyolojik çeşitlilik hakkında bu kadar az şey bilmelerine rağmen, türlerin yaşam devirleri, fizyolojileri ve ekolojik konumları hakkında bildiklerimiz ise daha da az. Çok farklı dallarda eğitim almış biyologların enerjilerini yoğunlaştırdıkları birkaç alan dışında, tek tek türlerin kendine has özelliklerinin ekosistemler yaratacak şekilde nasıl birbirlerine uydukları konusunda da aynı şekilde bilgisiziz. Şu soruları etraflıca düşünün: Gölcük, dağ tepesi, çöl ve yağmur ormanı ekosistemleri gerçekte nasıl işlev görüyorlar? Onları bir arada tutan nedir? Hangi baskılar altında, nasıl ve neden bazen ayrılıyorlar? Aslına bakarsanız, birçoğu parçalanıyor. İnsanlığın uzun vadede hayatta kalması, bunlara ve gezegenimizle ilgili diğer birçok soruya yanıt bulmaya bağlıdır. Zaman azalıyor. Daha fazla bilimsel çabaya ve bütün disiplinlerden daha fazla bilimciye ihtiyacımız var. Bu mektupların başında söylediğim şeyi tekrarlayacağım: Size ihtiyaç var.



Aktif alanın en altında bulunan dişi ağaç zararlısı, erkeğin takip ettiği, içinde yüksek yoğunluğa sahip bir bölge bulunan bir feromon bulutu salgılar. Çizim, Tom Prentiss (ağaç zararlıları) ve Dan Todd (aktif alan © *Scientific American*). Edward O. Wilson'ın "Feromonlar" adlı yazısından alınmıştır, *Scientific American* 208(5): 100–114 (Mayıs 1968).

17

TEORİ ÜRETMEK

Bilimsel teorilerin doğasını size en iyi, soyut genellemelerle değil, teori üretmenin fiili süreciyle ilgili örnekler vererek açıklayabilirim. Bilimin bu yönü nadiren kelimelere dökülen yaratıcı ve kendine özgü zihinsel işlemlerin ürünü olduğu için, kişisel olarak yer aldığım böyle iki vakadan yararlanarak mümkün olduğunca kaynağa yakın kalacağım.

İlki kimyasal iletişim teorisi. Bitki, hayvan ve mikroorganizmaların büyük çoğunluğu, feromon denilen, koklanan veya tadına bakılan kimyasallarla iletişim kurarlar. Öncelikli olarak görüntü ve sesten yararlanan birkaç organizma içinde, insanlar, kuşlar, kelebekler ve resiflerde yaşayan balıklar vardır. 1950'lerde karıncaların sosyal davranışları konusu üzerinde çalışırken, bu son derece sosyalleşmiş böceklerin, vücutlarının farklı bölgelerinden salgılanan çeşitli maddeleri kullandıklarının farkına vardım. İlettikleri bilgiler, hayvanlar âlemindeki en karmaşık ve kesin bilgiler arasındadır.

Yeni bilgiler akmaya başladığında, ilk araştırmaları yürüten bizler parça parça olan verileri düzenlemek ve bunlardan bir anlam çıkarmak için bir yönteme ihtiyacımız olduğunu fark ettik. Sözün kısası, kimyasal iletişime dair genel bir teoriye ihtiyacımız vardı.

Bu ilk dönemde, teorik biyolojide doktorasını yapmakta olan üstün yetenekli matematikçi William H. Bossert'in destekçilerinden biri olduğum için çok ama çok şanslıydım. Bossert 1963'te mezun olduktan sonra, Harvard Üniversitesi'nden davet aldı ve kısa sürede uygulamalı matematikte kadrolu profesör oldu. Lisansüstü öğrencisiyken, feromon iletişimi teorisini oluşturma çalışmalarıma katılmıştı. Böyle bir girişim için doğru zamandı ve başarılı olduk. Bilim kariyerimde başka hiçbir proje Bill Bossert'le olan işbirliğimde olduğu kadar hızlı ve iyi sonuçlanmadı.

Çalışmamızın başında yeni konu hakkında bildiklerimi ona aktardım. Kimyasal iletişimin temel özelliklerini anladığım gibi açıkladım. Bu ilk dönemde elimizde ilerleyebilmemizi sağlayacak çok fazla bir bilgi yoktu. Saha ve laboratuvar çalışmaları neticesinde, çok çeşitli feromonların var olduğunu biliyorduk. Bütün bilinenlerin rollerini sınıflandırmakla başlayıp, daha sonra her birini sırayla anlamlandırmaya çalışmak mantıklı olacak gibi görünüyordu. Çoğu araştırmacı feromon moleküllerinin biçimi ve işleviyle ilgileniyordu, ama teori bu moleküllerin evrimini de ele almalıydı. Basitçe ifade edecek olursak, elbette feromonların ne olduğunu ve nasıl işlev gördüklerini bilmek istiyorduk fakat onların *neden* belli bir tür molekül olup, başka bir tür olmadıklarını da öğrenmemiz gerekiyordu.

Size teoriyi vermeden önce, yanıtlarını bulmak istediğimiz "neden" sorularını aktarmak istiyorum. Feromon molekülü mümkün olan en iyi şekilde mi kullanılıyor, yoksa evrim sırasında iş için uygun olan sınırlı bir diziden rasgele mi seçiliyor? Feromon mesajlarını

uzayda yayılırken görebilseydiniz neye "benzetirdiniz"? Bir hayvanın her mesajda çok mu yoksa birazcık mı feromon yayması gerekir? Feromon molekülleri havada veya suda ne kadar uzağa ve ne kadar hızla giderler ve neden?

İşte size az ve öz olarak teori: *Her feromon mesajı türü doğal seçilim tarafından tasarlanmıştır; yani, birçok nesil boyunca meydana gelen deneme yanılma mutasyonları en iyi moleküllerin hâkim olmasıyla sonuçlanır, en etkili iletim şekli çevre tarafından sağlanır.* Bir karınca nüfusunun, birbiriyle rekabet eden iki karınca kolonisiyle başlatıldığını farz edin. İlk koloni bir molekül türü yapar ve bunu belli bir şekilde dağıtır, ikinci koloni daha az etkili olan ve/veya daha az etkili dağıtılan başka bir molekül türü yapar. İlk koloni ikincisinden daha başarılı olacak ve sonuç olarak daha fazla yavru koloniler oluşturacaktır. Bir bütün olarak koloni nüfusunu göz önüne aldığımızda, ilk kolonin soyundan gelenler baskın olacaktır. Bu durumda evrim, feromonda veya kullanılış şeklinde veya her ikisinde meydana gelmiştir.

Bossert ve ben şu konuda fikir birliğine vardık: "Feromonları kullanan karınca ve diğer organizmaları mühendis olarak düşünelim." Bu düşünce bizi çabucak, takip etmeleri için bir koku bırakarak diğer karıncaları toplayan karıncalara götürdü. Bir daha piknik yaptığınızda yere (veya eviniz istila edilmişse mutfak zeminine) bir kek parçası bırakın. Gözcü karıncanın vücudunda taşıdığı maddenin uzun süre dayanması için, koku feromonunu yavaş yavaş damlattığını farz etmek mantıklı olur. Kek parçası birkaç karınca kilometresi

uzaklıkta olabilir. Bu işlev söz konusu olduğunda, karınca birkaç yüz bin kilometre yapmak için tasarlanmış otomobil motoru gibidir. Böyle bir etkililiği sağlayabilmek amacıyla, (teoride) feromonun diğer karıncaların takip edebileceği kadar güçlü bir koku olması gerekir. Yalnızca birkaç molekül yeterli gelmelidir. Ayrıca gizliliği sağlamak için de feromon onu kullanan türe özgü olmalıdır. Eğer diğer türlere ait karıncalar kokuyu alıp izini sürebilirlerse, bu, koloni için iyi olmaz ve hatta bir kertenkele veya başka bir yırtıcı kokuyu yuvaya kadar takip edebilirse, koloni için tehlikeli bile olabilir. Son olarak, koku maddesi çok hızlı buharlaşmamalıdır. Koloninin diğer üyelerinin sonuna kadar takip edip, kendi kokularını bırakmaya başlamalarına yetecek kadar dayanmalıdır.

Bir de alarm maddeleri var. Bir işçi karıncaya veya başka bir sosyal böceğe düşman saldırdığında, ister yuvanın içinde ister dışında olsun, hızlı bir yanıt alabilmesi için yüksek sesle ve net bir biçimde "bağırabilmesi" gerekir. Dolayısıyla feromonun uzun bir mesafede hızla ve sürekli olarak yayılması gerekir. Ancak aynı zamanda hızla zayıflayıp yok olmalıdır da. Aksi takdirde küçük rahatsızlıklar bile, sık olursa kapatılamayan bir yangın alarmının yol açtığı türden, aralıksız süren bir koşturmacayla sonuçlanır. Aynı zamanda, koku maddelerindeki durumun aksine, gizliliğe gerek yoktur. Bir düşmanın, tetikte ve saldırgan işçi karıncalarla kaynayan bir yere yaklaşmakla eline bir şey geçmez.

Bir alarm feromonunu koklamanızın kolay bir yolunu size anlatayım. Bir çiçekten, mendille veya

başka bir yumuşak kumaş parçasıyla bir balarısı yakalayın. Katlanmış kumaşı hafifçe sıkın. Arı kumaşa iğnesini batıracak ve kendini çekerken de iğnesini (üstünde ters dokunaçlar vardır) kumaşın içinde bırakacaktır. Bu olduğunda, iğne karıncanın iç organlarından bir kısmını çekip dışarı çıkarır. Arı kenara çekildikten sonra, iğne ve organları iki parmağınızın arasında ezin. Muz esansına benzer bir koku alacaksınız. Bu kokunun kaynağı iğnenin yanındaki minik bir bezede bulunan asetat ve alkol karışımıdır. Bu maddeler bir alarm sinyali gibi işlev görür ve diğer arıların o bölgeye akın edip iğnelerini bırakmalarına neden olurlar. Eğer içi boşalan arı uçup gitmediyse başını ezip koklayın. Tespit ettiğiniz buruk koku, alt çenelerin dibindeki bezelerin yaydığı ikinci bir alarm maddesi olan 2-heptanondan gelir. (Bir işçi arıyı öldürdüğünüz için kendinizi kötü hissetmeyin. İşçi arıların aşağı yukarı bir aylık ömürleri vardır ve sadece on binde bir kadarı bir koloni oluşturur. Buna karşılık, yeni ana kraliçeler düzenli aralıklarla eskilerinin yerini aldıkları için koloni potansiyel olarak ölümsüzdür.)

Feromonların sonraki kategorisi atraktantlar, özellikle dişilerin çiftleşme amacıyla erkeklere çağrıda bulundukları seks hormonlarıdır. Bu fenomen yalnızca sosyal böceklerde değil, bütün hayvanlar aleminde yaygındır. Diğer atraktantlar ayrıca çiçeklerin, kelebek, arı ve diğer polen taşıyan böceklere çağrı yaptığı çiçekli bitkilerin kokusunu içerir. En ilginç tür, dişi güvelerin seks atraktantlarıdır, bir kilometre veya ötesinden rüzgâra karşı erkekleri çekebilirler.

Son olarak Bossert ve ben, sınıflandırmamızda tanımlama maddelerini ele aldık. Bir karınca bu maddeleri kokladığında, başka bir karıncanın aynı mı yoksa farklı bir koloniden mi olduğunu anlayabilir. Ayrıca asker, sıradan işçi karınca, yumurta, pupa veya larva olup olmadığını, larvaysa yaşını anlar. Yanınızda sürekli bu tür bir kimyasal işaret taşımak feromonu ikinci bir ten gibi giymek demektir. Bir kimlik feromonu tek bir maddedir veya daha büyük olasılıkla bir madde karışımıdır. Çok yavaşça buharlaşması ve yalnızca çok yakın bir mesafede tespit edilebilir olması gerekir. Eğer bir karıncayı veya başka bir sosyal böceği, diyelim bir koku peşinde koşar veya bir yuvaya girerlerken, birbirlerine yaklaştıklarında yakından gözlerseniz, birbirlerinin vücutlarını antenleriyle taradıklarını görürsünüz, bu hareket neredeyse gözün yakalayamayacağı kadar hızlıdır. Vücut kokularını kontrol ederler. Eğer aynı kokuyu tespit ederlerse, geçip giderler. Eğer koku farklıysa ya kavga eder ya da birbirlerinden kaçarlar.

Araştırmada bu noktaya geldiğimizde, Bossert ve ben evrim biyolojisinin "uyumlayıcı mühendislik" yöntemini bıraktık ve biyofiziğe geçtik. Hayvan vücudundan salınan feromon moleküllerinin yayılımını gözümüzde canlandırmamız ve bunu mümkün olduğunca net olarak yapmamız gerekiyordu. Kuşkusuz feromon bulutu dağıldıkça yoğunluğu da azalacaktır, havadaki milimetre küpteki molekül sayısı gitgide düşer. En sonunda koklanacak veya tadılacak çok az molekül kalacaktır. Bossert böylece alıcı bitki, hayvan veya organizmanın tespit etmesine yetecek kadar içinde mo-

leküllerin yoğun olduğu, "aktif alan" adlı çok önemli bir görüşü ortaya attı. Aktif alanın şeklini öngörmek için modeller (en sonunda saf matematiğe uygun bir yer!) oluşturdu. Feromon iletişimi teorisini oluşturmada artık yeni bir safhaya geçmiştik.

Toprağın üzerinde durgun havanın içinde oturan karınca veya yayılım yapan başka bir organizmada, aktif alanın şekli yarı küre biçiminde olur, canlı da düz yüzeyin merkezinde yer alır. Organizma feromonu yapraktan veya topraktan yukarıda bulunan bir nesneden hava akımı içine salgılarsa, aktif alanın şekli –aşağı yukarı Amerikan futbol topu gibi– her iki uçta incelen bir elipsoit biçiminde olur. Organizma uçlardan birinde yer alıp feromonu rüzgâr yönünde salgılar. Koku uzun bir zaman aralığında tespit edilmeye yetecek miktarlarda toprağa bırakıldığında, alan çok uzun bir yarı elipsoit biçimini alır, başka bir deyişle yer seviyesinde uzunlamasına yarıdan kesilmiş bir elipsoit olur.

Daha sonra dikkatimizi molekülün yapısına çevirdik. Koku maddelerinin ve tanımlama kokularının ya nispeten büyük moleküller ya da büyük molekül karışımlarından oluşması gerektiği sonucuna vardık. Yavaş yavaş yayılmalılardı. Alarm feromonu moleküllerinin boyutları evrimde, daha küçük olacak şekilde seçilmeliydi. Daha sınırlı bir aktif alan meydana getirmeli ve hızla dağılmalılardı. Aktif alanın nitelikleri, ölçülebilen beş değişkene bağlıdır: maddenin yayılma hızı, hava sıcaklığı, hava akımının hızı, feromonun salınma hızı ve bunu alan organizmanın hassasiyet derecesi. Bu ölçülebilir niceliklerle birlikte teori, saha ve labo-

ratuvarda, hayvanlar iletişim kurarken incelemek için kullanılabilecek bir şekil almaya başladı.

Daha sonra bir süreliğine biyofiziği bıraktık ve feromon moleküllerinin yapısını öğrenmek için doğal ürünler kimyasının dünyasına girdik. Bu, ilaç ve endüstriyel araştırmalarda geniş çapta kullanılan bir kimyadır. Şansımıza, moleküler analizde yeni meydana gelen büyük bir ilerleme sayesinde, feromon öyküsünün bu kısmı üstesinden gelinebilir hale gelmişti. 1950 sonları itibariyle, kütle spektrometresiyle birlikte yeni gaz yayın çözümü tekniği, gramın milyonda biri kadar ve hatta daha hafif maddeleri belirlemeyi mümkün kılmıştı. Kimyacıların daha önceleri saf maddeden gramın binde birine ihtiyaç duydukları durumlarda, artık binde birinin binde biri yeterli oluyordu. Teknik sayesinde çevre kirliliğine yol açan maddeler dahil, koku maddeleri tespit edilebilmiştir. Ayrıca DNA dizilimiyle birlikte (aynı şekilde yalnızca bir kan damlası veya şarap bardağının üzerinde bir iz yeterlidir), kısa sürede adli tıpta da dönüşüme yol açmıştır. Diğer araştırmacıların ve bizim, tek bir böceğin vücudunda taşınan feromonları tanımlamamızı mümkün kıldı. Karıncaların ağırlığı genel olarak bir ila on miligram arasındadır. Eğer belli bir feromon vücut ağırlığının binde, hatta milyonda biri kadar olsa bile, araştırmacıların molekül tanımlamasında bir ilerleme kaydetmeleri yine de mümkündür. Birlikte çalıştığım kimyagerler yüzlerce veya binlerce karınca temin edebiliyordu. Bu büyük bir beceri gerektiren bir iş değildir –bir kürekle bir kova yeter– ve bu karıncalarla çalışmanın en bü-

yük avantajlarından biridir. Yalnızca aday feromonları izole etmek değil, biyoanalizler –teorinin doğru tepki olarak öne sürdüğü tepkiye yol açıp açmadığını görmek için malzemeyi canlı kolonilerle test etmek– için de yeterli malzeme temin etmek mümkün hale geldi.

Feromon araştırmalarının başlarında, biyokimyacı olan arkadaşım John Law ve ben, o zaman itibariyle Amerika'nın güneyinin en zararlı haşerelerinden biri haline gelen, dışarıdan gelmiş ateş karıncasının kullandığı koku maddesini tanımlamak için işe koyulduk. Çok miktarda feromon elde etmek için, on binlerce, hatta yüz binlerce karınca toplamamız gerektiğini düşünüyorduk. Bu pratik görünüyordu, çünkü bir ateş karıncası kolonisi iki yüz binden fazla işçi karınca içerir. Hızlı ve etkili bir biçimde çok sayıda ateş karıncası toplamanın bir yolunu şans eseri öğrenmiştim. Güney Amerika'nın taşkın yataklarının yerlisi olan ateş karıncasının yükselen sudan kaçmak için eşsiz bir yöntemi vardır. Karıncalar etraftan ve aşağıdan suyun yaklaştığını algıladıklarında, bir yandan ana kraliçeyi yukarıya doğru iterken, bir yandan da koloninin bütün küçüklerini –yumurta, larva ve pupa– taşıyarak yuvanın yüzeyine doğru hareket ederler. Su yuva bölmelerine ulaştığında, işçiler vücutlarından bir sal yaparlar. Böylelikle bütün koloni güvenle akıntı yönünde gider. Karıncalar kuru toprağa temas ettiklerinde, canlı dubalarını çözer ve yeni bir yuva kazarlar.

Aklıma şöyle bir fikir geldi: Ateş karıncası yuvalarını çıkarıp, karıncaları toprakla birlikte yakınlardaki

gölcüğe atarsak, toprak dibe çökerken koloni yüzeye yükselir, biz de karınca salını toplayabilirdik. Bu basit yöntemi, Florida, Jacksonville'in dışındaki yol kenarlarında denedik ve işe yaradı. Gereken yüz bin işçi karıncayla (aşağı yukarı bir tahmin, saymadık) geri döndüğümüzde, ellerim bir sürü kızgın karıncanın iğnelerinin bıraktığı izlerle kaplanmıştı ve kaşınıyordu.

Harvard'a Law'ın laboratuvarına geri döndüğümüzde, ilk başlarda ateş karıncasının koku feromonu araştırmaları iyi gitti. Hayati madde, nispeten basit bir molekül gibi –terpenoit– ve tam moleküler yapısı da çözülebilir gibi görünüyordu. Sonra bir engel ve gizem ortaya çıktı. Bir yandan kimyagerler tam olarak tanımlayabilmek için maddeyi saflaştırmaya çalışırlar ve bir yandan biz de laboratuvarda yapay kokular yerleştirerek ürettikleri tepkileri değerlendirirken, feromon içerdiği farz edilen bölüme verilen tepki gitgide zayıfladı. Feromon dengesiz bir bileşim miydi acaba? Bunun olasılık dahilinde olduğunu düşündük ve maddenin elimizdeki donanım ve malzemelerle muhtemelen tanımlanamayacağı sonucuna vararak, araştırmadan vazgeçtik. Girişimde bulunan başkalarına yardımcı olmak için, bilim dergisi *Nature*'da bir not yayımladık. Bu şimdiye kadar editörlerin kabul ettiği, başarısız olmuş bir deneyi anlatan birkaç makaleden biriydi.

Yıllar sonra, Florida'da ateş karıncası feromonları üzerinde çalışan doğal ürün kimyacısı Robert K. Vander Meer neden başarısız olduğumuzu buldu. Koku maddesinin tek bir feromon değil, iğneden yere sa-

lınan bir feromon karışımı olduğu ortaya çıktı. Biri koku bırakanın arkadaşlarını çekiyor, diğeri harekete geçmeleri için teşvik ediyor ve başka bir tanesi de buharlaşan kimyasal izlerin yarattığı aktif alan yoluyla onlara rehberlik ediyordu. Sahada ve laboratuvardaki işçi ateş karıncalarında görülen tam tepkiyi uyarmak için, bileşenlerin hepsinin de mevcut olması gerekir. Bu karmaşık yapıyı anlamadığımız ve dolayısıyla tek bir öğeyi hedeflediğimiz için hiçbirini tanımlayamamıştık.

1960 ve 1970'lerde feromonlar üzerindeki araştırmalar derinleşip yayılmış, yeni bir disiplin olan kimyasal ekolojinin önemli bir parçası haline gelmişti. Araştırmacılar, karınca ve balarısı kolonilerinin karmaşık feromon şifrelerini gitgide daha doğru bir biçimde çözdüler. Doğal seçilimle mühendislik teorimizin doğruluğu kanıtlandı. Bununla birlikte, biyolojiyi ve doğal seçilimin bağımsız olaylarını ele aldığımız göz önüne alındığında, var olduğunu öne sürdüğümüz bağlantılar ancak aşağı yukarı doğrulanmıştı. Birkaç tane tuhaf, kendine özgü istisnalar bulunmuştu, bunlardan birkaçı hâlâ daha fazla teori ve deneysel test yapılmasını bekliyor.

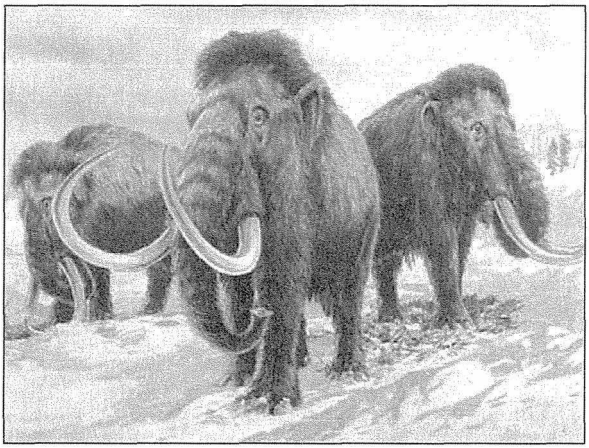
Etkileşen bitki, hayvan, mantar ve mikroorganizmalardan oluşan zengin karışımlarıyla ekosistemler yeni bir gözle görülmeye başlandı ve bununla bağlantılı olarak ekolojiye yön veren teoriler de değişti. İnsanların görüş ve duyuşuna tamamen kapalı farklı bir algısal dünya vardı. İşaretler havada, toprağın altında ve gölcüklerde bulunuyor ve yayılıyor. Kokular kesişiyor; çeşitli şekillerde yayılan, tehdit eden veya davet

eden, bizim duymadığımız bir ses cümbüşü oluşuyor: *Sana yaklaşırken, beni yokla, ben senin koloninin bir üyesiyim. Bir düşman gözcüsü keşfettim, acele et, beni izle. Bu gece çiçekler açmış bir bitkiyim ve burada seni bekliyorum, polen ve nektar ziyafeti istiyorsan bana gel. Ben dişi güveyim, sen de erkek güveysen eğer, rüzgâra karşı kokumu takip et, bana gel. Ben erkek jaguarım, bölgemde tek başınayım, eğer bu kokuyu aldıysan, izinsiz giriyorsun demektir, bu yüzden çık dışarı, hemen çık.*

Bilim ve teknolojiyle bu dünyaya girdik, fakat keşfetmeye daha yeni başladık. Ancak bilgimiz arttığı takdirde, ekosistemlerin nasıl bir araya geldiği ve buradan hareketle onları nasıl kurtarabileceğimizi öğrenmek için gereken bilginin bir kısmını elde edebileceğiz.

Şimdi teorilerin nasıl üretildiğini, nasıl işe yaradıklarını anladığınızı umuyorum. Süreç karmakarışık olabilir fakat sonuç da doğru ve güzel olabilir. Bir konu hakkında elde edilen olgusal bilgi arttıkça –bu durumda kimyasal iletişim– bütün bunların ne anlama geldiğine dair hayal kurarız. Keşfettiğimiz fenomenlerin nasıl işlediği ve nasıl var oldukları hakkında savlar üretiriz. Çeşitli hipotezleri test etmenin bir yolunu buluruz. Yapboz gibi, parçaları bir araya getirdiğimizde, ortaya çıkan bir kalıp ararız. Böyle bir kalıp bulursak, bu artık işe yarayan bir teori olur, bu teoriyi konuyu ileri götürebilmek amacıyla yeni araştırma türleri bulmak için kullanırız. Eğer bu eklenti pek işe yaramazsa ve teoriyle çelişen olgular ortaya çıkarsa, düzeltmelerde bulunuruz. İşler iyice kötüye giderse, teoriyi çöpe

atar ve yeni bir tane ortaya atarız. Böyle böyle adımlarla, bazen hızla, bazen yavaş yavaş olsa da bilim her zaman hakikate yaklaşır.



Dünya Kıta Faunası'ndan, artık nesli tükenmiş olan mamutlar. Orijinal tablodan alınmıştır.
© Doğa Tarihi Müzesi Resim Kütüphanesi, Londra.

18

BÜYÜK ÖLÇEKTE BİYOLOJİK TEORİ

Teorilerin gelişmesine dair ikinci örneğimi, bitki ve hayvanların dağılımını açıklayan canlılar coğrafyası biliminden vereceğim. Canlılar coğrafyası zaman ve uzaya küresel erişimiyle biyolojinin nihai disiplinidir, astronominin fizik bilimlerinin nihai disiplini olması gibi. Türlerin dünyadaki yerlerinin belirlenmesi, oralara nasıl ulaştıklarına ilişkin araştırmalara eklendiğinde, canlılar coğrafyası soylu bir görkem kazanır. En azından, henüz yirmisine varmamış bir üniversite öğrencisiyken, tanımlayıcı doğa tarihi çalışmalarından sonra evrim süreçleri incelemesine başladığımda benim aklımdan geçen buydu. Şu soruları araştırıyordum: Ne tür bir süreç biyolojik çeşitliliği sağlar? Başka hangi süreçler, türleri şu anki coğrafi konumlarına dağıtır? Hiçbirinin rasgele meydana gelmediğini okuyordum. İkisi de anlaşılabilir neden ve sonuçların ürünleriydi. Ben böcek uzmanı olarak doğa tarihinde kariyer yapmaya kendimi çoktan adamakıllı adamıştım. Resmi böcekbilimci, park bekçisi veya öğretmen olabilirdim. Çok mutluydum. Hem gerçek bir bilimci de olabilirdim!

İlk olarak evrim teorisinin modern sentezi bana ilham verdi. Daha çok 1930 ve 1940'larda oluşturulan bu

teori, genetik, taksonomi, hücrebilim, paleontoloji ve ekoloji gibi modern disiplinlerde kaydedilen ilerlemelerle, doğal seçilimle evrime dair orijinal Darwin teorisini birleştirmiştir. Özellikle Ernst Mayr'ın 1942 tarihli sentez çalışması *Sistematik ve Türlerin Kökeni*'nden (*Systematics and the Origin of Species*) çok etkilenmiştim, organizmaların sistematik sınıflandırması olan taksonomide bundan hemen yararlandım. Diyelim değerli taşların renkleri veya şarap tadı gibi belli bir konu üzerinde çalışıyorsunuz ve bildiğiniz her şeye bir anlam kazandıran teorik bir çalışmaya rastladınız. İşte bu da benim için öylesine önemli, hayatımı değiştiren bir deneyim oldu.

Daha sonra Harvard'da lisansüstü öğrencisiyken, daha önceki bilimcilerin ancak nadiren fark ettikleri, canlılar coğrafyası teorisiyle ilgili olağanüstü bir çalışma keşfettim: William Diller Matthew'in *New York Bilimler Akademisi Yıllığı*'nın 1915 sayısında basılmış "İklim ve Evrim" başlıklı çalışması. New York'taki Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nde memeliler uzmanı olarak çalışan bu seçkin paleontolog bu araştırmasında, dünyadaki memelilerin kökeni ve yayılmasına ilişkin büyük bir taslak ileri sürmüştü. Baskın olacak memeli türlerinin, aşağı yukarı günümüz İngiltere'sinden günümüz Japonya'sına kadar uzanan kuzey ılıman kuşağındaki büyük Avrupa kıtasında meydana çıktığını yazmıştı. Rekabet açısından üstün olan bu memeliler, daha önceden ekolojik konumlara yerleşmiş daha eski, baskın türleri saf dışı bıraktılar. Gelgelelim ilk baskın türlerin soyu tamamen tükenmemişti. Yeni gelenlerin henüz yerleşmedikleri alanlarda gelişmeye devam et-

tiler. Avrupa, Kuzey Asya ve Kuzey Amerika'dan oluşan günümüzdeki büyük kuzey kara parçasını tekerleğin göbeği olarak düşünün. Güneye doğru, diyordu Matthew, tropikal Asya'dan itibaren Afrika, Avustralya, Orta ve Güney Amerika tekerleğin parmaklarıdır. Baskın olanlar göbekte meydana çıkıp parmaklara yayılırlar. Matthew bu teoriyi öne sürdüğü sıralarda teorisi olgulara uygun görünüyordu.

Kuzeyin baskın gruplarının üstün olma nedeni, diye devam ediyordu Matthew, genel bir dayanıklılık ve değişime uyum becerisi gerektiren çetin, mevsimsel iklimlerde evrim geçirmiş olmalarıdır. Bu grupta en son kazananlar, bütün Avrasya ve Kuzey Amerikalıların aşina oldukları hayvanları kapsar: fare ve sıçanlar (taksonomik aile Muridae), geyik (Cervidae), sığır (Bovidae), sansar (Mustelidae) ve elbette bizler (Hominidae). Artık güney parmaklarına mahkûm olan eski baskın soylar ise gergedan (Rhinoceratidae), fil (Elephantidae) ve insan hariç primatlardır.

Doğru ya da yanlış (şimdi değil ama Matthew'in zamanında elde edilmiş kanıtlara göre doğru görünüyordu), teoriyi küresel ölçekte tarihöncesinin teorisi olarak gördüm. Zaman ve mekânda en yükseğe çıkan bilim biyolojiydi. Ve benim seçmiş olduğum alan da bilimsel doğa tarihiydi!

Yıllar sonra Harvard Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi'nde böcek uzmanı olarak ardından göreve geleceğim Philip J. Darlington, 1948'de, Matthew'in memeliler için ileriye sürdüğü teoriden büyüklük açısından hiç de aşağı kalmayan bir öyküyü, sürüngen, amfibi ve tatlı su balıkları için ortaya attı. Soğukkanlı omurgalı-

ların, Matthew'in sıcakkanlı memeliler için öne sürdüğü gibi kuzeyin ılıman kuşağında değil, bir zamanlar Avrupa, Kuzey Afrika ve Asya'nın çoğunu kaplayan uçsuz bucaksız tropikal ormanlarda ve otlaklarda ortaya çıktığını öne sürdü. Daha sonra güneye, tür çeşidinin çok azaldığı kıtaların sınırlarına ve kuzeyde de kuzey ılıman kuşağına doğru yayılmışlardı. Ayrıca fosil araştırmalarının yeni dalgası, insanın Avrasya'da değil Afrika'nın tropikal savanalarında meydana çıktığını göstermiştir.

Deyim yerindeyse, Matthew'dan çok Darlington tarzı yetiştirildim fakat Matthew'i önemli bir yönden haklı buluyordum. Gerçekten de tüm küreyi içine alan bir model vardı: baskın memeli grupları dünya üzerindeki kara kitlesinin değişik ekolojik özelliklere sahip büyük kısımlarında ortaya çıkmıştı.

Daha sonra, hem Matthew hem de Darlington'ın geliştirdikleri geniş kapsamlı temayı destekleyen, eşit derecede önemli Dünya Kıtası Faunası teorisi ortaya atıldı. On milyonlarca yıl Güney Amerika, günümüzdeki Panama Kanalı'nı sular altında bırakan büyük deniz yoluyla Kuzey Amerika'dan izole olmuştu, böylelikle Pasifik Okyanusu Karayip Denizi'ne bağlanıyor ve iki yandan kıtalar izole oluyordu. Yarasalar hariç memeliler genel olarak uçsuz bucaksız okyanusu geçemezlerdi. Sonuçta Güney Amerika'dakiler Kuzey Amerika'dakilerden bağımsız olarak evrim geçirdiler. Ancak iki faunadaki canlıların dış görünüşleri ve bulundukları ekolojik konumlar birbirlerine benzer hale geldi. Kuzeyde atlar, güneyde ise ata benzer litopternler vardı. Kuzeydeki gergedan ve suaygırlarına karşılık,

Güney Amerika'da toksodon; tapir ve kuzey fil fokuna karşılık da, güneyde sırasıyla astrapoter ve piroter vardı. Kır faresi, gelincik, kedi ve köpek, Güney Amerika Borhyaenidae familyasının muhtelif üyeleriyle çeşitli derecelerde eşleşiyordu. Kuzey Amerika'nın korkunç kılıç dişli kaplanına, Güney Amerika'daki eşdeğeri, başka bir yönden tamamen farklı kalsalar da, genel görünüşte yaklaşmıştı: kuzey kılıç dişlisi plasentalı iken (cenin dölyatağında taşınırdı), Güney Amerika'daki keseli hayvandı (cenin bir süre dıştaki bir kesede taşınırdı).

Bu evrimsel yakınsama dünyanın karada şimdiye kadar görmüş olduğu en büyük yakınsamaydı. Zamanda geriye, on milyon yıl önceki Güney Amerika savanına gidelim ve günümüzde turistlerin Doğu Afrika'da yaptıkları gibi bir safari yapalım:

> Diyelim güneşli bir günde, sabahın erken saatlerinde bir göl kenarındayız, bakışlarımızı yavaşça tam bir daire çizecek şekilde çeviriyoruz. Bitki örtüsü modern savanlara çok benziyor. Suyun içindeki gergedana benzer hayvanlar su bitkileri yatağında otluyor. Kıyıda ise büyük bir sansarı andıran bir şey, tuhaf görünümlü bir fareyi bir çalılık kümesine sürükleyerek bir deliğin içinde kayboluyor. Belli belirsiz tapire benzeyen bir yaratık yakınlardaki bir korunun gölgeleri arasında kımıldamadan çevreyi izliyor. Yüksek otların arasından çıkan büyük, kedi gibi bir hayvan aniden atı andıran bir hayvan sürüsüne saldırıyor. Ağzı neredeyse 180 derece açılmış, bıçak

keskinliğindeki köpek dişleri öne fırlamıştır. Görünüşü ata benzeyen hayvanlar panikleyip her yöne dağılıyorlar. Biri tökezliyor ve...

Bu bağımsız vahşi yaşam âlemi insanlar gelmeden milyonlarca yıl önce ortadan kayboldu, ancak Kuzey Amerika'daki eşdeğeri yaklaşık on binlerce yıl öncesine dek, usta avcı insanlar kıtaya gelip de yayılmaya başlayıncaya kadar, çoğunlukla bozulmadan kaldı. Her biri kendi bölgesinde bir dengeye ulaşmış gibiydi. Peki, öyleyse neden güneydeki yaşam çökerken kuzeydeki devam etti?

Hayatta kalma yönünden görülen bu bariz farklılık biyocoğrafyacıları, doğanın dengesinin işaret ettiği ilginç bir soruya götürdü: İki tam gelişmiş, birbirine çok benzer âlem tamamen zıt deneyimler yaşarsa ne olur? Eğer bekleme ve izleme jeolojik zamanlarıyla birlikte Tanrı'yı oynamak mümkün olsaydı, ideal deney şöyle olurdu: Dünyanın yalıtılmış iki bölgesine bitki ve hayvanların bağımsız olarak adaptif yayılımla dolmalarına izin ver, böylece her bir alandaki türlerin çoğunluğunun diğer alanda benzerleri ya da ekolojik eşdeğerleri olsun; daha sonra iki bölgeyi bir köprüyle birleştir ve neler olduğuna bak. Organizmalar birbirlerine karıştıklarında, belli bir alandakiler, tek bir fauna ve flora bütün bölgeyi kaplayacak şekilde diğerlerinin yerine geçer mi?

Aslına bakarsanız büyük deney nispeten yakın bir jeolojik zamanda bir kez gerçekleşti ve biz fosil ve yaşayan türleri kıyaslayarak neler olduğunu büyük ölçüde çıkartabiliriz. İki buçuk milyon yıl önce Panama

Kıstağı suyun üstüne yükselip kıtanın güney kısmıyla kuzey kısmını birleştirerek Güney Amerika memelilerinin Kuzey ve Orta Amerika memelileriyle karışmasını sağladı. Bir kıtadaki türler diğer kıtaya yayıldı.

Biyolojik çeşitlilikte meydana gelen değişim en iyi, familyanın taksonomik seviyesinde ölçülebilir. Memeli familyalarının örnekleri Felidae, yani kediler; Canidae, köpekler ve akrabaları; Muridae, sıradan fare ve sıçanlar ve elbette Hominidae, yani insanlardır. Güney Amerika'daki memeli familya sayısı değiş tokuştan önce otuz ikiydi. Panama Kıstağı'nın suyun üstüne çıkmasından kısa süre sonra otuz dokuza yükseldi ve sonra da azar azar günümüzdeki otuz beş seviyesine düştü. Kuzey Amerika faunasının tarihi de buna çok benzerdir: Değiş tokuştan önce yaklaşık otuz olan familya sayısı otuz beşe yükseldi, sonra da otuz üçe geriledi. Karşı tarafa geçen familya sayısı aşağı yukarı her iki tarafta da aynıydı.

Tüm bu bilgilerin toparlanması, başka bir teoriye zemin hazırladı. Biyologlar, ister vücut sıcaklığı, ister bir şişedeki bakteri yoğunluğu, ister bir kıtadaki biyolojik çeşitlilik olsun, bir rakamın bir kargaşanın ardından yükselip de sonra orijinal seviyesine düştüğünü gördüklerinde, sistemde bir dengenin olduğundan şüphelenirler. Hem Kuzey hem de Güney Amerika'daki memeli familyalarının sayısının eski haline dönmesi doğada böyle bir dengenin varlığına işaret ediyor. Başka bir deyişle, iki tane birbirine çok benzer ana grubun tam yayılma ve çeşitlenme durumunda birlikte var olamayacakları anlamında, çeşitlilikte bir sınır var gibi görünüyor. Her iki kıtada da ekolojik eşdeğerlerin

yakından incelenmesi sonucunda, aynı geniş ekolojik konumda yaşayanlar bu sonucu desteklerler. Güney Amerika'daki keseli büyük kediler ile küçük keseli yırtıcıların yerine plasentalı eşdeğerleri geçmişti. Toksodonlar tapir ve geyiklere boyun eğdi. Gene de bazı sıra dışı uzmanlar –tahmin edilmeyen unsurlar– varlıklarını sürdürebildiler. Karıncayiyenler, tembel hayvanlar ve maymunlar günümüzde Güney Amerika'da gelişmeye devam ediyorlar ki bu arada armadillolar tropikal Amerika'da bol miktarda bulunmakla kalmaz, bölgesini Birleşik Devletler'in güneyinin tamamını içine alacak biçimde genişletmiş bir türle de temsil edilirler.

Genel olarak, yakın ekolojik eşdeğerler değiş tokuş sırasında karşılaştıklarında, Kuzey Amerika öğeleri baskın çıktı. En azından dünyanın bu bölümünde Matthew'in teorisinin doğruluğu kanıtlanmıştı. Cinsler sayısının da gösterdiği gibi, Kuzey Amerika memelileri aynı zamanda çok da çeşitlendiler. Cins ilgili türlerden ve familya da cinslerden oluşur. Örneğin *Canis* cinsi, evcil köpek, kurt ve kır kurdunu içerir; köpek familyası Canidae diğer cinsler *Vulpes* (tilkiler), *Lycaon* (Afrika yaban köpekleri), ve *Speothos* (Güney Amerika çalılık köpekleri) içerir. Değiş tokuş sırasında cins sayısı hem Kuzey hem de Güney Amerika'da keskin bir biçimde yükseldi ve sonrasında da yüksek kaldı. Güney Amerika'da yaklaşık 70 olarak başladı ve günümüzde 170'e ulaştı. Sayıların artması esasen Dünya Kıta memelilerinin Güney Amerika'ya ulaştıktan sonra çeşitlenmelerinden ve yayılmalarından kaynaklanmıştır. İstila öncesi eski Güney Amerika öğeleri ne Kuzey

ne de Güney Amerika'da belirgin ölçüde çeşitlendi. Dolayısıyla günümüzde Batı Yarıküre memelilerinin görünüşünde bir bütün olarak güçlü kuzey özellikleri vardır. Güney Amerika familya ve cinslerinin yaklaşık yarısı geçtiğimiz 2,5 milyon yılda Kuzey Amerika'dan göç etmiş gruplara aittir.

Peki, neden kuzey memelileri baskın çıktı? Kimse bunun cevabını kesin olarak bilmiyor. Yanıt fosil kayıtlarında kusurlu bir biçimde korunmuş karmaşık olaylarca büyük ölçüde gizlenmiştir; paleontolojideki durum savaş meydanındaki durumdan farksızdır; araştırmanın ya da savaşın sonucunu bir belirsizlik sarıp sarmalamaktadır. Soy zincirine dair anlayışımızın yönelmiş olduğu, çözülmemiş daha büyük bir sorunun parçası olan soru hâlâ önümüzde duruyor. Evrim biyologları buna takıntılı bir biçimde geri dönüyorlar, ben de bir gece Brezilya Amazonu'ndaki Fazenda Dimona'da, dünya kıtası kökeninden gelme memelilerle kuşatılmış halde kamp yaparken tekrar tekrar bunu sormuştum. Başarı ve başatlığın sırrı nedir?

Biyolojide başarı evrimsel bir fikirdir. En iyi, bir türün bütün torunlarıyla birlikte uzun süre yaşaması olarak tanımlanabilir. Hawaii ispinozlarının yaşam süresi en sonunda, ispinoz benzeri atasının diğer türlerle yolunu ayırdığı zamandan, Hawaii'de yayıldığı ve en son ispinozun yok olduğu zamana kadar geçen süre olarak ölçülecektir.

Başatlık ise tam tersine hem ekolojik hem de evrimsel bir kavramdır. En iyi, bir tür grubunun diğer ilgili gruplara kıyasla görece bolluğu ve etrafındaki canlılar üzerindeki göreceli etkisiyle ölçülür. Genelde başat

grupların yaşam sürelerinin daha uzun olma olasılığı fazladır. Sayıları daha fazla olduğu için, belli bir yerde soylarının tamamen tükenmesi olasılığı daha azdır. Bu şekilde daha çok yerde koloni kurabilir, topluluk sayılarını artırabilir ve böylelikle her topluluğun aynı anda soylarının tükenmesi olasılığını da azaltırlar. Baskın gruplar çoğu kez potansiyel rakiplerinden önce koloni kurarak soy tükenmesi riskini daha da azaltırlar.

Baskın gruplar kara ve denizde daha uzaklara yayıldıkları için toplulukları farklı yaşam biçimlerini benimseyen birden fazla türe bölünme eğilimindedir: Baskın gruplar adaptif yayılmaya eğilimlidir. Buna karşılık, Hawaii ispinozu ve plasentalı memeliler gibi çok çeşitlenmiş baskın gruplar, tek bir türden oluşmuş olanlardan ortalama olarak daha iyi durumdadır: Tamamen rastlantısal bir etki olarak, çok çeşitliliğe sahip grupların daha dengeli dış katmanları vardır ve büyük olasılıkla daha uzun süre varlıklarını sürdürürler. Eğer bir tür sona ererse, farklı bir ekolojik konumda bulunan bir başka tür muhtemelen varlığını sürdürecektir.

Kuzey Amerika kökenli memelilerin genel olarak Güney Amerika memelilerine baskın çıktığı ve sonunda kalan çeşit sayılarının da fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Değiş tokuştan iki milyon yıl sonra soyları hâlâ baskındır. Paleontologlar bu dengesizliğe bir açıklama getirmek için, geniş çapta savunulan, evrimsel-biyolojik türde bir teori ortaya attılar, başka bir deyişle bu en fazla sayıda olguya uygun olan kabataslak bir mutabakattır. Kuzey Amerika faunasının Güney Amerika faunası gibi tecrit edilmiş ve fazlasıyla farklı olmadığını belirttiler. Bu fauna, Dünya Kıtası Faunası'nın Yeni

Dünya'dan Asya, Avrupa ve hatta Afrika'ya dek uzanan bir parçasıdır. Dünya Kıtası iki kıtadan açık ara büyük olanıdır. Daha fazla sayıda evrim yolu denemiş, daha sert rakipler meydana getirmiş, yırtıcı ve hastalıklara karşı daha çok savunma yöntemi geliştirmiştir. Bu avantaj türlerinin, karşı karşıya kalma durumlarında kazanmalarını sağlamıştır. Ayrıca rakun ve sürü oluşturan yabani köpeklerde olduğu gibi sızma yoluyla da kazanmışlardır; birçoğu seyrek nüfuslu ekolojik konumlara daha kararlı bir biçimde nüfuz edip, hızla yayılmış ve oraları doldurmuşlardır. Hem çatışma hem de sızma yoluyla Dünya Kıtası memelileri avantaj kazanmışlardır.

İlk olarak William Diller Matthew ve Philip Darlington tarafından büyük ölçekte ifade edilen bu teori yeni yeni sınanmaya başlamıştır. Doğru ya da yanlış, deneysel desteği kesin olsun olmasın, sadece uygulanması bile paleontolojiyi ilginç biçimlerde ekoloji ve genetiğe bağlamayı vaat ediyor. Bu sentez, biyolojik çeşitlilik çalışmaları diğer disiplinlere, biyolojik örgütün diğer seviyelerine ve zamanın çok daha ötelerine doğru, büyüyen araştırma çemberleri halinde genişledikçe devam edecektir. Eğer bitki ve hayvanlar ilginizi çekiyor ve özellikle destanları ve dünyalar çatışmasını seviyorsanız, orada sizin için de bir yer var demektir.



Yazar balık kartalı yuvasındaki böcekleri inceliyor. Florida Keys, 19 Mart, 1968. Fotoğraf Daniel Simberloff.

19

GERÇEK DÜNYADA TEORİ

Olgu ve teori açısından çok gelişen ve karmaşıklaşan bilim size zor bir meslek gibi gelebilir. Belki de araştırma ve uygulama alanlarında çoğu fırsatın kapalı, geri kalanlarda da rekabetin zorlu ve ürkütücü olmasından ve çoğu öykü ve büyük resmin tamamlanmış olmasından endişe duyuyor olabilirsiniz. Ama yanılıyorsunuz. Benim kuşağımın araştırmacıları ve sizden öncekiler çok şey başardılar. Ancak bütün yolları kapatıp, bütün bilinmeyen bölgelere girmediler. Bilakis yenilerini açtılar. Bilimde her yanıt daha çok soru doğurur. Aslında bu önemli gerçeği üstel olarak ifade etmek daha doğru olur: Bilimde her yanıt *çok daha fazla* soru doğurur. Nitekim hep böyle olmuştur; hatta Newton güneş ışınına doğru bir prizma tutmadan, Darwin Galápagos alaycı kuşları arasındaki çeşitliliği çözmeye çalışmadan önce bile böyleydi.

Ayrıca Newton, şu ünlü sözlerini, gelecekle ilgilenen tüm bilimciler için söylemiştir: "Eğer herkesten daha ilerisini görüyorsam, bu devlerin omuzlarında durduğum içindir." Şimdi size omuzlar ve devlerle ilgili bir öykü anlatacağım.

Öykünün başlangıcı için herhangi bir zamanı seçebilirdim, ama ben işe 26 Aralık 1959 tarihinde olan-

ları anlatmakla başlayacağım. O gün ortak bir arkadaşımız beni, Amerikan Bilimi İlerletme Kurumu'nun Washington'daki yıllık toplantısında Robert H. MacArthur'la tanıştırmıştı. Robert (kendisine Bob denmesinde ısrar etti) ve ben oldukça gençtik. O yirmi dokuz, ben otuz yaşındaydım. İkimiz de çok hırslıydık, bilimde büyük bir atılım yapabilmek için fırsat kolluyorduk. MacArthur çok zekiydi. O güne dek birkaç özgün atılım gerçekleştirmiş olduğundan, teorik ekolojinin yeni avatarı olarak addediliyordu. Tutkulu bir doğabilimci ve kuş uzmanı, aynı zamanda (bu bizim durumumuzda çok önemliydi) usta bir matematikçiydi. İnce yapılı, yüzü ve mizacı haşin ve budalaları uzaklaştıran keskin ve içedönük bir tarzı vardı. Omzunuza elini koyan, sırtınıza şaplak vuran veya sık sık yüksek sesle gülen biri değildi. Birlikte çok vakit geçirmemize rağmen, asla yakın arkadaş olmadık. Şimdi geriye dönüp baktığımda, birbirimiz hakkında tam olarak bir kanıya hiç varamadığımızı görüyorum.

Onun Yale'deki akıl hocası, aynı zamanda bu öykünün de ilk devi olan kişi, o sıralarda evrim biyolojisinin modern sentezine ekolojiyi getirmekte olan G. Evelyn Hutchinson'du. Öğrencilerinin parlak zekâlı olmasıyla ünlüydü. Onun eğitimi altındayken, MacArthur çoktan isim yapmıştı; topluluk örgütlerindeki rekabet ve üreme oranlarının evrimi gibi karmaşık ekolojik süreçlerin, yararlı bir matematiksel analize uygun bir form halinde nasıl basitleştirilebileceğini göstermişti. İkimiz de on yıl sonra, fevkalade genç bir yaşta, Birleşik Devletler Ulusal Bilimler Akademisi'ne seçildik. MacArthur 1972'de yaratıcılığının zirvesindeyken

böbrek kanserinden öldü. Nitekim bilim de bu büyük kaybıyla gelecekteki büyüklüğünden de çok şey kaybetmiş oldu.

1960'ların başlarında toplantılarda bir araya geldiğimizde, ikimiz de ekoloji ve evrim biyolojisini, potansiyel olarak teori ve saha araştırmalarında yenilik fırsatlarıyla dopdolu, kesintisiz tek bir disiplin olarak görüyorduk. Bu, G. Evelyn Hutchinson'ın takdim ettiği yeni bir kavramdı. Ancak bizim aynı şekilde güçlü başka bir motivasyonumuz daha vardı. 1960'lar itibariyle, moleküler biyoloji ve hücre biyolojisinin evrimi çoktan başlamıştı. Yirminci yüzyılın ikinci yarısı açıkça bu disiplinlerin altın yılları ve bilim tarihindeki tüm zamanların en çok dönüşüme yol açan dönemlerinden biri olacaktı. Moleküler biyoloji ve hücre biyolojisi sadece yeniliğe yönelik olağandışı fırsatlarıyla değil, tıpla olan aşikâr bağlantıları nedeniyle aldıkları muazzam fon sayesinde de ilerlemişlerdi.

MacArthur ve ben neler olup bittiğini açıkça görmüştük. Ayrıca bilimdeki negatif bir sonucun, kendi disiplinlerimiz ekoloji ve evrim biyolojisinin, bununla orantılı olarak gerilemesi anlamına geldiğini de anlamıştık. Moleküler ve hücre biyolojisinde olduğu gibi, fizik ve kimyayla direkt bir bağlantımız, çift sarmalın eşdeğeri olan bir şeyimiz yoktu. Rachel Carson'ın çığır açan *Sessiz Bahar* adlı kitabı 1962'de yayımlandıktan sonra modern çevre hareketine yol açmıştı. Bu da biyolojiye ve ekolojiye tıbba aktarılana eşdeğer miktarda bir kaynağın sağlanabileceği anlamına geliyordu; fakat tabii bu kaynak hâlâ emekleme dönemindeydi. Yeni disiplinler olan koruma biyolo-

jisi ve biyolojik çeşitlilik çalışmaları 1980'lere kadar birleşmemişti.

Üstelik nüfus genetiği ve ekolojinin bazı çok soyut ilkeleri hariç, olgun doğabilimlerinden beklenebilecek tarzda birbirine sağlam bir şekilde bağlanabilecek çok az fikrimiz vardı. Araştırma üniversitelerindeki fakülteler, organizma ve nüfus seviyelerindeki biyolojiye karşı ilgisiz moleküler biyolog ve hücre biyologlarıyla doluyordu. Bunlar eğer zahmet edip de bizim disiplinlerimiz hakkında bir yargıya varacak olurlarsa, buna göre, bu disiplinler eski moda ve tamamen verimsizdi. Görünüşe göre biyolojinin sınırları, kesin olarak sola doğru, fizik ve kimya yönüne kaymıştı. Yeni nesil biyologlar eski kafalıları önemsiz sayıyor denemezdi. Daha çok, bir gün zaman ayırıp kendileri araştırma yaptıklarında daha iyisini yapmayı umuyorlardı. MacArthur, diğer genç ekolojistler ve benim için yollar mevcuttu ama izlenmelerinin zor olduğu ortaya çıkmıştı.

Benim Harvard'da çektiğim zorlukları artıran başka bir etken de, daha sonra organizma ve evrim biyolojisi olarak adlandırılacak bu disiplinde çalışan kadrolu tek genç profesör olmamdı. Aynı disiplinlerde yer alan daha olgun ve seçkin fakülte üyeleri ya tamamen kişisel akademik uğraşlarına gömülmüşlerdi ya da içinde bulundukları durumu yadsımakla meşguldüler, tehdide karşı kayıtsız ve uğraşmaya gönülsüzdüler.

İmtiyaz sorumluluk getirmez yaklaşımının uç noktasında ise bu öyküdeki ikinci dev ve saygıdeğer bir kişi olan George Gaylord Simpson vardı. O omurgalı paleontolojisinde dünya çapında bir otorite ve Modern Sentez'in yazarlarından biriydi. Dünyada bulunan fau-

naların evrim ve hareketlerinin mükemmel bir tanımını yapmıştı. Ancak insani ilişkilerden el etek çekmesi efsane olmuştu. Amazon'a son gidişinde devrilen bir ağacın altında kalıp sakatlanmıştı, Harvard'a geldiğinde yaşlı ve hastaydı. Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi'nin iç kısımlarındaki ofisinde yalnız başına çalışmayı tercih ediyordu. Bir vesileyle Robert MacArthur Biyoloji Bölümü'nü ziyaret ettiğinde, Simpson'la görüşmesi için bir randevu ayarladım. Bunu kuşaklar arasında, birinci sınıf dimağların görüşmesi olarak görmüştüm. Büyük adamın ofisine kadar ona eşlik ettim, daha sonra konuşmalarını bölmemek için ikisini yalnız bıraktım. (Yine de daha sonra konuştukları her şeyi öğrenmeyi umuyordum.) Ofisime dönüp, biriken bazı evrak işlerine daldım. On beş dakika geçmemişti ki MacArthur tekrar kapımda belirdi. "Ağzından zar zor bir laf çıktı," dedi Robert, "Konuşmak istemedi."

Simpson'ın suskunluğu ve benim görüşüme göre, onun Harvard'da biyolojinin entelektüel dengesizliğini irdelemeye olan ilgisizliği "evrim biyolojisi" teriminin tanınmasında çoktan bir rol oynamıştı. 1960'da Biyoloji Bölümü'nde ekoloji ve evrim üzerinde çalışan, gölgede bırakılmış, fonsuz kalmış ve kısa süre sonra sayıları da diğerlerine göre azalacak olan fakülte üyeleri, emeklerimizi örgütlemek ve birleştirmek adına bir komite kurmaya karar verdiler. İlk toplantıya erken gittim, hemen ardımdan Simpson da gelip (sessiz sedasız) karşıma oturdu ve birlikte meslektaşlarımızı beklemeye başladık.

Cesaret edip, "Sizce alanımıza ne isim verelim?" diye sordum.

"Hiçbir fikrim yok," diye yanıtladı.

Mizah katmaya çalışarak, "'Gerçek biyoloji'ye ne dersiniz?" dedim. Yanıt gelmedi.

"Tam organizma biyolojisi?"

Gene yanıt yoktu.

Bu öneriler pek de iyi değildi zaten. Bir anlık sessizlikten sonra, "'Evrim biyolojisi' olabilir mi?" diye sordum. Simpson, belki de sadece beni susturmak için, "Bence olabilir," dedi

Diğer komite üyeleri yavaş yavaş gelmeye başlamışlardı, hepsi yerleştikten sonra ben de fırsattan istifade, "George Simpson ve ben temsil ettiğimiz alan için doğru terimin 'evrim biyolojisi' olması konusunda fikir birliğine vardık," diye belirttim ki bu aslında hemen orada uydurduğum bir isimdi.

Simpson bir şey demedi, bunun üzerine grubumuz da Evrim Biyolojisi Komitesi oldu. Zamanla gelişip, resmi olarak Organizma ve Evrim Biyolojisi Bölümü halini aldı. Böylece bilimsel bir disiplinin ismi doğmuş oldu. Eğer daha önceden başka bir yerde bağımsız bir doğum olmuşsa bile ki ben böyle bir şey duymamıştım, isim en azından en çok ihtiyaç duyulan bir zamanda en etkili biçimde kullanılmıştı.

Kıskançlık ve güvensizlik bilimdeki keşiflerin etmenleri arasındadır. Bunlardan sizde de biraz varsa zarar yok. Çünkü MacArthur ve benim açımdan, yeni bir teori yaratma arzumuz, şimdilerde evrim biyolojisi dediğimiz disiplinin ve onun daha nicel alt kolu olan nüfus biyolojisinin, moleküler ve hücre biyolojisindeki gibi bir ihtimam gerektirdiğinin kabul edilmesiyle güçlenmişti. Nicel bir teoriye ve teoriden çıkan fikirlerin

tanımlayıcı testlerine ve gerçek yaşam fenomenleriyle canlı bağlantılarına ihtiyacımız vardı. Bu tip mükemmellik nitelikleri emeklerimizi yönelttiğimiz alanlarda nispeten nadir görülen şeylerdi. Bunları odaklanmış bir şekilde aramanın zamanıydı.

MacArthur'la, gittiğim adalardan ve bu adalardan, türlerin oluşumu ve coğrafyası arasındaki bağların incelenmesinde yararlanmaktan söz ettim. Konunun karmaşık olmasından pek etkilenmediğini görebiliyordum. Grafiğini çizmekte olduğum tür-alan eğrileriyle çok daha fazla ilgilenmişti. Bu eğriler, öncelikli olarak Batı Hint Adaları ve Batı Pasifik olmak üzere farklı takımadalardaki adaların coğrafi alanlarını (mil kare veya kilometre kare olarak) ve her adada bulunan kuş, bitki, sürüngen, amfibi ve karınca türü sayısını basit bir biçimde gösteriyordu. Bir adanın alanı başka bir adanın alanından fazla olduğunda, büyük adadaki tür sayısının küçük adadaki tür sayısının aşağı yukarı dördüncü dereceden kökü kadar çıktığını açıkça görebiliyorduk. Bu da, örneğin, bir takımada içinde bulunan bir ada aynı takımada içindeki başka bir adadan on kat büyükse, büyüğün küçüktekilerin yaklaşık iki katı kadar tür içereceği anlamına geliyordu. Ayrıca anakaradan uzak olan adaların yakın olanlara göre daha az tür içerdiğini de gözlemlemiştik.

Dengeden söz ederken, yakında ve uzakta olan adalar için "doymuş" ifadesini kullandım. MacArthur bana, "Bunun üzerinde biraz düşünmem lazım," dedi. Onun bir şeyler bulacağına inanıyordum. MacArthur'un karmaşık sistemleri basitleştirmekte ne kadar usta olduğunun kanıtlarını daha önce görmüştüm.

MacArthur çok geçmeden bana önerilerde bulunduğu şu mektubu gönderdi:

> Boş bir adayla başla. Bu ada türlerle doldukça, diğer adalardan göçmen olarak gelen tür sayısı azalır, böylece göç hızı düşer. Keza ada türlerle doldukça, kalabalıklaşır ve her türün ortalama nüfus büyüklüğü azalır. Sonuç olarak türlerin soy tükenme oranları yükselir. Dolayısıyla ada doldukça göç oranı düşer ve mevcut türlerin soylarının tükenmesi artar. İki eğrinin kesiştiği yerde, soy tükenme oranı göç oranına eşit olur ve tür sayısı dengeye kavuşur.

Devam edecek olursak, küçük adalarda türlerin kalabalıklaşması daha keskin olur ve soy tükenme oranı eğrisi de daha diktir. Uzak adalarda, göç daha azdır ve göç eğrisi de daha az diktir. Her iki durumda da sonuç, dengedeki tür sayısının daha az olmasıdır.

1967'de MacArthur ve ben, ekoloji, nüfus genetiği ve hatta vahşi yaşam yönetimindeki ilgili konularda bulabildiğimiz her veri kırıntısına bu basit modeli uyguladık ve *Ada Biyocoğrafyası Kuramı*'nda (*The Theory of Island Biogeography*) elimizden geldiğince toparladık. Kitabın, oluşturulmasında yararlandığımız disiplinler üzerindeki kayda değer etkileri devam ediyor. Ayrıca ilerleyen yıllarda, yeni bir disiplin olan koruma biyolojisinin ortaya çıkmasında da bir rol oynadı. Bu, sizin hatırlamanızı istediğim ilkenin iyi bir örneğiydi: Araştırmalarınızda bir sorunu mümkün olduğunca net bir biçimde tanımlayın ve çözüm ko-

nusunda ihtiyacınız olursa bir veya iki ortak tercih edin.

Yine de sonuçtan tam olarak tatmin olmamıştım. Sonuç açığa çıkarken bile, böyle bir teoriyi nasıl test edebileceğimizi düşündüm. Tasavvur ettiğimiz dengenin oluşması için yüzyıllar gerekebilirdi. O halde Küba, Puerto Rico ve Batı Hint Adaları'nın diğer adalarıyla nasıl deney yapabilirdik? Yapamazdık. Başka bir şey, daha izlenebilir bir sistem gerekliydi. Daha önceki bir mektupta size aktarmış olduğum, bilimsel araştırmanın başka bir ilkesini hatırlarsınız: Her sorunun çözümüne çok uygun bir sistem mevcuttur. Biyolojide sistem genellikle belli bir türün organizmasıdır ve moleküler genetikteki problemler için de *Escherichia coli* bakterileri bir sistem teşkil eder. Biyolojik örgüt skalasında daha yüksekte bulunan bir şey arıyordum. İdeal bir ekosisteme ihtiyacım vardı.

İki güçlü arzum vardı. Ne olursa olsun, adalarda çalışmaya devam etmek istiyordum. Canlılar coğrafyasında da yepyeni bir şey yapmak istiyordum. Eğer manipüle edilebilecek kadar küçük bir ekosistem seçersem ikisini de başarabileceğim sonucuna vardım.

Sonra bir çözüm ortaya çıktı. Benim uzmanlık alanım olan böceklerin, daha önceki canlılar coğrafyası çalışmalarının önemli öğeleri olan memeli, kuş ve diğer omurgalılara kıyasla boyutları neredeyse mikroskobiktir. Omurgalılar gramla ölçüldükleri halde böcekler birkaç miligram veya daha az gelir. Üzerinde böceklerin yaşayıp nesiller boyunca üreyebildikleri çok sayıda minik ada vardır. Kuş ve memelilerin incelenebildiği, Küba, Barbados veya Dominik Cumhuriyeti büyüklü-

ğündeki bir veya birkaç ada yerine, dünyada araştırma yapılabilecek yüzölçümü bir hektar veya daha az olan yüz binlerce ada vardır. Bir şekilde, diye düşündüm, birkaçının böcek, örümcek ve diğer omurgasız faunası üzerinde, göç ve soy tükenmesi oranlarının ölçülebileceği şekilde değişiklik yapılabilir. Bu verilerden, hipotezleri test etmek, teoriyi değerlendirmek ve yeni fenomenler keşfetmek için birçok test oluşturulabilirdi.

İmgelemimde yeni bir dünya açılmıştı. Adacıkları mükemmel ekosistem modelleri olarak görüyordum. Bir laboratuvar aramaya başladım. Çeşitli büyüklüklerde, uzak ve yakın, küçük adalar kümesi olmalıydı. Böyle ideal bir mikro takımada nerede olabilirdi? Doğu Atlantik'in ve Birleşik Devletler'in güney Körfez Sahili'nin detaylı haritalarını, Maine'nin kayalık burunları ve Boston'un Harbor Adaları'ndan, Carolinas, Georgia ve Florida'nın bariyer adalarına ve batıdaki Körfez eyaletlerine kadar inceledim. Bunların hepsi Harvard Üniversitesi'nden bir günlük mesafedeydi. Florida Keys ve Florida Koyu'nun çok sayıdaki tropikal adasını seçmem uzun sürmedi.

Bilimcilerin "sağlam" dedikleri sonuçları doğuracak deneyleri yapabilmem için, adacıklarımın sıfırdan başlaması gerekiyordu; boş olacak, üzerlerinde hiç böcek bulunmayacaktı. Dikkatimi, Florida Keys'in en dışındaki ada kümesi olan, küçük, dalgaların dövdüğü Kurak Tortuga (Dry Tortugas) adalarına yoğunlaştırdım. En uçtaki Fort Jefferson hariç, diğerleri yalnızca küçük bitki örtüsü parçaları ve nispeten az sayıda birkaç böcek ve omurgasız türü barındıran neredeyse ıssız adalardır. Basit olmalarının bir avantajı vardı:

Üzerlerinden ne zaman bir kasırga geçse, karasal yaşamı da süpürür geçerdi.

1965'de duruma bakmak için, yanımda lisansüstü öğrencilerinden bir ekiple birlikte, Kurak Tortugalar'a gittim. Çeşitli adalarda bulabildiğimiz bütün bitkilerinin yerini saptadık ve bütün böcek ve diğer omurgasız türlerini kaydettik. 1966'daki bir sonraki kasırga mevsiminde bir değil iki kasırga birden Kurak Tortugalar'ı vurdu. Hemen akabinde geri döndük ve beklediğimiz gibi küçük adaların bitki ve kara hayvanlarından arınmış olduğunu gördük.

Ana problem çözülmüş gibi görünüyordu fakat o zaman itibariyle Kurak Tortugalar'ı kullanma konusunda şüphelerim oluşmaya başlamıştı. Kalıcı değere sahip yüksek kalitede, başkalarının rahatlıkla tekrarlayabilecekleri bir deney yürütebilmek için, daha iyi bir laboratuvarım olması gerektiğine inanıyordum. Kurak Tortugalar'dakilerden daha fazla ada istiyordum. Türlerin ortadan kalkmasını kendim kontrol etmem gerekiyordu, rasgele hava koşullarına bel bağlamak istemiyordum. Ayrıca kontrolleri –deney setindeki adalara çok benzeyen ve hayvanların ortadan kalkması hariç aynı şeylere maruz kalan adalar– kullanmak da çok yararlı olacaktı. Son olarak daha fazla biyolojiye ihtiyacım vardı. Fauna ve floralarını rasgele sayı üreteçlerine dönüştürmek için, Kurak Tortugalar'ın faunaları çok küçük ve ekosistemlerinin ömürleri çok kısaydı. Doğal ekosistemleri daha tipik olan daha büyük faunalara ve daha az örselenmiş adalara ihtiyacım vardı.

Size hedefe nasıl ulaştığımızı anlatmadan önce, daha önce değindiğim bir noktayı vurgulamak istiyo-

rum: Başarılı araştırma matematiksel beceriye, hatta teorinin iyice anlaşılmasına bile bağlı değildir. Büyük ölçüde, önemli bir problem seçip, ilk başta kusurlu bir biçimde de olsa, çözmenin bir yolunu bulmaya dayanır. Çok sık olarak, hırs ve girişimcilik güdüsünün birleşimi hedefi tam on ikiden vurur.

Bu canlılar coğrafyası problemini çözmeye kararlıydım ve yeni bir teknoloji geliştirerek bunun üstesinden gelmenin zorluğu beni heyecanlandırıyordu. Kurak Tortugalar'ın hemen kuzeyindeki Florida Koyu'nun küçük mangrov adalarında ihtiyacım olan şeyi buldum. Onlardan çok vardı: On Bin Ada adı verilen, koyun kuzey ucundaki takımadanın içeriğini bir düşünün. Omurgasızların, birkaç düzine adadan çıkarılmasıyla bütün Florida Koyu mangrov sistemine verilecek zarar göz ardı edilebilir ve bu kısa sürede onarılabilirdi.

Bu aşamada, matematiği çok iyi olan, lisansüstü öğrencilerimden Daniel S. Simberloff'tan yardım istedim. Simberloff'u seçmekle gayet yerinde bir karar verdiğimi kısa sürede fark ettim. MacArthur'la olan çalışmamda olduğu gibi, Simberloff'un matematiği de benim doğa tarihime çok uygundu. Bu noktadan sonra, bilinmeyenlere birlikte göğüs gerdikçe, öğrenci ve öğretmenden çok meslektaş olduk. Birlikte adım adım, ağaçlara ve diğer bitki örtüsüne zarar vermeden, mangrov adalarından bütün omurgasız hayvanları çıkarmanın yöntemini bulmaya çalıştık. Başarısızlıklarımızın ve yanlış başlangıçlarımızın detayına burada girmeyeyim; omurgasızların kökünü kazımanın basit ve doğrudan bir yöntemini bulduk: Her adada çadır kurup ilaçlama yapacak bir böcek ilaçlama şirketi tut-

tuk. Bu göründüğü kadar kolay değildi. Takım olarak, sığ suda kurulacak doğru yapıyı ve doğru böcek ilacı ile dozajını bulmak zorundaydık. Yapış yapış çamurda yürümek ve bize yardım eden işçileri, met zamanı adalara yakın yerlerde yüzen köpekbalıklarının zararsız olduğuna ikna etmek zorunda kalıyorduk.

Bir de, Simberloff ve ben türleri doğru olarak tanımlayabilmek için, çeşitli omurgasız gruplarıyla (kınkanatlı böcek, sinek, güve, kabuklu bit, örümcek ve kırkayak vb.) ilgili bir uzman ağı oluşturmak zorundaydık.

İki yıl boyunca göç ve bunun arkasından gelen soy tükenmelerini izledikten sonra, yeniden kolonileştirmenin denge modeline uyduğunu gördüğümde çok mutlu oldum (ve tabii Simberloff da mutlu oldu çünkü çalışmasından doktora tezi çıkarması gerekiyordu). Ayrıca kolonileştirme süreci hakkında da çok şey öğrendik. Bu serüven, teoriden deneye, bütün bilim hayatımın en tatmin edici deneyimlerinden biri olmuştu.

Umarım siz de kendi kariyerinizde bu türde bir veya daha fazla fırsat bulur, ben ve Daniel Simberloff gibi risk almaya değer olduğuna kanaat getirirsiniz. Biz devlerin omuzlarında duruyorduk ve bu sayede biraz daha ilerisini görebildik.

V

HAKİKAT ve ETİK



Birleşik Devletler Ulusal Bilim Madalyası.

20

BİLİMSEL ETİK

Bu mektupları, araştırma ve yayınlarınızın yürütülmesinde sergilenecek uygun davranışlarla ilgili öğütlerle kapatmak istiyorum.

Muhtemelen kariyeriniz boyunca, yapay organizmalar yaratmanın veya şempanzeler üzerinde cerrahi deneyler yapmanın uygun olup olmaması gibi büyük ölçüde felsefi soruların direkt baskısı altında kalmayacaksınız. Bunun yerine, vermeniz gereken ahlaki kararların büyük çoğunluğu diğer bilimcilerle olan ilişkilerinizle ilgili olacak. Ufak tefek şeylerle oyalanmanın ötesindeki girişim çabaları salt başarısızlık riski dışında zorluklara da yol açar. Sizi duygusal olarak hazır olmayabileceğiniz rekabetçi bir arenaya koyar. Kendinizi aynı yolu seçmiş insanlarla yarış içinde bulabilirsiniz. Sizden daha çok donanım ve kaynağa sahip birinin sizden önce hedefe ulaşmasından endişe edebilirsiniz. Birden fazla araştırmacı aynı anda önemli bir yeni bilim dalını yaratırken, çoğu kez heyecanlı ve verimli bir işbirliği dönemini de başlatır; ancak sonraki aşamalarda, farklı gruplar aynı keşiflerin peşine düştükçe, bir miktar rekabet ve kıskançlık kaçınılmaz olur. Sizin karşınızda, eğer başarılıysanız, mülayim rakipler kadar acımasız rakipler de olacaktır. Dedikodu

ve ketumluk olacaktır. Bunlar sürpriz olmamalıdır. İş hayatındaki girişimciler rakipleri onları piyasada alt ettiklerinde acı çekerler. Bilimcilerin farklı olmalarını mı beklemeliyiz?

Özgün keşifler en önemli olanlardır. Bunu biraz daha vurgulayayım: Önemli olanlar *sadece* onlardır. Onlar bilimin altın ve gümüşleridir. Dolayısıyla onlara gerekli değeri vermek yalnızca ahlaki açıdan bir zorunluluk değil, bir bütün olarak bilim camiası içindeki serbest bilgi alışverişi ve iyi ilişkiler için de hayati önem taşıyan bir şeydir. Araştırmacılar, haklı olarak, halktan olmasa bile kendi alanlarındaki meslektaşlarından, özgün çalışmalarını takdir etmelerini beklerler. Özgün araştırması sebebiyle terfi veya ödül aldığı için sevinmeyen –çok sevinmeyen– bir bilimciyle hiç karşılaşmadım. Aktör Jimmy Cagney'in, sinema filmlerindeki kariyeriyle ilgili olarak söylediği gibi: "Ancak insanların söylediği kadar iyisinizdir."

Gizli bir laboratuvarda kendisi için çalışan büyük bilimci diye bir şey yoktur. Bu sebeple literatürü okurken ve alıntı yaparken dikkatli ve titiz olun. Hak edildiği yerde takdiri esirgemeyin ve başkalarından da aynı şeyi bekleyin. Dürüstçe takdir etmek son derece önemlidir. Bilimciler arasında, bir meslektaşı ödül veya buna benzer şeyler için önermek nispeten alışılmamış bir diğerkâmlık örneğidir. Zor gelse bile, bu adımı atmaktan çekinmeyin. Öte yandan, bunu bir rakibe sunmak, özellikle de hoşlanmadığınız biriyse ve kendi itibarınızı riske atıyorsanız, asil bir davranıştır. Bu sizden beklenmeyen bir şeydir. Bırakın başkaları aday olsunlar. Siz dişinizi gıcırdatıp tebriklerinizi sunun yeter.

Hatalar yapacaksınız. Sadece büyük hatalar yapmamaya çalışın. Durum ne olursa olsun, hatalarınızı kabul edin ve yolunuza devam edin. Raporda veya sonuçta yer alan basit bir hata eğer resmen düzeltilirse affedilir. (En azından, önde gelen bir derginin özel bir yanlış doğru cetveli bölümü var.) Eğer iyi niyetle yapılırsa ve özellikle de hatayı kanıt ve uslamlamayla açıklayan bilimciye teşekkür edilirse, sonuçtan geri adım atmak kalıcı bir zarara yol açmaz. Ancak asla ve asla sahtekârlık affedilmez. Cezası mesleki sürgündür, idamdır; size kimse bir daha asla güvenmez.

Eğer sonuçtan emin değilseniz, çalışmayı tekrarlayın. Tekrarlayacak zamanınız veya kaynaklarınız yoksa vazgeçin veya başka birine aktarın. Olgularınız sağlam ama sonuçtan emin değilseniz, emin olduğunuz kadarını söyleyin. Eğer çalışmanızı tekrarlayacak ve doğrulayacak fırsat veya kaynaklarınız yoksa belirsizliği yansıtan, "galiba", "görünüşe göre", "akla getiriyor", "olasılığını ortaya çıkarıyor", "olabilir" gibi ifadeleri kullanmaktan çekinmeyin. Sonuç harcanan emeğe değerse, başkaları bulduğunuzu düşündüğünüz şeyi ya doğrulayacak ya da yanlış olduğunu kanıtlayacak ve herkes övgüyü paylaşacaktır. Bu özensizlik değildir. Bilimsel yöntemin özüne uygun, profesyonel davranıştır.

Son olarak, her şeyden önce gerçeğin arayışında olan bir kariyere girdiğinizi unutmayın. Sizin mirasınız, test edilebilen ve bilimle bütünleştirilebilen yeni, doğrulanabilir bilgilerin artması ve akıllıca kullanımı olacaktır. Bu tarz bilgiler asla kendi başlarına zararlı olmazlar fakat tarihin bıkıp usanmadan gösterdiği

gibi, çarpıtılmaları zararlı olabilir ve bu bilgiler ideologlar tarafından kullanılırsa ölümcül olabilirler. Gerekli gördüğünüzde aktivist olun (elinizdeki bilgilerle son derece etkili olabilirsiniz) ancak bilimsel girişime mensup olmanın size bahşettiği güvene asla ihanet etmeyin.

Teşekkür

Daha önceki birçok kitabımda olduğu gibi, temsilcim John Taylor Williams ile editörüm Robert Weil'e, rehberlikleri ve teşvikleri için ve asistanım Kathleen M. Horton'a, uzman bir tavırla ve kendini adayarak çalıştığı için minnetle teşekkür ediyorum.

İki kez Pulitzer Ödülü kazanan biyolog Edward O. Wilson bu kitabında genç araştırmacılara, çalışma alanı bulma, bir yol gösterici seçme ve bilimsel teoriyi gerçek dünyaya uygulama gibi konularda tavsiyelerde bulunuyor. Yazar, genç bilim insanlarına bilimsel buluş ve keşifleri nasıl gerçekleştirecekleri konusunda yol göstermekle kalmıyor, aynı zamanda onlara bilimde neden başarılı olmaları gerektiğini de çok açık bir dille anlatıyor. Böylece genç bilimcilere birtakım pratik öğütlerin yanı sıra felsefi bir bakış açısı da sunmuş oluyor.

THG
0740978
EAD
2016
THG
0978 EAD

internet satış:
saykitap.com
12,50 TL
ISBN 978-605-02-0337-0
9 786050 203370
SAY YAYINLARI

Popüler Bilim