

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

11. BASKI

GELECEK 50 YIL

21. YÜZYILIN
İLK YARISINDA
HAYAT ve BİLİM

editör
JOHN BROCKMAN



GELECEK 50 YIL

Yirmi birinci yüzyılın
ilk yarısında
hayat ve bilim

EDİTÖR
John Brockman

ÇEVİRİ
Nurettin Elhüseyni



THE NEXT FIFTY YEARS / GELECEK 50 YIL

Science in the First Half of the Twenty-First Century

21. Yüzyılın İlk Yarısında Hayat ve Bilim

Editör: John Brockman

© John Brockman, 2002. Tüm hakları saklıdır.

NTV Yayınları Direktörü

Elif N. Kutlu

Yayına Hazırlayan

Emre Ergüven

Çeviri

Nurettin Elhüseyni

Kapak Tasarımı ve Grafik Uygulama

Halili Budak Akalın

Düzeltili

Hasan Aydın

Proje Koordinasyon

Yakup Akyıldırım, Özgür Akhan,

Şükrü Kolukisa

Satış Yönetmeni

Tüzün Bülbül

ISBN: 978-975-6690-62-8

1-6. Baskılar: 2007, 7-8. Baskılar: 2008, 9. Baskı: 2010,

10. Baskı: 2011 ve 11. Baskı: Nisan 2013

Sertifika No: 12444

 **NTV yayınları**

info@ntvyayinlari.com

www.ntvyayinlari.com

Doğuş Grubu İletişim Yayıncılık ve Ticaret A. Ş.

Maslak Mahallesi Ahi Evran Cad.

Doğuş Power Center No:4 Şişli-İSTANBUL

Tel: (212) 304 08 88 Faks: (212) 335 03 48

Tüm hakları saklıdır. Doğuş Grubu İletişim Yayıncılık ve Ticaret A. Ş.'nin yazılı izni olmadan, fotokopi yöntemi dahil, elektronik ya da mekanik herhangi bir yolla çoğaltılamaz ve iletilemez.

BASKI

Elma Basım Yayın ve İletişim Hizmetleri San. Tic. Ltd. Şti.

Halkalı Cad. No: 164 B-4 Blok Sefaköy K.Çekmece 34295 İstanbul

Tel: (212) 697 30 30 Faks: (212) 697 70 70

Oğlum
Max Brockman'a

İÇİNDEKİLER

JOHN BROCKMAN GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM: TEORİ AÇISINDAN GELECEK	
LEE SMOLIN Evrenin Niteliğinin Geleceği	7
MARTIN REES Kozmolojik Müşköller: Evrende Yalnız mıyız ve Evrenin Neresindeyiz?	23
IAN STEWART 2050'nin Matematiği	35
BRIAN GOODWIN Kültürün Gölgesinde	47
MARC D. HAUSER Değiş tokuş Edilebilir Zihinler	59
ALISON GOPNIK Çocukların Bilimcilere Öğreteceği Şeyler	71
PAUL BLOOM Bir Ahlakî Gelişim Teorisine Doğru	85
GEOFFREY MILLER İncelik Bilimi	97
MIHALY CSIKSZENTMIHALYI Mutluluğun Geleceği	107
ROBERT M. SAPOSKY Elli Yıl Sonra Hâlâ Hüzünlü Olacak mıyız?	119
STEVEN STROGATZ Fermi'nin "Küçük Buluşu" ile Kaos ve Karmaşıklık Teorisinin Geleceği	129
STUART KAUFFMAN Hayat Nedir?	143

İKİNCİ BÖLÜM: PRATİK AÇISINDAN GELECEK

RICHARD DAWKINS	Moore Yasası Çocuğu
PAUL DAVIES	İkinci Bir Yaratılış Var mıydı?
JOHN H. HOLLAND	Bizi Bekleyen Gelişmeler ve Bunları Tahmin Etme Yolu
RODNEY BROOKS	Beden ve Makine Kaynaşması
PETER ATKINS	Maddenin Geleceği
ROGER C. SCHANK	Gelecekte Daha Akıllı Olacak mıyız?
JARON LANIER	Karmaşıklık Tavanı
DAVID GELERNTER	Işınla Bağlantıya Girmek
JOSEPH LEDOUX	Zihin, Beyin ve Benlik
JUDITH RICH HARRIS	2050'den Bakışla Bizi Biz Yapan Özellikler
SAMUEL BARONDES	İlaçlar, DNA ve Psikanaliz Divanı
NANCY ETCOFF	Beyin Taramaları, Kuşamlar ve Kısa Temaslar
PAUL W. EWALD	Hastalığın Üstesinden Gelmek

TEŞEKKÜR

Vintage Books'un yayımcısı Marty Asher, bilimcilerin önümüzdeki elli yıla ilişkin özgün makalelerinden oluşan bir derlemenin değerli bir kitap olacağı görüşünü ortaya attı. Bu önerisinden ve özendirici desteğinden dolayı ona teşekkür ederim. Özenli ve titiz redaksiyonu için Sara Lippincott'a da minnettarım.

GİRİŞ

1991’de yayımlanan “Üçüncü Kültür” başlıklı makalemde yeni bir kültürün doğduğu fikrini ortaya atmıştım. Sözünü ettiğim şey “ampirik dünyadaki çalışmalarıyla ve yorumlayıcı yazılarıyla, varoluşumuzun daha derin anlamlarını görünür kılma, kim ve ne olduğumuzu yeniden tanımlama konusunda geleneksel aydınların yerini almakta olan bilim uzmanlarının ve diğer düşünürlerin” yarattığı bir halk kültürüydü.

Bilim mühim haberdır ve mühim soruları ortaya atan da bilimcilerdir. Onlar kitaplarıyla ve makaleleriyle yeni halk aydınları, yeni türden bir halk kültürünün önderleri haline gelmiş bulunuyor. *Gelecek 50 Yıl* işte bu yeni kültürün çeşitli veçhelerini gözler önüne seriyor.

Burada sunulan deneme yazıları eski tarz entelektüel kültüre özgü marjinal tartışmalar değildir; bu bilimciler grubunca yürütülen çalışma, gezegenimizdeki herkesin hayatını etkileyen gelişmeleri merkez alıyor. Sözelimi, yakın dönemde uluslararası basında kök hücre araştırmaları, klonlama, insan genomunun dizilişi, yapay zeka, astrobiyoloji ve kuantum hesaplaması gibi konuların ele alınışına bakalım. Bu konular (aynı şekilde bunlara ilişkin çalışmalar) kaçınılmaz olarak disiplinlerin sınırlarını aşıyor. Son on yılda (elinizdeki kitaba katkıda bulunanlar da dahil) bilimcilerce yazılmış kitapların okur kitlesinde görülen dikkate değer artışın sebeplerinden biri de öbür disiplinlerdeki meslektaşlarının anlayabileceği bir dilde yazmak zorunda kalmalarıdır. Sıradan bir eğitime sahip okur bu durumdan yararlanıyor; çünkü günün mühim sorunlarıyla uğraşan bu grubun

mensuplarına katılıp onları izleme olanağını buluyor.

Söz konusu kültürde ve elinizdeki kitapta bilimciler sırf kamuoyunu eğlendirmeye dönük popüler şeyler yazmıyorlar; günümüzün tartışmalarında öbür disiplinlere mensup akranları için yazıyor ve onlarla didişiyorlar. Burada amaç bilimi popülerleştirme değil, en son bilimsel araştırmaları *bizzat bilim dünyası içinde* olduğu kadar geniş bir okur kitlesi açısından da anlaşılır kılma çabasıdır.

Bunu söylerken, kitaptaki denemeleri yazanların günlük hayatımızda ortaya çıkan sorular konusunda ortalama kişiye oranla “daha iyi” cevaplar sunduklarını ileri sürmüyorum. Aradaki kritik farklılık, üzerinde durdukları soruların niteliğindedir.

Yirmi beş özgün denemenin konusu ve hareket noktası, kitaba katkıda bulunanların kendi uğraş alanları açısından “önümüzdeki elli yıl”dır. Önümüzdeki yarım yüzyıl boyunca bilimdeki gelişmeler dünyamızı nasıl değiştirecek? Kim ve ne olduğumuza dair sorularımızı nasıl değiştirecek? Her alanda veya disiplinde ne tür gelişmeler bekleyebiliriz? Bunlar öbür disiplinleri nasıl etkileyebilir ve onlara nasıl doku-nabilir? Mevcut beklentilerin hangileri gerçekleşmeyecek ve kavrayışta ne tür şaşırtıcı değişiklikler olacak?

Kitapta hepsi de uğraştıkları bilim alanına ilişkin haberleri kamuoyuna dönük kitaplarla ve makalelerle sıkça aktaran yol gösterici yirmi beş bilim uzmanının düşündürücü ve ilginç denemeleri, yani düşünsel serüvenleri yer alıyor. Bu kişiler biyolog Richard Dawkins, Paul W. Ewald, Brian Goodwin, Stuart Kauffman ve Robert Sapolsky, kimyacı Peter Atkins, psikolog Paul Bloom, Mihaly Csikszentmihalyi, Nancy Etcoff, Alison Gopnik, Judith Rich Harris ve Geoffrey Miller, psikolog ve bilgisayar uzmanı John H.

Holland, psikolog ve yapay zeka araştırmacısı Roger G. Schank, nöroloji uzmanı Samuel Barondes, Marc D. Hauser ve Joseph LeDoux, bilgisayar uzmanı David Gelernter ve Jaron Lanier, MIT Yapay Zeka Laboratuvarı direktörü Rodney Brooks, matematikçi Ian Stewart ve Steven Strogatz, astronom Martin Rees ile teorik fizikçi Paul Davies ve Lee Smolin'dir.

Birinci Bölüm geleceğin “teori açısından” bir irdelenişi niteliğini taşıyor. Konular ise şunlar: Kozmolojideki ilerlemeler, matematikte “sanal gerçekdışılık sistemleri”nin kullanımı alanı, karmaşıklık teorisinde yeni yönelişler, “canlı” olmanın ne anlama geldiğine, nasıl öğrendiğimize, nasıl düşündüğümüze, bilincimizin doğasına ve nasıl duyumsadığımıza, bu evrende benzersiz bir zeka formu olarak biricik olup olmadığımıza dair fikir yürütmeler.

İkinci Bölüm geleceği “pratik açısından” irdeliyor. DNA dizilişinin geleceği ve kendimiz hakkında bize neler öğreteceği, Mars araştırmaları ve Yer dışı hayat arayışı, madde üzerindeki egemenliğimiz, yaptığımız makinelerle ve özellikle bilgisayarlarla sıkı etkileşimimiz, siber-uzayın, nörolojinin ve çocuklarımızı yetiştirme tarzının gelecekteki ana hatları, bedensel ve zihinsel esenliğimizi sürdürme olasılığımız gibi konuları kapsıyor.

Hızla ivme kazanan büyük bir epistemolojik değişimden geçiyoruz. Daha önce emsali görülmemiş ölçüde güçlü araçlar kullanıyoruz ve Oxford biyologlarından J. Z. Young'ın 1951'de BBC Reith Konferansı'nda belirttiği gibi, bizzat bu araçlar haline geliyoruz. Yakın döneme kadar yoksun olduğumuz şey, teknolojilerimizin bizi dönüştürdüğü hızla kendi önermelerini dönüştürebilecek güçte bir entelektüel kültürdür.

Gelecek 50 Yıl işte bu başlangıcın bir parçası, ampirizm

ile epistemolojinin çatıştığı ve herşeyin farklılaştığı, bizzat kendi doğamızı ve ne tür bir dünyada yaşadığımızı yeniden düşünmeye başladığımız bir yerin parçası. Bu kitapta görüşleri yansıtılan düşünürlerin eserlerinde ve onların bu kitaba yaptığı katkılarda böyle bir sinerji var.

John Brockman

New York

Eylül 2001

BİRİNCİ BÖLÜM

TEORİ AÇISINDAN GELECEK

LEE SMOLIN

Evrenin Niteliğinin Geleceği

Bizden bilimin günümüzden elli yıl sonraki halini öngörmemiz isteniyor. Son birkaç yüz yılda fiziğin ve kozolojinin ilerleme temposu göz önünde tutulduğunda, elli yıl uzun bir süre. Ama ileride bütünüyle saçma görünmeyecek öngörülerde bulunma açısından, pek de uzun bir süre değil belki de. Geriye dönüp bilimin tarihine bakarsanız, insanların ortaya attığı önemli sorulara çoğu kez elli yıl sonra cevap bulunduğunu göreceksiniz. Bununla birlikte bilimin ilerleyişi genellikle insanların elli yıl sonra aynı alanda çalışan meslektaşlarıyla aşağı yukarı aynı dili konuşmasına elverecek yavaşlıkta olmuştur.

O halde elli yıl öncesine bakalım ve o zamanki mühim soruların ne olduğunu saptayalım. Benim listemde yer alan sorular şöyle:

- 1) Atom çekirdeklerini birarada tutan güçlü kuvvetin niteliği nedir?
- 2) Radyoaktif bozunumu sağlayan zayıf kuvvetin niteliği nedir?
- 3) Evrene ilişkin Kararlı Durum modeli doğru mudur? Yoksa, Garnow ve uç noktadaki başka kişilerin ileri sürdüğü gibi, bir Büyük Patlama yaşanmış olabilir mi?

- 4) Protonların ve nötronların bir içsel yapısı var mıdır?
- 5) Elektron her ikisinden daha hafifken, proton ve nötronun niçin sadece biraz farklı kütleleri vardır? Nötrino niçin kütsesizdir? Müon nedir ve sıralanışı neyin eseridir?
- 6) Genel görelilik ve kuantum teorisi arasındaki ilişki nedir?
- 7) Kuantum teorisini anlamanın doğru yolu nedir?

İlk dört sorunun cevaplarını artık bildiğimizi güvenle ileri sürebileceğimiz görüşündeyim. Son üç soru üzerinde ise hâlâ çalışıyoruz. Ama ilk dört soru unutulmuş değil; aslına bakılırsa, bu sorulara cevap vermek için başvurulmuş yöntemler günümüzde bir teorik fizikçiyi eğitmenin temelini oluşturuyor.

Ne var ki, yüz yıl önceye bakacak olursak, o sırada insanların ortaya attığı soruların birçoğuna bugün artık kimse nın aldrış etmediğini görürüz. Tarihçiliğim geçen yüzyılın başında fizikçilerce ortaya atılan soruların bir listesini çıkarmaya yetecek düzeyde değil; ama bunlar herhalde atomların özelliklerinden çok esirin özellikleriyle ilgili olmalı. Sonraki birkaç yıla kadar fiziksel atomların varlığına ilişkin pek kanıt yoktu; nitekim 1900'de birçok fizikçi atomların varolduğuna inanmıyordu. Ernst Mach gibi bazıları ise sorunun esasen fiziğin bir parçası olmadığını, çünkü atomların asla gözlemlenemeyeceğini düşünüyordu. Astronomiye gelince, gezegenimizin yer aldığı Samanyolu dışındaki galaksilerin varlığına ilişkin hiçbir kanıt yoktu; yıldızların ışıldamasını neyin sağladığı konusunda hiçkimse fikir sahibi değildi. Yani, 1950'lerin başlarındaki fizikçiler günümüz fizikçilerince ortaya atılan soruları muhtemelen anlayabilecek durumdayken, onların birbirleriyle konuşurken kullan-

dıkları kelimeleri dahi yirminci yüzyılın başında hiçkimse-
nin anlamasına olanak yoktu.

Kimi zaman bilim elli yıl boyunca öylesine az değişir ki, bu zaman diliminden sonra neleri bileceğimizi öngörmeye çalışmak anlamlı hale gelir. Ama böyle bir durumun artık sözkonusu olmadığı ve ilerlemenin daha hızlı olduğu dönemler de vardır. Geleceğe dönük elli ve yüz yıllık dönemler arasındaki bir yerde bir ufuk varmış gibi görünüyor; öyle ki bu ufkun ötesinde bilimin ilerleyişi üzerine fikir yürütmek yararsız olabilir.

Bir an durarak, niçin böyle bir durumun olduğuna bakalım. Muhtemelen sebeplerden biri elli yılın öğrenime başlangıçtan emekliliğe kadar bir bilimsel kariyerin süresine aşağı yukarı denk düşmesidir. Böyle bir zaman diliminde bilimsel kariyerin yapısına işleyen tutucu eğilimler bilimin ilerleyişini yavaşlatıcı bir etkide bulunur. Bilim katıdır ve biz bilimciler yaptığımız işe dair mümkün merteye sağlam bir anlayışa sahip olmayı tercih ederiz. Bu bakımdan aksine davranmaya zorlanmadığımız sürece, halihazırda iyi anladığımız teknikler ve fikirlerle çalışmayı yeğ tutarız. Bir başka etken genç bilimcilerin kariyerlerinin çoğu kez emeklilik yaşına yaklaşmış kıdemli kişilerin denetimi altında olmasıdır; böyle kişiler birçok durumda artık aktif değildir ve dolayısıyla yeni tekniklere aşına olmaktan uzaktır. Kariyer sağduyusuyla hareket eden lisansüstü öğrencileri, ne kadar yaratıcı olurlarsa olsunlar, kendi alanlarında nüfuzlu beyler ve hanımlar tarafından anlaşılmayan bir konu üzerinde çalışmakta duraksarlar. Bu nedenle kendi bilim dalımın elli yılda nasıl bir duruma geleceğini düşünmek için, en parlak lisansüstü öğrencilerimin emeklilik partilerinde neler konuşuyor olacağını hayal ediyorum. Tahminim o ki, başka şe-

kilde açıklanamayacak verilerle yirminci yüzyıl başlarında-kine benzer bir devrim yapmaya zorlanmadıkları sürece, onlara öğrettiğimiz dili kullanıyor olacaklar. Eğer durum böyleyse, bize sunulan alıştırmaya yararlı olabilir –her ne kadar içimizdeki romantikler kendi kanaatlerimizin teyidinden ziyade bir devrimi öngörmeye yatkın olsalar da.

Yirminci yüzyılın ilk yarısında muazzam bir ilerlemeyi mümkün kılma açısından, o dönemde bilimin sosyolojisinde farklı yanın ne olduğuna dair de fikir yürütülebilir. İki güvenilir cevap akla geliyor: Cevaplardan biri Albert Einstein ve Paul Ehrenfest gibi kişilerin üniversite makamlarında bulunmamalarına rağmen görüşlerini yayımlama olanağını bulmuş olmalarıdır; diğeri ise kuantum teorisini yaratanlardan önceki kuşağın I. Dünya Savaşı'nda büyük ölçüde sahneden silinmiş ve böylece Heisenberg, Dirac ve arkadaşlarına meydanı boş bırakmış olmasıdır.

Bunu belirttikten sonra, sorumuza geçelim. Elli yılda temel fizik ve kozmoloji hakkında neler öğrenmiş olacağız? Tahminde bulunmak yerine, 2050'lerde saçma görünmeyecek sonuçlara varma olasılığını sunan bir yöntemi öneriyorum. Halihazırda cevabı bulunamamış en temel soruları sıralayacağım. Ardından deneysel ve gözlemsel bilimden bunlara verilen cevapların doğruluğunu araştırmayı sağlayacak ne tür gelişmeleri bekleyebileceğimizi soracağım. Teorik gelişmelerden yana bir kaygım yok; zira sorularımın hepsi için önerilmiş cevaplar zaten var ve biz teorikçilerin elli yıllık zaman diliminde veriler karşısında teorilerimizi uyarlayacağımızı veya yenilerini bulacağımızı varsayıyorum.

İşte size, temel fizik ve kozmoloji alanında ucu açık en önemli yedi soruyu kapsayan kendi listem:

- 1) Halen formüle edilen biçimiyle kuantum teorisi doğru mudur, yoksa makul bir fiziksel yoruma ulaşmak ya da bu teoriyi görelilikle ve kozmolojiyle birleştirmek açısından bir değişiklik yapma gereği doğacak mıdır?
- 2) Kütleçekimine ilişkin kuantum teorisi nedir? Planck ölçeğinde (bir atom çekirdeğinden 10^{-33} cm ya da yirmi büyüklük kertesini daha küçük düzeyde) uzayın ve zamanın yapısı nedir?
- 3) Kütle ve etkileşime girmeyi sağlayan kuvvetlerin gücü de dahil olmak üzere, temel parçacıkların özelliklerini belirleyen parametrelerin kesin değerleri neyle açıklanır?
- 4) Gözlemlediğimiz büyük ölçek oranları neyle açıklanır? İki proton arasındaki kütleçekimi kuvveti niçin bunların elektrik itiminden on üssü kırk oranında daha küçüktür? Evren niçin bu kadar büyüktür? Temel Planck ölçeğinden niçin en az on üssü altmış oranında daha büyüktür? Kozmolojik sabit fizikteki diğer her türlü parametreden niçin kabaca aynı oranda daha küçüktür?
- 5) Büyük Patlama neydi? Bundan doğan evrenin özelliklerini belirleyen şeyler nelerdi? Evrenin kökeni Büyük Patlama mıydı? Eğer öyle değilse, ondan önce ne olmuştur?
- 6) Evrenin yoğunluğunun yüzde 80-95 arası bir bölümünü meydana getiren kara maddeyi ve kara enerjiyi ne oluşturur?
- 7) Galaksiler nasıl oluştu? Galaksilerin dağılımında gözlemlediğimiz düzenler bize evrenin ilk aşamadaki evrimi konusunda neler anlatıyor?

Bu soruların ilk dördü elli yıl önceden beri cevabı bulunamamış sorular olma özelliğini sürdürüyor ve gittikçe derinleşiyor. Diğer üçü ise yeni. O halde 2050’de yapma olanağını bulacağımız gözlemlerin ve deneylerin, bu sorulara teoricienlerin önerilebileceği cevapları sınamak için yeterli olup olmayacağını soralım. Elbette elli yılda her türlü şey icat edilebilir. Eğer yöntemim kabul edilecek olursa, teknolojinin gelişimi konusunda tutucu olmamız gerekir. Bu bakımdan sadece halen mevcut ya da gelişme aşamasında olan teknolojiyi göz önünde bulunduracağım. Gelişme aşaması açısından ise, sadece uzmanların hatırı sayılır bir kesiminin önümüzdeki birkaç yılda işlerlik kazanacağına inandığı teknolojiyi göz önünde bulunduracağım. Buna karşılık, mevcut ya da gelişme aşamasında olan her teknolojinin, sadece fizik ya da iktisat yasalarının dayattığı kısıtlamalar çerçevesinde, mümkün olduğu ölçüde geliştirilmiş olacağını varsayacağım. Sıradan mikroskopların ışığın dalga boyuna bağlı bir doğal sınırı, teleskopların ise sonlu yaştaki bir evrende ışık hızının dayattığı bir doğal sınırı vardır. Öbür teknolojilerin finansal nedenlerden ötürü sınırlanması daha yüksek bir olasılıktır. Maliyeti (o sırada) ABD’nin savunma bütçesini aşan hiçbir deneyin yapılmayacağını güvenle varsayabiliriz. Şunu hemen belirtmeliyim ki, deneysel fizik ya da gözlemsel kozmoloji alanında bir uzman değilim ve bunlarla ilgili sınırlara ilişkin dikkatli bir inceleme yapmış değilim. Bu bakımdan tahminlerim ister istemez çok geniş olacak. Teknolojinin mevcut durumuna bakıp onun doğal ve finansal sınırlarını ortaya koyarak, yüzyılın ortasına doğru neleri umabileceğimiz konusundaki görüşümü aktaracağım size.

İşe kuantum teorisiyle başlayabiliriz. Halihazırda kuantum teorisinin deneysel bakımdan test edilmesine temel

oluşturmuş rejimi büyük ölçüde genişletmeyi vaat eden güçlü yeni teknikler, esas olarak kuantum bilgisayarlarını geliştirmeye yarayan teknikler geliştiriliyor. Bunlar sıradan bilgisayarlar için olanaksız hesaplamaları yapmak üzere üst-düşüm ve dolaşıklık gibi kuantum etkilerini kullanan makroskobik aygıtlardır. Bir kuantum bilgisayarı şimdiye kadar sadece atom sistemleri açısından gözlemlenmiş olan söz konusu etkilerin bir bilgisayar devresi gibi makroskobik sistemler açısından işlerlik kazanmasını gerektirir; böylece aygıtlar kuantum teorisinin klasik teoriden son derece belirgin farklılık taşıyan öngörülerini test edebilir.

Kuantum bilgisayarlarının halen devletler, ordular ve şirketler tarafından kullanılan bütün şifreleri kırabileceğinin ortaya konmuş olması nedeniyle, kuantum hesaplaması çalışmalarına epeyce para harcanıyor. Dolayısıyla kuantum mekaniği makroskobik sistemler hakkında bir kestirimde bulunduğunda doğru çıktığı sürece, elli yıl içinde kuantum bilgisayarlarının olacağı görüşü sağlam bir varsayımdır. Yersizlik bakımından bütün dünyaya yayılan kuantum durumlarından yararlanmaya dayalı kuantum iletişim araçları da büyük olasılıkla ortaya çıkacaktır. Eğer mevcut kuantum teorisi sadece daha köklü bir teoriye yaklaşma yönünde bir adımsa, kuantum bilgisayarlarıyla yapılacak deneylerin bunu açığa çıkarması yüksek bir olasılıktır. Bu bakımdan önümüzdeki elli yıl içinde ilk sorunun cevabını bileceğimiz sonucuna varmak makuldür.

Şimdi kozmolojiye dönelim. Her çeşidiyle bütün elektromanyetik tayfın, ayrıca nötrinoların, kozmik ışınların ve kütleçekimi dalgalarının kullanıldığı gözlemler temelinde, yüzyılın ortasına doğru evrenin geçmişine ilişkin ayrıntılı bir tabloyu kesinlikle elde etmiş olacağız. Mevcut kozmolo-

jik modellerimizdeki parametreler yüksek bir duyarlılıkla ölçülmüş olacak. Kara deliklerin sayısı, yıldızların, galaksilerin, kara deliklerin, nötron yıldızlarının, kuasarların, gamma ışını patlamalarının ve başka cisimlerin uzay ve zaman içindeki dağılımı gibi evrenle ilgili diğer hususlar konusunda epeyce şey öğreneceğiz. Aslına bakılırsa, evrenin ayrıntılı geçmişi ve özellikleri konusunda büyük ihtimalle yer yüzünün geçmişiyle ilgili olarak şu andaki bilgi düzeyimizden daha fazla şeyi bileceğiz. En azından barındırdığı bütün fenomenler yelpazesine aşinalık açısından, gerçek anlamda kendimizi “evrende rahat” hissedeceğiz.

Sonuçlar ilk aşamadaki evrene ilişkin “şişme” gibi mevcut teorileri güçlü biçimde zorlayacak. Ayrıca galaksilerin, galaksi küme ve üst-küme düzenlerinin nasıl oluştuğuna dair ayrıntılı bir tablo edinmiş olacağız. Kara maddeye dönük doğrudan gözlemler olmaksızın bile, söz konusu gözlemler karanlık maddenin ve kara enerjinin niteliğine ilişkin mevcut teorileri güçlü biçimde zorlayacak. Yüzyılın ortasına doğru kara maddeyi ve kara enerjiyi doğrudan gözlemlememiz, böylece bunlar hakkında önerilmiş çeşitli teorileri doğrulamaya ya da çürütmeye yetecek düzeyde bilgi edinmemiz mümkün olabileceği gibi olmayabilir de.

Bazı okurlar bütün bu gözlemlerin Büyük Patlama teorisini doğrulamasının mümkün olup olmadığını soracaktır. Bu soruya cevap vermek için, Büyük Patlama kozmolojisinin iki anlamı arasında ayrım yapmalıyız. İlkine Genişleyen Evren kozmolojisi adını vereceğim: Yani, evrenin aşağı yukarı 13 milyar yıl önce çok daha yoğun ve daha sıcak bir haldeyken genişlemeye başladığını öngören teori. Bu öyküdeki kilit olaylardan biri, evrendeki soğumanın atomların kararlı olmasına yetecek düzeye varması sırasında ışık ve

maddenin ayrışmasıdır. Bu olaydan aşağı yukarı bir milyar yıl önce, evren tıpkı bir yıldızın iç kısmı gibi plazmayla doluydu. Söz konusu geçişten itibaren, evren ışığa karşı saydam olan çok seyreltik bir gazla dolmaya yüz tuttu ve şu anda gördüğümüz yıldızlar ve onlara bağlı gezegenler, galaksiler, galaksi kümeleri gibi yapıların hepsi bu dönemde oluştu. Ve de yıldızlardaki neredeyse bütün kimyasal elementler bu geçişle birlikte ortaya çıktı; sadece helyumun ve döteryum ile lityum gibi diğer hafif elementlerin oluşumu daha önce gerçekleşti. Bu öykünün ana hatlarının önümüzdeki eli yılda değişime uğramasının pek olası olmadığı görüşündeyim. Yıldızların, galaksilerin ve elementlerin oluşumunu sağlayan süreçler hakkında daha fazla bilgi sahibi olacağız; ama eldeki bütün kanıtlar hâlâ Genişleyen Evren teorisini destekleyecek.

Evrenin tarihindeki ilk aşamada neler olup bittiğine dair teorilerimizi güçlü biçimde zorlayan gözlemlerde bulunacağımız da güvenle söylenebilir. Zamanı geriye doğru çevirmemizle birlikte, yoğunluk ve sıcaklık artar. Teorileri gözlemlerle zorlamak için ne kadar geriye gidebileceğimize kafa yormak ilginçtir. Yüzyılın ortasına doğru teste açık teorinin bir bölümünün en azından Planck zamanına, yani 10^{43} misli tek bir saniyeye sığacak kadar kısa bir döneme kadar götürülmesi yüksek bir olasılıktır. Sözelimi, şişme hipotezini ele alalım. Belli bir makul varsayımlar dizisi çerçevesinde, bu teorinin öngörülleri kozmik mikrodalgada geçmişte yaşanan değişkenliklere dönük mevcut gözlemlerle test edilebilir. Bu gözlemler yakın dönemde bilimin sağladığı en büyük atılımlardan birini oluşturuyor. Ama mevcut gözlemler şişmeyle bağdaşsa bile, ucu açık birçok soru kalır: Şişmeye ilişkin öngörüller basittir ve başka teorilerle pekala ifade edile-

bilir; bu bakımdan şişmeyi mevcut verilerle ilgili olası rakip açıklamalardan ayırt etmek için daha ayrıntılı ölçümlere gerek duyulabilir. Dahası, şişme teorisinin birçok farklı versiyonu vardır ve bunları ayırt etmek için daha kapsamlı ölçümler kesinlikle gereklidir. Kozmik mikrodalga geçmişe dönük daha ayrıntılı ölçümleri elli yılda değil, beş yılda elde etmeyi umuyoruz. Dolayısıyla, genişleyen evrene ilişkin teorileri günümüzden Planck zamanına kadar uzanan bütün yol boyunca ayrıntılı gözlemlerle test edilebilir saymanın yüzyılın ortasına doğru eski kafalılık olacağını öngörmek kesin olmasa bile akla yakındır.

Ancak Planck zamanı hâlâ zamanın kökeni değildir. Genişleyen Evren teorisi Büyük Patlama'nın evrenin mutlak başlangıcı olduğu yolundaki savdan çok farklıdır. Bazı teorik varsayımlardan hareketle evrenin geçmişte saniyenin kesri olabilecek bir noktaya kadar uzanan bir süreç boyunca daha sıcak ve daha yoğun olduğunu bilsek dahi, bu durum ondan önce genişlemeyi harekete geçirecek bir şeyin meydana gelmediğini kanıtlamaz. Bu bakımdan, evrenin teorik "Büyük Patlama" anından uzun bir süre önce belki de farklı bir biçimde varolması bir olasılık olarak durmaktadır. Böyle hipotezleri ayırt etmek için, bunlara Evrenin Kökeni teorileri olarak atıfta bulunacağım.

Günümüzde inceleme konusu olan birkaç tane Evrenin Kökeni teorisi vardır; hepsi de Genişleyen Evren teorisiyle ve dolayısıyla bütün mevcut gözlemlerle bağdaşır niteliktedir. Bunlardan bazıları, sözgelimi Hartle-Hawking "evrenin dalga fonksiyonu" teorisi, Büyük Patlama'nın gerçekten zamanın başlangıcı olduğunu öngörür ya da daha doğru bir ifadeyle varsayar. Kara deliklerin çarpışmasıyla yeni evrenlerin yaratıldığı yolundaki fikir gibi diğer teoriler ise, Büyük

Patlama'dan önce bir evrenin varolduğunu ve Büyük Patlama'dan doğan evrenin özelliklerinin o sırada meydana gelen olaylarla belirlendiğini öngörür. Bu teorileri Büyük Patlama'dan önce bir şeyin olup olmadığını bileceğimiz noktaya kadar zorlayan kanıta ulaşmamız mümkündür, ama bu hiç de kesin değildir. Bu kanıtı genişlemenin en eski dönemindeki haliyle evreni incelemeye dönük kütleçekimi dalgalarını kullanarak elde etmek gerekecektir. Başka hiçbir şey bunu sağlayamaz; çünkü ilk aşamalardaki evren, kütleçekimi dalgaları dışındaki her türlü radyasyon biçimine karşı opaktır. Kütleçekimi dalga astronomisi halen gelişme sürecindedir, ama kütleçekimi dalgaları henüz gözlemlenmiş değildir. Planck zamanındaki evrenin bir anlık fotoğrafını çekmek için kütleçekimi radyasyonunu ilke olarak kullanabilecek ve böylece evrenin kökenine ilişkin farklı teorileri ayırt etmeyi sağlayabilecek uzay esaslı kütleçekimi dalga dedektörlerine dönük halen tartışılan öneriler vardır. Yüzyılın ortasına doğru bu teknolojinin yerli yerine oturması mümkündür, ama hiç de kesin değildir.

Şimdi de temel parçacık fizikine döneyim. Bu alanda sınırlamalar ekonomik niteliktedir. Hızlandırıcı teknolojisinde buluşlar olmaması halinde, şu anda milyar dolarlık bütçelerle yapılmakta olanlardan çok daha büyük hızlandırıcılar kurulamayacaktır. Sorun enerjideki artışın parayla bağıntısının logaritmik olmasındadır; öyle ki, yaklaşık on kat fazla enerji elde etmek için bütçeyi yüz kat arttırmak gerekir. Bu bakımdan, yeni teknoloji icat edilmediği sürece, yüzyılın ortasına doğru şimdiye kadar vardığımız düzeye oranla enerji bakımından daha yüksek ve ölçek bakımından daha küçük değerler yönünde en fazla iki ya da üç büyüklük mertesinde inceleme yapmış olacağız. Ama bu mütevazı ar-

tış bile gözlemlenen bütün temel parçacıkların kütlelerini belirlemede rol oynadığı sanılan Higgs bozonu gibi bir sürü buluşu beraberinde getirecektir. Sicim teorisinde kilit bir unsur olan süper-simetri hipotezini de doğrulamış ya da çürütmüş olacağız herhalde. Bütün bunlar çok önemli olmakla birlikte, kütleçekimine ilişkin kuantum teorilerini doğrudan test etmek amacıyla incelememiz gereken Planck ölçeğinden bizi on üssü on beş oranında uzak bırakacaktır yine de. Peki, bu durum sicim teorisi ve ilmek kuantum kütleçekimi gibi kuantum kütleçekimi adaylarının önümüzdeki eli yılda hâlâ testten geçmemiş olacağı anlamına mı geliyor?

Belki de değil! Yeni teknoloji Planck ölçeğini incelemeyi mümkün hale getirmiştir. Esas alınan akıl yürütme şöyledir: Kütleçekimine ilişkin bazı kuantum teorileri, uzayın ve zamanın ayrı atom yapısına sahip olduğunu öngörür. Durum gerçekten böyleyse, bir fotonun uzayda yol alma tarzını değişime uğratacaktır –ışığın sudan geçerken dağılma ya da kırılma tarzına oldukça benzer bir şekilde. Bu etki son derece küçüktür, ama birikimlidir: Bir fotonun çok uzak mesafeler boyunca yol alması halinde, ufacık etki büyür. Bereket versin ki, gamma ışını patlamaları gibi son derece enerji yüklü olaylardan gelen ve milyarlarca ışık yılı boyunca yol almış olan fotonları kolayca gözlemleyebiliriz. Bu ve başka birkaç durumda, belli kuantum kütleçekimi teorilerince öngörülen etkiler gözlemlenmeye elverecek kadar büyük olabilir. Nitekim, çok yüksek enerjili kozmik ışınların davranışında halihazırda gözlemlenmiş belli etkilerin Planck ölçeğindeki uzayın kuantum uzay-zaman yapısının etkisiyle açıklanabileceği yolunda savlar daha şimdiden vardır.

Burada başka türden gözlemleri yapmak üzere tasarlanmış uydularla yapılmış mevcut gözlemlerden söz ettiğimi

vurgulamalıyım. Bu amaca yönelik uydularla önümüzdeki on yılda Planck ölçeğini incelemek mümkündür. Bu deneylerin geliştirilmesi esas olarak dedektörlerin duyarlılığını geliştirmeye bağlıdır. Bildiğim kadarıyla da yüksek enerjili foton dedektörlerinin duyarlılığı açısından, bu yöntemin Planck ölçeğinde uzay-zamanın yapısına dönük ayrıntılı bir inceleme olarak kullanılmasını önleyen hiçbir doğal ya da ekonomik kısıtlama yoktur. Kozmik ışınlara gelince, ekonomik kısıtlamalar olacaktır: Enerjilerinin artmasıyla birlikte kozmik ışınların nadirleşmesinden dolayı, enerji açısından daha kapsamlı bir inceleme daha büyük bir dedektörü gerektirir. Ne var ki, halihazırda önerilen ve geliştirilme aşamasında olan dedektörler farklı kuantum kütleçekimi teorilerini ayırt etmeye uygun enerji aralığını incelemek için yeterli olacaktır. Bu alanda da 2050'ye doğru çok sağlam veriler elde edilecektir.

Bir kuantum kütleçekimi teorisi için başlıca adaylardan biri sayılan sicim teorisi, test edilebilir çok az öngöründe bulunmasından dolayı eleştirilmiştir. Ama ortaya attığı birkaç öngörü vardır ve bunlardan biri böyle gözlemlerin sonuçlarına dayanmaktadır; yani, sonuçlar uzayın düzgün yapılı oluşuyla tutarlı olmalıdır. Lorentz sabiti denen teoriye özgü bir simetri bunu gerekli kılar. Diğer kuantum kütleçekimi teorileri söz konusu simetrinin küçük etkilerle bozulduğunu ya da değişime uğradığını öngörür. Farklı teorilerin öngörülerindeki farklılıklar, bu yeni deneylerin test edebileceği alanın içindedir. Böylece önümüzdeki birkaç yılda sicim teorisinin ya da rakip teorilerden birinin gözlemlerle bertaraf edilmesi gibi bir durum ortaya çıkabilir.

Deneysel olasılıkları kısaca incelememizden çıkan sonuç şu: Kuantum teorisine ve kuantum kütleçekimine ilişkin ilk

iki soruya, ayrıca kozmolojiye ve astrofiziğe ilişkin son iki soruya cevaplarımızı zorlayan sağlam verileri elde etmemiz yüksek bir olasılık gibi görünüyor. Evrenin kökenine ilişkin teorileri test etmeye elverecek verilere ulaşabileceğimiz gibi ulaşamayabiliriz de. Kütleçekimi dalga astronomisi, eğer böyle bir zaman gerçekten varsa, evrenin Büyük Patlama öncesindeki döneminden gelen bilgileri açığa çıkarabilir; ama kütleçekimi dalga astronomisinin şimdiye kadarki belirsiz durumu göz önünde tutulduğunda, böyle bir şey kesin değildir.

O halde geriye iki soru, yani 3 ve 4 numaralı sorular kalıyor. Bunlar temel parçacıkların kütlesi ve aralarındaki etkileşimlerin gücü gibi parçacık fiziği parametrelerinin niçin ilgili değerleri aldıklarıyla ilgilidir. Bu alanda durum karışık. Daha şimdiden elimizde bir sürü ilgili veri olmasına karşın, halihazırda bu sorulara cevap veremiyoruz. Parçacık fiziğinde sonraki parçacık hızlandırıcıları kuşağında test edilebilecek olan gelişmeler, temel parçacıkların niçin söz konusu kütlelere ve iletişimlere sahip olduğunu anlamamıza yardımcı olabilir. Ama birkaç büyüklük kertesini daha incelemenin bu sorularda bir karara varmak için bize yeterli kavrayışı sağlayacağı hiç de kesin değil.

Bir başka yol, bu sorulara bir kuantum kütleçekimi teorisiyle cevap bulunması olabilir. Sicim teorisinin ardındaki ilk saik buydu. Ama şimdiye kadarki gidişat böyle bir işaret vermiyor. Aksine, eldeki teorik kanıtlar sicim teorisi gibi kuantum kütleçekimi teorilerinin temel parçacıkların özellikleri açısından geniş bir seçenekler yelpazesıyla bağdaşır olduğunu gösteriyor. Bunun sebebi aradığımız cevapların, çekişen teorilerden hangisinin doğru olduğunu seçmekten ziyade, belirli bir teorinin evrenimizi açıklamaya getirdiği çözümle ilgili olmasında yatıyor. Görüldüğü kadarıyla her

teorinin birçok çözümü var ve bunların her biri olası bir evreni açıklıyor.

Bu durum içimizden bazılarını aslında birçok evrene yer veren teorilere yöneltmiş bulunuyor. Daha doğrusu, tek bir evren söz konusu, ama bunun içinde bizimkine benzeyen bölgeler yer alıyor. Hepsi de bir büyük patlamayla başlıyor ve bu patlamadan sonra genişleyerek, fizik yasalarının belirdiği bir yapıya bürünüyor. Kabaca belirtmek gerekirse, böyle çoklu-evren teorilerinin iki türü var. Birincisi sadece kozmosun çok sayıda evrenden oluştuğunu ve bunların her birinde doğa yasalarının veya en azından yasaların dayandığı parametrelerin rastgele seçildiğini ileri sürüyor. Bu yaklaşım genellikle antropik ilke adı altında yer alıyor. İkinci tür teoriler ise kara deliklerin oluşumuna bağlı olarak yeni evrenlerin doğduğu bir süreci ileri sürüyor. Kozmolojik doğal seçim olarak anılan bu yaklaşım, evrimci biyolojiye benzer bir işleyişi öngörüyor; buna göre kopyalarını en fazla yaratan evrenler en yaygın evren türleri olacaktır.

Bunlardan antropik ilke hiçbir şekilde test edilebilir değildir; doğal seçim hipotezinin ise yanlışlığı öne sürülebilir, ama doğruluğu kanıtlanamaz niteliktedir —en azından mevcut teknolojiyle. İkincisini çürütmek yerine kanıtlamak için, Büyük Patlama öncesindeki zamanı incelememiz gerekir. Kütleçekimi dalgaları bunu yapmamızı sağlayabilir, ama daha önce de belirttiğim gibi, önümüzdeki elli yıl içinde değil. Bu bakımdan doğal seçim fikri 2050'ye kadar önüne çıkarılan testleri belki aşabilirse de, hâlâ kanıtlanamamış durumda kalabilir.

Durumu köklü biçimde değiştirecek yeni fikirler ve teknolojiler elbette bulunabilir. Ama bu konuya tutucu yaklaşma, sadece mevcut fikir ve teknolojileri göz önünde tutma

yönünde mutabakata varmıştık. Bu tutucu analiz temelinde bir tahminde bulunma cüretini göstermem gerekirse, sıraladığım yedi sorudan en az beşinin cevabını önümüzdeki elli yıl içinde bulacağımızı söyleyebilirim. Ama 3 ve 4 numaralı sorulara cevap bulup bulamayacağımız konusunda herkes kendince bir tahmin yürütebilir. Bir başka deyişle, kuantum kütleçekimi teorisini bilmemize, Büyük Patlama'nın niteliğini anlamamıza ve kuantum teorisinin doğru formülasyonunu bulup görüş birliğine varmamıza rağmen, daha 1930'larda ortaya atılmış olan şu basit sorunun cevabını hâlâ veremeyebiliriz: Proton ve nötron neredeyse aynı kütleye sahipken, nötron niçin biraz daha ağırdır?

LEE SMOLIN bir teorik fizik uzmanıdır; Kanada'nın Ontario eyaletindeki Waterloo'da bulunan Perimeter Enstitüsü'nün kurucu üyelerinden biridir ve halen fizik araştırmacısı olarak çalışmaktadır. *The Life of the Cosmos* [Kainatın Ömrü] ve *Three Roads to Quantum Gravity* [Kuantum Yerçekiminin Üç Yolu] adlı kitapları vardır.

MARTIN REES

Kozmolojik Müşköller: Evrende Yalnız mıyız ve Evrenin Neresindeyiz?

Araştırma açısından önümüzdeki elli yılın başta gelen müşkölü ne fizik bilimleri, ne de (dünyaya özgü) biyoloji alanında olacak. Dünya dışı zekanın varlığı lehinde veya aleyhinde sıkı kanıtlar aranacağı kesin. Yeryüzünde hayatın nasıl başladığını 2050'ye kadar çözemememizin şaşırtıcı olacağı görüşündeyim. O sırada elimizde doğrudan dünya dışı kanıtlar olmasa bile, başka gezegenlerde bir tür basit hayatın ortaya çıkmış olmasının ne kadar olası olduğunu değerlendirebileceğiz. Ama böyle bir durum daha çetin olabilecek ikinci bir soruyu ucu açık halde bırakır: "Eğer basit hayat doğmuşsa, zeki diye kabul edebileceğimiz bir varlığa doğru evrim gösterme şansı ne kadardır?"

Önümüzdeki on yılda Mars'ın yüzeyini incelemek ve zamanla dünyaya örnekler getirmek üzere bu gezegene bir sonda armadası gönderilecek. Güneş sistemimizin başka yerlerinde de robot uzay sondalarıyla arama yapmaya dönük daha uzun vadeli planlar da var; bunlar arasında Saturn'un dev uydusu Titan'ın atmosferi ve Jüpiter'in uydularından Europa'nın buzla kaplı okyanusları yer alıyor. Robot araçlardan biri bağlı olduğumuz gezegen sistemi içindeki ikinci bir yerde en basit hayat biçiminin varlığını bile ortaya çıkarırsa, bu sonuç basit hayatın galaksimizde ve öte-

sinde yaygın olması gerektiği anlamına gelecektir.

Güneş sistemimizin başka bir kesiminde “ileri” hayatı şu anda hiçkimse beklemiyor; ama güneşimiz sırf Samanyolu’ndaki milyarlarca yıldızdan sadece biridir. Diğer yıldızların yörüngesinde dolanan gezegenler, Mars’ta bulabileceğimiz şeylerden çok daha ilginç ve egzotik hayat biçimlerini barındırıyor olabilir mi? Hatta bu gezegenlerde zeki kabul edebileceğimiz varlıklar yaşıyor olabilir mi? Evrenin genelinde ilkel hayat yaygın olsa bile, ileri hayat ortaya çıkmamış olabilir. Bana kalırsa, şu anda agnostisizm bu konuya ilişkin tek rasyonel tutum. Hayatın kökleri hakkında henüz zeki uzay yaratıklarının olası olup olmadığını söylemeye yetecek kadar bilgi sahibi değiliz –doğal seçilimin “tek noktaya odaklı” mı olduğu, yoksa yeryüzünde yeni baştan işlediği zaman oldukça farklı bir sonuç mu vereceği konusundaki bilgimiz daha da az.

Zeki uzay yaratıklarından gelen sinyalleri aramaya yönelik girişimler, kamu kaynaklarından para alma açısından bir süredir sıkıntılı bir dönem yaşıyor; sağlanan destek tek bir bilimkurgu filminin vergi gelirleri düzeyinde bile değil. Bunun sebebi ise UFO’larla ve benzerleriyle tuhaf çağrışımların konuya ayak bağı olması. Neyse ki, vizyon sahibi özel hayırseverlerin yüklü bağışlarının desteğiyle, California’daki SETI Enstitüsü’nün öncü çabaları genişlemeye devam ediyor.

Ben bu arayışları coşkuyla izliyorum ve başarıya ulaşmasının önünde büyük handikaplar olduğuna inansam bile, bunu sürdüreceğim; çünkü can sıkıcı bir asal sayı dizisi gibi can sıkıcı bir şey olsa dahi, apaçık yapay bir sinyal önem taşıyor. İletinin “bilinçli” bir şeyden mi, yoksa mesajın iletilmesinden epey önce soyu tükenen bir canlı türünce bırakılmış bir nesneden mi geldiğini elbette bilemeyeceğiz. Ama

böyle bir kontak, mantık ve fizik kavramlarının insan beyni dışındaki bir yerde ortaya çıktığını doğrulamış olacak. Dünyamızınkı kadar girişik ve karmaşık biyosfere sahip bir gezegen topluluğuna ışık saçan bir güneş olduğunu bilmemiz halinde, bu uzak yıldız yeni bir ilgiyle bakacağız.

Böyle arayışlar tabii ki başarısızlığa mahkum olabilir. Bu durum bazı bakımlardan düpedüz hayal kırıklığı yaratacaktır. Başarısızlığın mutlaka başka hiçbir zekanın varolmadığı anlamına gelmesi gerekmez elbette; böyle yaratıklar düşünceye dayalı bir hayat sürmekle birlikte, varlıklarını açığa vuracak bir şey yapmıyor olabilirler. Öte yandan, ufacık dünyamızın sahiden de yegane zeka mekanı olduğunun ortaya çıkması kozmik özsaygımızı arttıracaktır. Galaksimize karmaşık hayatla dolu olması halinde hak edeceğinden daha az mütevazı bir kozmik perspektifle bakabiliriz. Dünyayı bütün uzaya hayatın dağılabileceği bir “tohum” sayabiliriz. Önümüzde bolca zaman var. Yüz bin ışık yılı boyunca uzanan bütün galaksimiz, ilk primatlardan evrimle ortaya çıkışımıza kadar geçen süreden daha kısa bir sürede yeşile bürünebilir. Güneş öldüğünde beş milyar yılı aşkın bir zaman geçmiş olacak; bu da doğal seçilimin ilk çokhücreli organizmalardan, dünyanın bizi de kapsayan şimdiki biyosferine varışını sağlayan sürenin beş katı demek. Bu zaman dilimlerinde daha büyük çaplı nitel atılımlar olabilir. Gelecekteki değişimler yapay olarak yönlendirilirse ve böylece kültürel ya da tarihsel zaman cetveli temelinde gelişirse, elbette çok daha hızlı olabilir. Hayatın zamanla kendisine nasıl bir rol çıkarabileceğini kestiremeyiz. Tükenip yok olabileceği gibi, bütün kozmosu etkileyebilecek bir üstünlüğe de ulaşabilir. İkinci şık bilimkurgunun alanına girse de, saçma sayılarak bir tarafa atılamaz.

Başka Dünyalardan Başka Evrenlere mi Varacağız?

Geriye dönüp yirminci yüzyılda başarılmış şeylere bakarsak, önümüzdeki elli yılda bu spekülasyonlardan bazılarını sağlamlaştırmanın güçlükleri daha az göz korkutucu görünecektir. Daha yüz yıl önce, yıldızların niçin ışıldadığı bile bir esrardı. Dahası, statik bir sistem olduğu varsayılan Samanyolu'nun ötesindeki hiçbir şeye dair bir kavrayışımız yoktu. Son otuz yılda uzay sondaları güneş sistemimizin bütün gezegenlerinden ışınlı resimler göndermiş ve dev teleskoplar astronomların daha önce mümkün olan düzeyin ötesinde uzayın derinliklerine bakmasını sağlamış bulunuyor. Kozmik panoramamız görebildiğimiz en uzak yıldızların milyonlarca kat ötesine, ışıklarının bize ulaşması 10 milyar yılı bulacak kadar uzak galaksilere kadar uzanıyor. Kozmik tarihin izi başlangıca bir saniye yakın noktaya kadar sürülebiliyor. Ancak kozmik genişlemenin ilk milisaniyesinde ve kara deliklerin iç kesiminde geçerli temel fiziğin meçhul kaldığı koşullarla karşılaşyoruz.

Bu ilerlemeler büyüleyici bir olasılığı gündeme getirmiştir: Evrenimiz olarak andığımız şey, yani Büyük Patlama sırasında ortaya çıkan ve astronomların inceleyebildiği alan gerçekliğin tamamı olmayabilir. Teoricilerin çok sayıda evren konusunda çerçevesi çok iyi belirlenmiş, ama spekülatif varsayımlardan hareketle ortaya koyduğu açıklayıcı senaryolar daha şimdiden var. Andre Linde, Alex Vilenkin ve başkaları birçok evrenin ayrı büyük patlamalardan filiz vererek uzay-zamanın birbirinden kopuk bölgelerine doğru yayıldığı "sonsuz" bir şişme evresini tasvir eden bilgisayar

simülasyonları yaratmışlardır. Farklı bakış açılarından yola çıkan Alan Guth ve Lee Smolin, bir kara deliğin içinde yeni bir evrenin filiz vererek, bizim için erişilmez olan yeni bir uzay ve zaman alanına doğru yayılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Lisa Randall ve Raman Sundrum da başka evrenlerin uzay ötesi bir boyutta bizden ayrı halde varolabileceği tahminini yürütüyor; birbirinden kopuk bu evrenler kütleçekimi yoluyla etkileşime girebileceği gibi, birbirlerine bildiğimiz hiçbir etkide de bulunmuyor olabilirler. Bir balonun yüzeyinin üç boyutlu uzayımıza gömülü olan iki boyutlu bir evreni temsil ettiği basmakalıp benzetmede, söz konusu evrenler başka balonların yüzeyleriyle temsil edilir. Böyle bir yüzeyin çevresinde sürünen ve bir üçüncü boyut kavrayışından yoksun olan her böcek, bu türden diğer balonların yüzeyleri çevresinde sürünen benzer böceklerden habersiz olur. Öbür evrenler uzay ve zamanın ayrı alanları gibi durur. Bizim evrenimizden önce mi, sonra mı, yoksa onunla birlikte mi varolduklarını anlamlı bir şekilde söylememiz mümkün değildir; çünkü böyle kavramlar ancak bütün evrenlerde işleyen tek bir zaman ölçüsünü geçerli kılabilirdiğimiz ölçüde anlam kazanır.

Alan Guth ve Edward Harrison bir kara delik yaratmak üzere bir madde topağını içeriye doğru çökertme yoluyla, laboratuvarında evrenler oluşturulabileceğini bile varsaymışlardır. Bütün evrenimiz belki de başka bir evrendeki bir tür deneyin sonucu olabilir mi acaba? Smolin bir yavru evrenin ebeveyn evrende hüküm süren yasaların damgasını taşıyan yasalara göre düzenlenebileceği tahminini yürütüyor. Eğer öyleyse, tasarıma bağlı teolojik savlar yeni bir kisveyle diriltilebilir; böylece doğal ve “doğaüstü” fenomenler arasındaki sathi sınırlar da silinebilir.

İlk kez Hugh Everett ve John Wheeler’ın 1950’lerde ortaya attığı “birçok dünya” teorisinde, kuantum mekaniğine özgü paradokslardan bazılarına bir çözüm bulmak üzere de paralel evrenler görüşüne başvurulmuştur. Bilimkurgu alanında ileri görüşlü bir öncü olan Olaf Stapledon’ın şu sözlerinde, “Yıldız Yapıcı” varlığının daha incelikli bir yaratımı olarak bu kavramı önceden tasarladığını görürüz:

Bir yaratık, izlenmesi mümkün birkaç yolla karşılaştığında, hepsini izledi ve böylece ... birçok ayrı kozmos tarihi yarattı. Kozmosun her evrim dizisinde birçok yaratığın bulunması, hepsini sürekli birçok olası yolla karşılaşması ve izledikleri yolların kombinasyonlarının sayısız olması nedeniyle, her zaman dizisinin her anından sonsuz sayıda evren kabuklar halinde döküldü.

Bu senaryoların hiçbirisi kafadan atılarak uydurulmuş değildir; hepsinin temelinde spekülatif olsa bile ciddi bir teorik saik yatar. Ne var ki, içlerinden en fazla bir tanesi doğru olabilir. Hiçbirinin doğru olmaması oldukça yüksek bir olasılıktır; bizi tek bir evren görüşüne götüren alternatif teoriler vardır.

Bu fikirlerden herhangi birini sağlamlaştırmak için, mevcut evrenimizin sıkışarak kuantum dalgalanmalarının sarsabileceği ölçüde küçüldüğü başlangıç evresinin uç noktadaki fizikini tutarlı biçimde açıklayan bir teori gerekli olacaktır. Bir başka deyişle, Einstein’ın kütleçekimi teorisini (genel göreliliği) atom altı parçacıkların mikro dünyasını düzenleyen kuantum ilkesiyle bağdaştıracak bir teoriye gerek vardır.

Einstein’ın kendisi son otuz yılını beyhude bir uğraş içinde böyle bir birleşik teori bulma çabasıyla geçirdi. Acımasız

muvarızları ömrünün ikinci yarısını “balık avına çıkarak da pekala geçirebileceği”ni belirttiler; oysa arayışının erken olduğunu, çünkü bu türden bir teorinin elektromanyetizmayla birlikte hesaba katması gereken nükleer ve zayıf kuvvetlerden habersiz olduğunu şimdi görebiliyoruz. Birleşik teorilerin yirminci yüzyıla oranla yirmi birinci yüzyılda daha gerçekçi bir müşkül sunması yüksek bir olasılıktır; bunlara yönelik gerçekçi bir saldırı açısından da vakit gelmiş gibidir. Fakat tutarlılık yeterli değildir; birleşik bir teorinin sırf matematiksel bir kurgu olmadığı, dışsal gerçeklik açısından geçerlilik taşıdığı güvenini verecek zemin olmalıdır. Teorinin, gözlemleyebilmekle birlikte başka şekilde açıklayamadığımız şeylere, sözgelimi atom çekirdeği, elektrik ve kütleçekimi kuvvetleri arasında nasıl bağlantı olduğuna ve niçin üç nötrino türü bulunduğuna açıklama getirmesi halinde, böyle bir güveni edineceğiz. Önümüzdeki yirmi-otuz yılda fizikçiler böyle bir teoriyi pekala geliştirebilir. Böyle bir durumda, Newton’dan önce başlayarak, Maxwell, Einstein ve ardılları boyunca süren bir entelektüel arayış son bulacaktır. Ama bu teorinin bazılarımıza şaşırtıcı görünen özellikleri niçin taşıdığına dair bir kavrayış sunması halinde, daha da büyük bir heyecan duyacağım.

Özel Biyofilik Evrenimiz

Evrenimizde başka yaratıklar varsa, gerçekliğin veçhelerini bizim zihnimizin işleyişinden çok farklı bir biçimde anlamları ve “sarmalamaları” mümkündür. Ama günün birinde irtibat kurabilirsek, tek ortak merakımızın olacağı kesindir. Onlar da benzer atomlardan yapılmış ve aynı fizik kanunla-

rına göre düzenlenmiş olacak. Eğer gözleri ve berrak gökyüzleri varsa, tıpkı bizim yaptığımız gibi, bakışlarını yıldızların ve galaksilerin oluşturduğu aynı manzaraya dikeyecekler. Hepimiz kökenimizin izlerini ortak bir yaratılışa, yani yaklaşık 13 milyar yıl önceki bir Büyük Patlama'ya doğru sürmekteyiz.

Ama varlığımız –ve eğer varsa uzaylı yaratıkların varlığı– evrenimizin oldukça özel olmasına bağlıdır. Yaşama uygun anlamında “biyofilik” diyebileceğimiz bir evren, anlaşıldığı kadarıyla, belirli bir tarzda uyarlanmış olmalıdır. Her türlü hayat biçimi için gerekli önkoşullar –uzun ömürlü ve kararlı yıldızlar, bir araya gelerek karmaşık moleküller oluşturabilen (karbon, oksijen ve silikon gibi) atomlar vs.– fizik yasalarına, evrenin boyutlarına, genişleme hızına ve içeriklerine duyarlıdır. Büyük Patlama sırasında işlenen tertip azıcık bile farklı olsaydı, biz varolmayabilirdik. Birçok başka tertip atomsuz, kimyasız ve gezegensiz ölü evrenlere yahut kısır tekörnekliğin ötesinde bir şeyin evrimle gelişmesine olanak vermeyecek ölçüde kısa ömürlü ya da boş evrenlere yol açardı. Bu özgün tertip temel bir esrar gibi görünüyor.

Einstein'ı uğraştıran esaslı bir soru vardı: “Dünyanın yaratılışında Tanrı'nın bir seçim şansı var mıydı?” Einstein'ın şiirsel bir dille zihninde tarttığı konu, evrenimizi düzenleyen yasaların belirli bir matematiksel sebepten dolayı yegane mi olduğu, yoksa tertibin temelde farklı mı olabileceğiydi. Evrenimizin temel bir teoremin yegane ürünü olması halinde, biyofilik ayarlamayı katı bir olgu olarak kabul etmek durumunda kalırız. Buna karşılık, Einstein'ın sorusuna cevabımızın evet olması halinde, temelde yatan yasalar daha gevşek olabilir. Yani, birçok tertibe olanak vererek, farklı türden birçok evrene yol açabilir. Çoklu-evrenin tamamı bir di-

zi temel ilkeye göre düzenlenmiş olur; ama bizim verdiğimiz adla doğa yasaları (veya en azından bunların bazıları) yerel kuralların, bize özgü Büyük Patlama'yı izleyen ilk andaki ortam rastlantılarının ürünü olmanın ötesine pek geçmez.

Bir benzetme yaparsak, kar tanelerinden oluşan bir öbeği düşünün. Hepsinde ortak tek şey vardır: Kar tanesini oluşturan su moleküllerinin taşıdığı şeklin bir sonucu olan altıgen simetri. Ama aynı görünen iki kar tanesi bulmak zordur. Her kar tanesinin ayırt edici geçmişine bağlı bir örüntüsü vardır; etraflıca belirtmek gerekirse, bu geçmişi kar tanesinin geliştiği buluttan düşüşü sırasında ortam sıcaklığının ve basıncının değişimi belirler. Aynı şekilde, evrenimizin bazı özellikleri bütün çoklu-evren boyunca hüküm süren daha köklü ve daha temel bir düzeyde işlenmiş olmak yerine, Büyük Patlama'dan sonraki soğuma biçiminin rastlantısal sonuçları olabilir –bu durum kor halinde kızarmış bir demir parçasının soğuduğunda şans faktörlerine bağlı olabilecek bir hizalanmayla mıknatıslanmasına oldukça benzer. Fizikçilerin inandırıcı bir temel teoriye ulaşması halinde, bunun bize doğanın veçhelerinden hangilerinin (tıpkı kar tanelerindeki simetrik kalıbın bir su molekülünün temel yapısına bağlı olması gibi) esas teorisinin doğrudan sonuçları, hangilerinin (tıpkı belirli bir kar tanesinin özgün örüntüsü gibi) rastlantıların ürünü olduğunu anlatması gerekir.

Eğer gerçekten de bir evrenler topluluğu varsa (ki bu durumda evrenimize özgü Büyük Patlama'nın başlangıcını açıklamaya elverişli bir teori bu meseleyi de çözüme bağlayabilir), evrenlerin çoğu –karmaşık yapıları önleyici yasalara göre düzenlendiğinden– kısır yahut uzay ve zamanın karmaşıklığı yaratan işlerliğe kavuşması için gerekli evrime olanak vermeyecek ölçüde küçük ya da kısa ömürlü olur. Biz

(ve uzayda varolabilecek diğer yaratıklar) kendimizi karmaşık evrime fırsat veren yasalara göre düzenlenmiş küçük ve atipik altkümelerin birinde buluruz. Evrenimizin görünüşte “tasarlanmış” özellikleri bizi evrenimiz içindeki özel yerimizin uyandırdığı şaşkınlıktan daha ötede bir şaşkınlığa uğratmamalıdır. Kopernikçi “sıradanlık ilkesi”ni çok ileriye götürmemeliyiz. Çok özel ve atipik bir yer olsa dahi, kendimizi atmosferi bulunan ve ana yıldızına belirli mesafedeki bir yörüngede dolanan bir gezegene oturturuz. Uzayda rasgele seçilmiş bir yer her yıldızdan uzak olur –aslına bakılırsa, çok büyük olasılıkla galaksiler arası boşluğun bir noktasında, en yakın galaksiden milyonlarca ışık yılı uzakta yer alır. Büyük bölümü barınmaya elverişsiz çok sayıda evren varsa, kendimize barınmaya elverişli evrenlerin birinde bulmamıza şaşmamak gerekir.

Bize bir çoklu-evrenin varolup olmadığını ve doğa yasaları olarak adlandırdığımız yasalardan bazılarının, içinde bulunduğumuz kozmik parçadaki sınırlı yerel yasalardan ibaret olduğunu anlatacak ikna edici bir teoriye günün birinde kavuşabiliriz. Böyle bir teoriye kavuşmadan önce bile, fiili evrenimizin ortaya çıkmış olabileceğimiz altküme açısından tipik olup olmadığını sorarak, “antropik seçim”in akla yakınlığını test edebiliriz. Eğer evrenimiz sırf bütün çoklu-evrenin değil, bu altkümenin bile büyük ölçüde atipik bir üyesiyse, çoklu-evren hipotezinden vazgeçmemiz gerekecektir. Çoklu-evren teorilerini test etmenin bir başka örneği olarak, Smolin’in yeni evrenlerin kara delikler içinde doğduğu ve yavru evrendeki fizik yasalarının, bir tür kozmik kalıtım varmışçasına, ebeveyn evrendeki yasaların bir belleğini taşıdığı yolundaki tahminini ele alalım. Eğer Smolin haklıysa, çok sayıda kara delik üreten evrenlerin sonraki

kuşağa aktarılacak bir üreme avantajının olması gerekir. Dolayısıyla, bu sürecin bir ürünü olması halinde, evrenimizin kara delikler yaratmaya yatkınlığı bakımından optimuma yakın bir yapıda olması gerekir; bu da yasalardeki ve sabit değerlerdeki en ufak bükülmenin kara delik oluşumunu daha az olası kılacağı anlamına gelir. Smolin'in kavramı herhangi bir fiziksel olgunun (ve hatta bir zaman okunun) bir evrenden ötekine nasıl iletilebileceğine dair ayrıntılı bir teoriyle henüz desteklenmiş değildir. Ben şahsen bunun varlığını sürdürmesi konusunda çok az umut taşıyorum. Bununla birlikte Smolin, bir çoklu-evren teorisinin ilke olarak çürütölmeye açık olabileceğini göstermesinden ötürü teşekkürümüzü hak ediyor.

Verdiğim örnekler başka evrenlerle ilgili bazı savların, bilimdeki her iyi hipotezde olması gereken bir nitelikle, çürütölebileceğini gösteriyor. Çok sayıda büyük patlamanın yaşandığını kendimizden emin bir biçimde ileri süremeyiz; kendi evrenimizin çok erken evreleri hakkındaki bilgileri-miz düpedüz yeterli değil. Temelde yatan yasaların gevşek olup olmadığını da bilmiyoruz; bu meseleyi çözüme kavuşturmak önümüzdeki elli yılda fizikçilerin uğraşacağı bir müşküldür. Eğer temelde yatan yasalar gevşekse, yani her türden evrenin yaratılışına olanak veren nitelikteyse, evrenimizin niçin mevcut yapıda olduğuna ilişkin antropik açıklamalar geçerlilik kazanacaktır; daha doğrusu, evrenimizin bazı özellikleri konusunda varabileceğimiz tek tip açıklama olacaktır. Kozmolojinin bazı bölümleri evrimci biyoloji haline gelecektir.

Geleneksel olarak evren dediğimiz şey çok sayıda büyük patlamadan birinin ürünü olabilir, aşağı yukarı güneş sisteminin sırf galaksimizdeki çok sayıda gezegen sisteminden

biri olması gibi. Donan bir havuzdaki buz kristalleri nasıl suyun temel özelliğinin sonucundan ziyade tarihin bir rastlantısıysa, doğanın görünüşte sabit değerlerinden bazıları da temelde yatan teorice yegane biçimde tanımlanmış olmaktan ziyade keyfi ayrıntılar olabilir. Normalde doğanın sabit değerleri dediğimiz şeye ilişkin kesin formüller yönündeki arayışımız sonuçta Kepler'in gezegen yörüngelerinin kesin sayıbilimine dönük arayışı kadar beyhude ve yanlış güdümlü olabilir. Aynen "başka dünya"ların başına yüzyıllar boyunca geldiği gibi, başka evrenler de bilimsel söylemin bir parçası haline gelecektir. Bununla birlikte, bilimcilerin memnuniyetle sahayı felsefecilere bırakması gereken böyle bir noktada, herhangi bir şeyin niçin varolduğuna, yani niçin hiçlik yerine bir evrenin (ya da çoklu-evrenin) bulunduğu dair her türlü anlayış metafiziğin alanında kalır ve hiç kuşkusuz hep öyle kalacaktır.

Sir MARTIN REES Cambridge Kings College'da Kraliyet Derneği Kürsüsü profesörüdür. Henüz otuz yaşındayken, daha önce Cambridge'de bulunduğu Plumian Astronomi ve Deneysel Felsefe Kürsüsü profesörlüğüne Fred Hoyle'un yerine geçmek üzere seçilmiştir. Ortaya attığı birçok kozmolojik fikir vardır. Örneğin, kuasarların olağanüstü enerji yüklü çekirdeklerine dev kara deliklerinin güç verebileceğini ilk kez öne süren kişidir. Son yirmi yılda Cambridge Astronomi Enstitüsü'nde geniş kapsamlı bir araştırma programını yönetmiştir. Başta *Fatal Attraction* [Ölümçül Cazibe] (Mitchell Begelman'la birlikte); *New Perspectives in Astrophysical Astronomy* [Astrofiziksel Astronomide Yeni Perspektifler]; *Before the Beginning: Our Universe and Others* [Başlangıçtan Önce: Kendi Evrenimiz ve Başkaları]; *Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe* [Sadece Altı Sayı: Evreni Şekillendiren Derin Güçler] ve en yakın tarihli *Our Cosmic Habitat* [Kozmik Yaşam Alanımız] olmak üzere çeşitli kitapların yazarıdır.

IAN STEWART

2050'nin Matematiği

Bütün bilim dalları arasında, matematik muhtemelen en uzun kesintisiz tarihe sahiptir ve bu alanda onunla boy ölçülebilecek tek dal astronomidir. Her ikisinin de geçmişi en azından antik çağ Babil'ine kadar iner ve o dönemde vardıkları buluşlar günümüzde de önem taşır. Astronomi nasıl geçmişin buluşları üzerine kurulmuşsa, matematik de öyledir. Astronomi gerçek dünyaya ilişkin gözlemlere dayanırken, matematik tasarımlara dayanan ortak bir sosyal kurgudur; ama astronominin itici gücünü tasarımlar oluştururken, matematik gerçek dünyanın modelini çıkarmaya, yani geçen günleri saymaya, tarlaların büyüklüğünü ölçmeye, krala ödenecek vergileri hesaplamaya dönük çabaların sonucunda doğmuştur.

Astronomide devrimler olmuştur. Eski tasarımlar yıkılarak, yerlerine köklü biçimde farklı yeni tasarımlar geçirilmiştir. Örneğin, İtalyan astronom Giovanni Schiaparelli 1877'de Mars yüzeyinde “mecralar” (*canali*) gördü; bu gözlemin yanlış yorumlanması (astronomlar arasında bile) Mars'ta zeki varlıkların yaşadığı yolundaki bir kanının çarçabuk yayılmasına yol açtı. Şimdi konuyu daha iyi biliyoruz. Matematiksel doğrunun niteliğinin değişmemesinden dolayı matematikte devrimlerin olamayacağı sıklıkla söyle-

nir. Oysa insan tutumları değişir ve matematikteki en büyük devrimlerden biri matematiksel “doğru”ya ilişkin anlayışımızın büyük çapta gözden geçirilip düzeltilmesidir. Kurt Gödel ve Alan Turing sayesinde, matematiksel doğrunun bile mutlak olmadığını biliyoruz artık.

Önümüzdeki elli yıl matematik alanında çeşitli büyük devrimlere sahne olacak. Bazıları şimdiden devreye girmiş durumda; bilgisayarın gittikçe artan etkisi ile biyoloji bilimlerinin ve finans sektörünün yarattığı yeni güçlükler bunlara örnektir. Başka devrimler de yaşanacak; ama güvenle belirtebilecek tek kestirim birçoğunun kestirilemez olacağıdır. Değişik yorumcular matematiğin kilit kavramı olan kanıt anlayışında bile bir değişim olacağını öngörmüştür. Bunlardan bazıları bilgisayarın kanıt kavramında köklü bir gözden geçirmeyi getireceğini belirtirken, bazıları da kavramın büsbütün ortadan kalkacağını ileri sürüyor. Her iki görüş de mevcut yönelimlere ilişkin temel yanlış anlamalara dayanıyor. Matematikte kanıt geri kalan bilim dallarındaki gözlem ve deneyin ikamesidir; yani, matematikle uğraşanların cingözlüğe kapılıp yoldan çıkmasını ve insanların doğru olmasından hoşlanmaması nedeniyle bazı şeylerin doğru olduğuna inanmasını önleyen araçtır. Bilgisayarın kanıt gereğini artık geçersiz kılması, ancak mikroskobun icat edilmesinin biyolojide deney gereğini geçersiz kılması kadar mümkün olabilir. Bu biyoloji benzetmesinde olduğu gibi, bilgisayar kanıt tekniklerini değişime uğratmış ve arttırmıştır; ama temelde yatan felsefeyi değiştirmiş değildir. Yani, kanıt kuşkucu uzmanların en sıkı irdelemesine dayanabilecek şekilde mevcut teoremlerden yeni teoremleri türeten ve mantıksal açıdan tutarlı bir öykü olmalıdır. Kanıt kavramı ve matematik açısından elzem olduğu inancı, önümüzdeki elli yılda zedelenmeksizin ayakta kalacaktır.

Matematik gücünü iki farklı kaynağın bileşiminden alır. Bunlardan biri “gerçek dünya”dır. Kepler, Galileo, Newton ve diğerleri bize dışsal evrenin birçok veçhesinin basit, ama incelikli matematik kurallarının, “doğa yasa”larının işleyişi olarak anlaşılabilirliğini öğretmişlerdir. Ara sıra fizikçiler bu yasaların ifade ediliş biçimlerini gözden geçirip düzeltirler. Newtoncu mekanik yerini kuantum mekaniğine ve genel göreliliğe bırakmıştır; kuantum mekaniği yerini kuantum alan teorisine bırakmıştır; kuantum kütleçekimi ve süperzincirler gelecekteki bir düzeltme yönelişine işaret etmektedir. Gerçek dünyadaki problemler yeni matematiğin yaratılmasını harekete geçirir ve doğuşunu sağlayan teori değişse bile, matematik genellikle önemini koruyup sürdürür.

Matematiğin ikinci kaynağı insanın hayal gücü, yani başlı başına matematikle uğraşma güdüsüdür. Gerçek dünyadan tam gelişmiş bir matematik dalına giden yol taşlıdır. Belli bir ölçüde keşfe çıkmakta yarar vardır; korkusuz öncünün kendi şahsi hülyaları doğrultusunda arayışa yönelmek üzere mevcut yoldan ayrılması ve çok daha iyi bir güzergahı keşfetmiş olarak dönmesi sık görülen bir durumdur. Öncüler için keşif gezilerinin değeri aşıkardır: Onları harekete geçiren şey budur ve özünde taşıdığı merak duygusunun ötesinde hiçbir gerekçeyi gerektirmez.

Bu iki matematik üslubu genellikle uygulamalı matematik ve saf matematik olarak nitelendirilir. Her iki ibare de doğru değildir ve yanlış anlamalara açıktır. “Uygulamalı” matematiğin birçok alanı aslında gerçek olan herhangi bir şeye uygulanmaz; “saf” matematiğin saflığı disiplinin pratik değerine dönük bir küçümsemeye değil, dayandığı yöntemlere göndermede bulunur. Ama terimlerin matematik üsluplar yelpazesinin uç noktalarını işaret ettiği doğrudur; bu yel-

paze dış dünyanın gereklerini insan hayal gücünün muammasına bağlayan aralıksız ve sürekli bir bütünlük gösterir. Matematiğe gücünü veren şey işte bu bütünlük ve beraberinde getirdiği iki yönlü fikir trafiğidir. İlerleme sağlamak için her iki üsluba da ihtiyacımız vardır ve birinin diğerine üstün olduğunu ileri sürmek anlamsızdır.

Yüz yıl önce matematikçilerin çoğu bütünlüğü kucaklardı. Aradan geçen elli yılda, bütünlük tek zihnin kavrayamayacağı ölçüde büyüdü ve kişilerin uzmanlaşmaya yönelmesi, disiplinin belirgin bir parçalanma sürecine girmesine yol açtı. Saf matematikçiler ve uygulamalı matematikçiler her biri farklı bir felsefeye sahip iki kampa ayrıldı. Matematiğin temelleri, kanıt gereksinimi, yöntemler ve hangi problemlerin ilginç olduğu konusunda görüş ayrılıklarına düştüler. Bir zamanlar geniş ve kapsayıcı bir inanç çatısının bölünmesiyle ortaya çıkmış iki mezhep haline geldiler. Ama yeni binyıla girilirken, kendini baltalayıcı bu eğilim tersine dönmüş bulunuyor. Saf matematikten alınma yöntemlerin uygulamalı matematiğe yeni bir canlılık kattığını ve uygulamalarda ortaya çıkan problemlerin saf matematikte yeni gelişmeleri kamçılıdığını görmekteyiz. Her zaman gerçeklikten çok ideolojiye dayanmış olan ayırım çizgisi bulanıklaşmaya yüz tutuyor. Önümüzdeki elli yılda daha büyük çaplı birleşme eğilimi ivme kazanacak ve nitelendirici sıfatlardan, sekte anlaşmazlıklardan arınmış haldeki salt matematiğe kısa sürede varılacak. Uzmanlar yine olacak; ama uzmanlık alanları saf matematiğin soyut mantığını ve kavramsal vurgularını uygulamalı matematiğin somut ilgi alanlarıyla bir araya getirecek. Hepimiz aynı büyük uğraşın birer parçası olan ve matematiksel düşüncenin büyük kolektif “dış-zeka”sının bağlı olduğumuz küçük kesiminde çalışan matematikçiler

haline geleceğiz. Öbür kesimlerde çalışanların varlığının bilincinde olacağız, onların varlığına minnettarlık duyacağız ve çalışmalarına bütünün büyütülmesi açısından aynı ölçüde geçerli katkılar olarak saygı göstereceğiz.

Önümüzdeki elli yılla ilgili olarak güvenle bulunabileceğimiz tahminlerden biri, muazzam ilerlemeler göreceğimizdir. Matematiğin altın çağı Eski Yunan uygarlığı, Rönesans dönemi İtalya'sı ya da Newton dönemi İngiltere'si değil, günümüzdür. Ve de elli yıllık dönemde öyle olmaya devam edecek. Bu sav için iyi bir sınama, çözülmemiş önemli problemlerde, yüzlerce yıl önce ortaya atılan sorularda sağlanan ilerlemedir. Günün birinde bir çıkış yolunun bulunmasına, akla yeni bir fikrin gelmesine ve çözümün apaçık bir biçimde gözler önüne serilmesine kadar büyük zihinleri bocalatmış problemlerdir bunlar. Yakın dönemin en iyi bilinen örneği, Fermat'ın son teoremi için Andrew Wiles'in bulduğu kanıttır. Pierre de Fermat 1637 dolaylarında, Diophantos'un *Arithmetica* [Aritmetik] adlı eserinin kendisine ait nüshasının bir sayfa kenarına, iki küp sayısının toplamının bir küp sayısı olamayacağını ve dördüncü ya da daha yüksek üsler için de benzer bir durumun söz konusu olduğunu yazmıştı. Bütün çabalara direnen bu kanıt problemi ancak 1995'te Wiles'in yirminci yüzyılın en büyük matematik başarılarından birine varmasıyla çözüldü. Getirdiği çözüm yeni bir yöntemi öngörmekteydi: Fermat'ın ifadesini "elips eğri"leriyle, yani çok farklı bir sayı teorisi alanıyla ilgili çok daha geniş kapsamlı bir ifadeye aktarmak ve ardından ortaya çıkan soruya ilişkin olası her modern araca başvurmak.

Halihazırda çözülmemiş en ünlü problem, ilk kez Georg Bernhard Riemann'ın ifade ettiği Riemann hipotezidir. Bu, karmaşık analiz açısından oldukça teknik bir sorudur ve

varsayılan cevap asal sayılara, cebirsel sayı teorisine, cebirsel geometriye ve hatta dinamiğe epeyce ışık tutacaktır. Son yıllarda kuantum fiziğiyle birlikte merak uyandırıcı bağlantılar ortaya çıkmıştır. Yanılma tehlikesini göze alarak, Riemann hipotezinin 2050'ye kadar kanıtlanmış olacağını –beklenen cevabın doğru çıkacağını– ve fizik bağlantılarının kanıtta önemli bir rol oynayacağını kestireceğim. Ama çözüme giden nihai yolun mevcut fizik bağlantılarına değil, henüz öngörülmemiş bir bağlantıya dayanacağı tahmininde bulunarak savıma çekince koyacağım.

Çağının önde gelen matematikçisi David Hilbert 1900'de, gelecek açısından çözülmesi gereken yirmi üç önemli problemi ortaya koymuştu. Bunların çoğu halledilirken, Riemann hipotezi hâlâ çözüm beklemektedir. ABD'nin Massachusetts eyaletindeki Cambridge'de bulunan Clay Matematik Enstitüsü 2000'de, köklü ve zorlu yedi matematik probleminin çözümleri için birer milyon dolarlık ödül koydu. Bunlardan biri Riemann hipotezidir. Diğerleri şunlardır: Üç boyutlu kürenin topolojik bir nitelendirmesi olan Poincaré varsayımı*; teorik bilgisayar bilimi alanında güç hesaplamaların gerçekten varolduğuna dair bir kanıt isteyen P/NP problemi; cebirsel geometride Hodge varsayımı ve Birch/Swinnerton-Dyer varsayımı; yapışkan sıvı dinamiğine ilişkin Navier-Stokes denklemleri için çözümlerin varlığı (ya da yokluğu); kuantum alan teorisinde “kütle boşluğu hipotezi”ne ilişkin bir kanıt. Karma sonuçlara varılacak biçimde, 2050'ye kadar yedi problemin hepsi hakkında çok daha fazla şey bileceğimiz görüşündeyim. Tahminimce, Poincaré varsayımı hâlâ tartışmaya açık olacak; P/NP probleminin biçimsel bakım-

* Poincaré problemi 2006'da Rus matematikçi Grigori Perelman tarafından çözülmüştür (y.n.).

dan karara varılamaz olduğu kanıtlanacak; Hodge varsayımının yanlışlığı kanıtlanacak; Birch/Swinnerton-Dyer varsayımı kanıtlanacak; Navier-Stokes denklemlerinin belli garip koşullarda çözümlerinin bulunduğu ortaya çıkacak; kütle boşluğu hipotezi şu ya da bu yoldan çözüme bağlanacak, ama fizikçiler bu konuya artık ilgi duymayacak.

Toplam 7 milyon dolarlık parasal ödülün varlığı matematiği yeni yollara saptırmış olmayacak. Böyle bir şey her halükarda işlemez; zira moleküler biyologların aksine, matematikçiler için nakit ödüller özellikle bir çekicilik taşımaz. Ama dış dünyaya söz konusu yedi sorunun –ve buna bağlı olarak, genel anlamda matematiğin– ne kadar önemli olduğu sinyallerini verme açısından amaca ulaşılmış olacak. Bu mesajın resmi fon kuruluşlarına ulaşacağını ve matematiğe harcanan bir milyar doların, yeni bir parçacık hızlandırıcı için birkaç ufak tefek şeye ya da biyolojik çeşit toplayıcılığında başka bir büyük çaplı alıştırmaya harcanan aynı meblağa oranla insan varlığını çok daha özlü biçimde ve daha olumlu yönde dönüştüreceğini kavramalarını sağlayacağı tahmininde bulunmak isterdim. Hoşuma gitse de, buna kalkışmayacağım.

P/NP problemi bilgisayarlarla ilgili, ama bir bilgisayar tarafından çözülmeyecek. Bunun için gereken şey eski tarzda iyi bir fikir. Bilgisayarlar araştırma yoluyla bile bu belirli probleme yardımcı olamayacak; ama bilgisayar kullanımı başka bir rol, matematikçilere kanıtlamaya çalışacakları olası varsayımları bildirme açısından gittikçe vazgeçilmez hale gelen bir rol oynayacak. Dahası, bilgisayarların birçok kanıtta da kilit bir rol oynaması daha şimdiden uç veren bir eğilimdir. Uygun programlamayla bilgisayarlar 1960'ların zor hesaplar yapan makinelerinin çok ötesine geçebilecek. Teoremleri kanıtlamaya “destek” vermek üzere mantıksal

bir dakiklikle bilgisayar kullanımı daha şimdiden başlamış bulunuyor. En iyi bilinen örnek Kenneth Appel ve Wolfgang Haken'in 1976'da dört-renk teoremini kanıtlamasıdır. İlk kez 1852'de Francis Guthrie'nin ifade ettiği bu teorem, düzlemdeki her türlü haritayı iki bitişik bölgenin aynı rengi taşımayacağı şekilde dört renkle boyamanın mümkün olduğunu belirtir. Kanıtın kavramsal kısmı, teoremi bir bilgisayar kullanmaksızın elde edilmiş iki bin kadar özel haritanın belirli bir matematiksel özellik taşıdığı yolunda bir rutin doğrulamaya indirgemekti. Daha sonra bilgisayar bunun sağlamasını yapmak üzere gerekli hesaplamaları yaptı.

Bazı felsefeciler hesaplamaların yardım görmeyen bir insan tarafından yapılamaması nedeniyle, bilgisayar destekli kanıtların nitel bakımdan geleneksel kanıtlardan farklı olduğunu ileri sürmektedir. Ne var ki, kanıtların sağlamasını yapmanın ilk başta niçin ortaya çıktığını sorabiliriz: Asıl önemli nokta sağlamadır, bunu ne tür bir varlığın yürüttüğü değil. Geçmişte sağlama işlemini insanlar yapardı, çünkü tek alternatif buydu; ama insanların gelecekte de bunu yapması gerekmez. Asıl ölçütler sağlamayı yapan varlığın güvenilir olması ve ona güvenmeyen bir kimsenin kendi başına sağlamayı yürütebilecek bağımsız varlıklara başvurması gereğidir. Bu koşullar yerine getirildiği sürece, bir makinenin kararı bir insanınki kadar geçerlidir. Rutin ve sıkıcı hesaplamalar söz konusu olduğunda, çoğu matematikçi bir insana oranla bir bilgisayarın daha az hesap ya da mantık hatası yapmasını bekler. Nitekim, dört-renk teoreminin tarihi insanlarca işlenmiş hatalarla doludur. Önemli olan şey bilgisayar programının mantığı ve makinenin tasarımcılarınca öngörülen şekilde gerçekten davranıp davranmadığıdır. Bu hususların ikisi de bağımsız olarak kontrol edilebilir. İşin

“düşünme” kısmı, yani problemi devasa, ama rutin bir hesaplama listesine indirgeyecek bir kalıba dökme faslı hâlâ insanlarca yapılmaktadır. Bu aşamadan sonra, hesaplama aracı olarak bir bilgisayarı kullanmak matematiksel tabloların yer aldığı bir kitabı kullanmaktan felsefi anlamda hiç de farklı değildir.

Biyologların tarama tünelleme mikroskobu ve gen sıralama donanımı kullanmasına benzer biçimde, bilgisayarları araştırma aracı olarak ve kanıtlama işlemlerinde kullanma eğilimi 2050'nin matematiğinde köklü yer edinecektir. Aynen günümüzde aritmetik işlemleri için hesap makinelerinin kullanıldığı gibi, matematikçilerin Euklidesçi olmayan geometriler ya da devasa asal sayı dizileri türünden soyut kavramsal yapılara “uğramaları”na ve bunlarla neredeyse hiç efor harcamaksızın diledikleri gibi oynamalarına olanak veren “sanal gerçekdışılık” sistemleri olacak. Sanal üniversite için gerekli bileşenler daha şimdiden bir araya getiriliyor ve çok geçmeden tek bir çatıda toplanacak. Yazılım mühendislerinin ihtiyaçları kombinatorik, yani “sonlu matematik” alanında yeni gelişmeleri teşvik edecek. Kombinatorik ile geometri arasında şimdiki tutuk ve gelgeç etkileşimler akışkanlaşıp sıkı bir ilişkiye dönüşecek; bunu da devre düzeni ile mantıksal fonksiyon arasındaki ilişki sağlayacak.

Newton döneminde matematik problemlerinin başlıca dışsal kaynakları birer fizik bilimi olan astronomi ve mekanikti. 2050'ye doğru başka alışılmamış bilimler de aynı şekilde matematiğe bağlanacak. Bunlardan biri zaten son derece matematiksel bir yapıya sahip kuantum fiziği olacak. Günümüzde kuantum alan teoriler, geometri, topoloji ve cebir arasında şaşırtıcı yeni bağlantılar açığa çıkarılıyor artık. Bunları başka birçok alan izleyecek. Elli yıl içinde kuan-

tum alan teorisi, süper-sicimler ve daha ötede yatan şeylerin esin verdiği yeni yapılar tamamen yeni cebir ve topoloji alanları yaratmış olacak. On dokuzuncu yüzyılın matematikçileri geleneksel “gerçek” sayıları genelleştirerek, -1’in bir kareköke sahip olduğu “karmaşık” sayılar haline getirdiler; bunun olağanüstü üretken bir fikir olduğu görüldü. Çok kısa sürede matematiğin her alanı “karmaşılaştırıldı”; eski gerçek sayı matematiğinin verimli bir karmaşık benzeri geliştirildi. Karmaşılaştırmanın yirmi birinci yüzyıl versiyonu kuantumlaştırma olacak; kuantum cebiri, kuantum topolojisi ve kuantum sayı teorisi işlemleri yapacağız.

Biyoloji bilimlerinin esin verdiği matematik, yani biyomatematik çok daha etkili ve çok daha radikal olacak. İnsan genomu hakkında zafer dolu açıklamaların yerini sonuçlara ilişkin yeni bir gerçekçiliğe bırakmasıyla birlikte, sırf DNA dizilişini belirlemenin organizmaları anlamada ve hatta hastalıkları iyileştirmede bizi çok ileriye götürmediği apaçık görülmüş bulunuyor. Genler ile organizmalar arasındaki bağlantıyı anlamamızda çok büyük gedikler var. Dizilmiş genom bize mercan resifleri ve yağmur ormanları gibi ekosistemlerimizi nasıl çekip çevireceğimiz konusunda neredeyse hiçbir şey anlatmıyor. İnsan genomunun yüz bin kadar gen barındırdığı yolundaki güvenli öngörülerin temelsiz olduğu saptanmış durumda: İnsanda sadece otuz dört bin gen var. Genlerden proteinlere varan “harita” beklenenden çok daha karışıktır; aslına bakılırsa, muhtemelen hiç de bir harita değildir. Genler sadece proteinleri üretmekle kalmayan, onları değişime uğratan ve gelişim içindeki bir organizmada bütün ömrü boyunca doğru anda doğru yere varmalarını sağlayan dinamik bir denetim sürecinin parçasıdır. Bu süreci anlamak sırf DNA kodlarının listesini çıkarmaktan daha

fazla bir uğraşı gerektirecektir ve eksik şeylerin çoğu matematiksel olmak zorundadır. Ama organizmanın büyüme dinamiğini DNA'nın moleküler enformasyon işleme özelliğiyle kaynaştıran yeni türden bir matematik olacak bu. DNA kodu hâlâ önemlidir; ama herşey değildir. Yeni biyomatematik esasen kombinatorik, analiz, geometri ve enformatiğin garip ve yeni bir karışımı olacak. Ayrıca biyolojiden birçok şey içerecek tabii ki.

Bu yöndeki ilk belirtilerden biri karmaşık sistemlere, yani “etken” ya da “varlık” denen ve basit yollarla etkileşime giren çok sayıda görece basit bileşenlerin oluşturduğu sistemlere ilişkin bilimin hızlı gelişimidir. Görünüşteki basitliğin yanıltıcı olduğunu öğrenmiş bulunuyoruz: Bundan üst düzeyde kalıplar, “ansızın beliren fenomenler” çıkar. Örneğin, insan beynindeki hücrelerin bağlantılılığından bilinçli duyarlılık doğar. 2050’ye doğru, ansızın beliren fenomenlere ve karmaşık sistemlerin üst düzey dinamiğine ilişkin sıkı bir matematik teorisine kavuşacağız. Bu teori henüz hayal edilmemiş kavramların yanı sıra, bilimde matematiksel model kurmadaki sınırlamalara dair yeni bir anlayışı da getirecek. Bugün karmaşık sistemler iki ana alanda, biyoloji ve finansta inceleniyor. Sözgelimi, bir borsanın tahvil ve hisse senedi alım satımı yoluyla etkileşime giren birçok etkeni vardır. Bu etkileşimden finansal dünya doğar. Finans ve ticaret matematiği mevcut “doğrusal” modellerin bir tarafa atılmasıyla ve matematiksel yapısı gerçek dünyayı daha doğru yansıtan modellerin ortaya konmasıyla bir devrim yaşayacak.

Daha da çarpıcı bir gelişmeyle, matematik insan uğraşının yeni alanlarını büsbütün saracak –sosyal bilimleri, güzel sanatları ve hatta siyaseti. Ancak, matematik halen fizik bilimlerinde kullanıldığı şekilde kullanılmayacak. Fizikte ma-

tematik nicel yasaları ifade etmek için kullanılır; gerçek dünyayla ilgili öngörüler çoğu kez yasalar ve ortaya çıkan kalıplar arasındaki bağlantıyı izlemenin insan zihni için imkansız olduğu devasa hesaplamaların sonucudur. Örneğin, bir kasırganın geniş sarmalının modeli sıcak nemli havanın görüldüğü milyarlarca ufak bölgenin devinimine ilişkin denklemleri yazarak ve ardından bu denklemleri çözmek üzere çok büyük hesaplamaları yaparak çıkarılır. Halen emekleme aşamasındaki alternatif bir yaklaşım, sarmal şekli denklemlerin genel yapısından, örneğin simetrilerinden çıkarsamaktır. Böylece sayılarla sonu gelmez oynamaların yerini bir tür “sarmal hesabı” alacaktır. Daha genel düzeyde, dinamik kalıp oluşumuna ilişkin nitel ve bağlamsal bir te-
 orinin ilk adımlarını görmeyi umabiliriz.

Son olarak, matematik evrenin kalıplarını anlamamıza yardımcı olacak –üstelik yalnız bunların bir tür mucizeyle ortaya çıkmasını sağlayan milyarlarca oynak rakam çerçevesinde değil, bizzat kalıplar çerçevesinde.

IAN STEWART halkın bilimi anlamasına yaptığı seçkin katkılardan dolayı 1995'te Kraliyet Derneği'nin Michael Faraday madalyasını almıştır. *Discover*, *New Scientist* ve *The Sciences* gibi popüler dergiler için matematik üzerine yazdığı sayısız makalesi vardır. *Scientific American* dergisinde on yıl boyunca “Matematiksel Eğlenceler” adlı köşeyi yazmıştır ve *New Scientist* dergisinin matematik danışmanıdır. Kitapları arasında Jack Cohen'le birlikte yazdığı *The Collapse of Chaos* [Kaosun Çöküşü] ve *Figments of Reality* [Gerçekliğin Hayal Ürünleri]; *Does God Play Dice?* [Tanrı Zar Atar mı?]; *Fearful Symmetry* [Korkunç Simetri]; *From Here to Infinity* [Buradan Sonsuzluğa]; *Nature's Numbers* (Doğanın Sayıları, çev: Selgin Zırhlı, İstanbul: İzdüşüm Yayınları, Kasım 2000); *Life's Other Secret* [Yaşamın Diğer Gizemi] ve *Flatterland* [Dümdüz Ülke] sayılabilir.

BRIAN GOODWIN

Kültürün Gölgesinde

Tarihin bu noktasında geleceğe bakmak herhalde 1600’de olduğu kadar güç. O dönemde Batı dünyasının feodal sistemi, monarşiler dışında neredeyse çözülmüştü. Kutsal Roma-Germen İmparatorluğu’nun kurduğu düzen yeni beliren ulus-devletlerin ve Protestan mezheplerin ikili etkisi altında dağılmaktaydı. Sonraki yıllarda Otuz Yıl Savaşı Avrupa’yı yeni bir Karanlık Çağ’a savuracaktı. Shakespeare oyunlarını yazarken hâlâ insan doğasının olağanüstü karmaşıklığını ve çeşitliliğini yüceltiyordu; kahramanları Rönesans büyücülerinin tasvir ettiği ve kürelerin müziğiyle göksel uyumun öğrenildiği bir dünyadan çıkıyordu. Bu dünya aşk etrafında dönüyordu. Galileo silindirlerini eğik düzlemlerden aşağıya yuvarlıyor ve Jüpiter’in uydularının düzensiz devinimlerini anlamaya çalışıyordu. Matematiksel bir perspektiften hareketle, yalın gözle görünen durumun aksine yerkürenin aslında güneş etrafında döndüğünü belirten Kopernik’i destekleyici savlar ileri sürmesi üzerine, çok geçmeden kilisenin kovuşturmasına uğrayacak ve gönülsüzce bu görüşünü geri alacaktı.

Francis Bacon her ne kadar Galileo’nun doğayı anlama yönteminin meziyetlerini övse de, bilgiye karşı geliştirilmiş olan bilimsel yaklaşım belirsizdi. Varlıkların hiyerarşisine

ilişkin kilise öğretisi, Shakespeare’de karşımıza çıkan büyü-
l  dünya görüşüyle birlikte, şeylerin düzeni ve insanlığın
kozmostaki yeri konusunda başat anlayışı oluşturmaktaydı.
1600’de gölgeler altında varlığını sürdüren anlayışın elli yıl
içinde zamanla modernlik olarak bildiğimize yeni kültürel
yönelime temel oluşturuncağını kim tahmin edebilirdi ki?
Galileo’nun gözlem, ölçüm ve matematiksel ilişkiler y nte-
mi, diğ r bilgi sistemlerinin parçalanmasıyla ve Otuz Yıl Sa-
vaşı’nın yıkımıyla bütün kesinliklerden sıyrılmış bir kültüre,
doğ  hakkında güvenilir bilgiler sundu. Isaac Newton, d n-
yayı döndüren kuvvet olarak aşkın yerini kütleçekiminin al-
dığı gezegen devinimi teorileriyle bütün kuşkucları, anla-
maya giden yolun bilimden geçtiğine inandıracaktı.

Şimdi başka bir kültürel sınıra varmış durumdayız. On
yedinci yüzyıldan, artık geride bırakıp başka bir kültürel
döneme girmekte olduğumuz modern çağı geçişin kestirile-
mezliğı göz önünde tutulduğunda, önümüzdeki elli yılda bi-
zi nelerin beklediğini öngörmek abes gibi görünüyor. Ne var
ki, öngörülmesi mümkün olmasa bile, uygun geçişi kolay-
laştırma açısından beklenmedik gelişmelere hazırlanmanın
bir yolu vardır. Bu da elinizdeki kitapta yer alan denemeler
derlemesinin  nerdiğinin tersini yapmayı gerektirir. Şimdiki
durumu incelemek ve özellikle karanlıkta kalan, henüz yeni
g n şliğına çıkmaya başlayan yönleriyle olabildiğince eksik-
siz öğrenmek amacıyla odağımızı önümüzdeki elli yıldan  e-
virmemizin doğru olacağı görüşündeyim. Nereye doğru git-
tiğimizi bilmesek bile, yaratıcı bir şekilde beliren bir gelece-
ğ  doğru yolu el yordamıyla bulmamız ancak o zaman
mümkün olabilir.

Görünen

Günümüzde apaçık öne çıkan şey, esas ilkeleri öngörü, denetim, buluşçuluk, güdüm ve büyümeye dayanan bir küresel kültür yaratmış olan bilim, teknoloji ve iş hayatı arasındaki güçlü ittifaktır. Bu ilkelerin temelinde ise Francis Bacon'ın doğayı anlamanın ve bu bilgiyi insanlığı kölelikten kurtarmak amacıyla kullanmanın yolu olarak savunduğu rasyonellik ve iktidar yatmaktadır. Bu strateji şimdiye kadar olağanüstü iyi işlemiş bulunuyor. Bilimsel bilgileri uygulama ve kapitalizmin itici gücü büyüme motoruyla sağlanan zenginlik ve mal üretimi sayesinde, bütün insanları açlık ve yoksulluktan kurtaracak araçlara gerçekten sahibiz. Gelgelelim, işler pek de öngörülen sonuçlara varmış değil. Dünya nüfusunun gittikçe artan büyük bir kesimi hâlâ açlık ve yoksulluk çekiyor; tarımsal alanlar ve doğal kaynaklar gittikçe artan bir hızla tahrip oluyor; toprak, deniz ve hava kirliliği gezegendeki bütün yaşamı etkiliyor; fosil yakıtların yol açtığı küresel ısınmanın bir sonucu olarak atmosfer gittikçe daha çalkantılı bir yapıya bürünüyor; canlı türleri Permiyen Dönem'in yok oluş sancılarında ve Kretase Dönemi'nin sonundan beri görülmemiş bir hızla soyca yok oluşa doğru gidiyor; mal ve hizmetlerde kurlsız küresel ticareti dayatan ulusötesi örgütlerin ortaya çıkmasıyla birlikte, ulus-devletlerin kendi yurttaşlarını koruma gücü azalıyor. Enformasyon teknolojimizin olağanüstü büyümesi, yatırım ve sermaye hareketi kararlarının piyasaları istikrarsızlığa düşürebildiği ve hatta hükümetleri yıkabildiği koşullar yaratmış bulunuyor. Hava durumundaki artan kaos yaygın siyasal kaosa yansıyor; görüldüğü kadarıyla siyasette gele-

neksel söylem istikrar ve güvenliği sağlamada güçsüz kalıyor –üstelik modernliğin armağanı olan bilim ve teknolojinin bize öncelikle sunmuş olduğu şeyler bunlarken. Beklenmedik bir sonuçla, Otuz Yıl Savaşları’ndan çok daha tehlikeli bir Karanlık Çağ’a savrulmuş durumdayız; çünkü çözümler artık küresel.

Bütün bu belirtiler son derece açık. Şimdiki duruma ilişkin böyle bir görüntüyü ufukta bekleyen bir kıyamete veya mevcut eğilimler arasındaki yeni uyumlara ve ittifaklara dayalı daha parlak bir gelecek yönündeki bir dönüşüme yorabiliriz. Her iki yorumda da bulunacak değilim; bunun yerine şimdiki durumumuzun daha az görünen, ama ipuçları veren veçhelerini saptamaya çalışacağım. Amacım önümüzdeki elli yılı açıklamak değil; daha ziyade kesin tanımlanmış bir gelecek vizyonuna bağlı kalmaksızın, şu anda belli belirsiz mevcut olan ve yaratıcı girişimi harekete geçirebilecek olan şeyleri görmek.

Görünmeyen

Bir bilimci olmam ve bilimin geleceğimize önemli katkıda bulunmaya yatkınlığı nedeniyle, sahneye çıkacak olaylarda olası bir etmen olarak bilim camiasının kulisinde gizlice bekleyen şeyler üzerinde duracağım büyük ölçüde. İlk öyküm, dünyanın güneş etrafında döndüğü yolundaki sapkınlığa verdiği desteği geri çekmesine yol açan kilise yüzünden Galileo’nun düştüğü durumu çağrıştıran özellikler taşıyor. Dünya dışı hayatla ilgili konularda NASA bünyesinde çalışan bilimci/mucit James Lovelock 1960’larda, dünyanın atmosfer bileşiminin bize canlı organizmalar ile içinde yer al-

dıkları inorganik ortam arasındaki ilişkiye dair köklü bir Şeyi anlatacak Şekilde dünyayı diğ r gezegenlerden ayırt ettiğ  yolunda bir kavrayışa vardı. *Nature* adlı bilim dergisine yazdığı bir makalede, hayatın kök saldığ  gezegendeki verili koŐullara sırf uyum sağlamakla kalmadığını, kendi varlığını kalıcılaŐtırmak üzere bu koşulları deėiŐtirdiğ nı ve kararlı hale getirdiğ nı ileri sürdü. Mikropların gezegen koşullarını değiştirme gücü  zerine Lynn Margulis'in yürüttüğü çalışmaların sonucundaki biyolojik kanıtlarla desteklenen ve geniŐletilen bu kavrayış, Lovelock ve Margulis'in 1974'te *Tellus* dergisine birlikte yazdığı bir makaleyle Gaia hipotezi olarak bilim dünyasına sunuldu. Yazıda sağlam kanıtlara dayanan, ama Eski Yunan toprak tanrıçasının kisvesine büründürülen bilim söz konusuydu. Peki, bilim camiası bundan nasıl bir anlam çıkardı? Hipotezi dış karanlığ a fırlatıp attı. Neden? Çünkü Lovelock ve Margulis ortodoks bilimin sadece bir değil, iki ilkesini  iğnemiŐti. Birinci ihlal evrimin Darwinci ilkelerle uyuŐmayan temel ve heler taŐıdığ nın ileri s r lmesiydi; Gaia hipotezine göre, hayat sırf yeryüzündeki verili koŐullara uyum sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hayata uyumlu olmalarını sağlayacak Şekilde bu koşulları değiştirir. Sözgelimi, mikroplar sıcaklığın mevcut hayatın sürmesine elverecek sınırlar içinde kalması için atmosfer bileŐimini (CO_2 , CH_4 , NH_3 , O_2) deėiŐtirebilir. Böylece bütün dünya, tıpkı bir organizmanın yaptığı gibi, kendi hayati deėiŐkenlerini düzenleyen bir canlı sistem olarak görülebilir.

 kinci ihlal hipotezde "Gaia" teriminin kullanılmasıydı; bizzat dünyanın bilime göre gezegen devinimini yerine getiren k r ve mekanik bir süreçler dizisinden ziyade bir tür canlı olduğ  yönünde örtük bir ifadeydi bu. Tanrıça biçimindeki bir dünya imgesi, yeryüzündeki doğal kaynakların

talan edilmesini ve (örneğin) aşırı fosil yakıt tüketimine bağlı toprak, deniz ve hava kirliliğini protesto eden çevre eylemcileri için özellikle güçlü bir araçtı. Gaia imgesi birçok kişinin gezegenimizin başına geçmişte ve şimdi getirdiğimiz şeylerin farkına varınca kapıldığı keder ve öfke duyguları için bir odak sağlamaktaydı.

Gaia'nın başta gelen savunucusu Lovelock, hipotezindeki sapkınlıklardan dolayı bilim kilisesinden fiilen aforoz edildi. Buna ilk sapkınlığına ilişkin sıkı bir savunmayla karşılık verdi. Darwin'in doğal seçilim ilkesinin evrim mekanizmalarından biri olduğunu kabul etmekle birlikte, hayatın değişime ayak uydurmanın yanısıra yeryüzündeki koşulları değiştirdiği görüşünde diretti. Günümüzde bu ilkeyi benimsemiş olan bilim camiası, Lovelock ve Margulis'in ortaya koyduğu dünya evrimine ilişkin geniş resmi nitelendirmek için "Yer sistemi bilimi" terimini kullanıyor. Ama bu benimseme bir bedelle sağlandı: Lovelock dünyanın gezegendeki hayatı gözetici niyet ya da amaç taşıyan bir niteliğe sahip olduğu yönündeki çıkarsama açısından geri adım attı—bir tür animizm sayılan bu anlayış bilimde kesinlikle yastaktır. Eğer kültürümüzün bir yerinde varlığını sürdürüyorsa, en koyu gölgede duruyordur.

Cansız mı, Canlı mı?

Animizm, yani kainattaki herşeyin bir anlamda canlı olduğu görüşü sadece bilimden çıkarılıp atılmış değildir; kültürümüzdeki genel inanç sisteminin de dışındadır. Bir süre önce Santa Fe Opera Orkestrası'ndaki usta bir flütçüyle, mesleğini icra ederken yanında yedi flüt taşıyan Navaho Yerlisi

bir flütçüden öğrendiğim şeyleri konuşuyordum. Yerli adam bana her bir flütün farklı ses rengi ve ifade biçimi niteliklerini göstermişti. Kuş ötüşünü andıran sesini özellikle güzel bulduğum bir tanesini parmağımla işaret ettiğimde, aleti tekrar çalmış ve daha sonra kendi kültüründe bir flütü parmakla işaret etmenin kaba bir davranış sayıldığını kibarca açıklamıştı –aynen bir kişiyi parmakla göstermenin terbiyesizlik olduğunu öğrendiğimiz gibi. Onlara göre böyle bir davranış kabaydı, çünkü her flütün bir ismi ve bir kişiliği vardı; flüt aslında canlı bir varlıktı. Opera orkestrasının flütçüsü inanmaz bir tavırla bana baktı. “Ciddi miydi?” diye sordu. Kendi flütünü ne kadar severse sevsin, onun için hiçbir anlamda canlı değildi.

Animizm Batı dünyasının bilimsel dünya görüşü için neden bu kadar tehdit edici? Bilimin diyalektiğinin bu bakış açısını yeniden günışığına çıkarmaya başladığını gösteren bir belirti var mı acaba? Eğer öyleyse, bu dirilmenin gelecekteki önemi ne olabilir? Bilimimiz kozmosun esası olan enerjinin/maddenin cansız, yani her türlü sezginlikten yoksun olduğunu ısrarla belirtir. Galileo bu dersi Yunan atomcularından öğrenmişti: Atomlar ve boşluk dışında hiçbir şey yoktur. Şeylere bu bakış tarzı dünyanın birçok veçhesini incelememizi ve doğanın gerek cansız, gerekse canlı değişik fenomenlerinin temelinde yatan süreçlerin niteliğini kavrama yönünde en olağanüstü görüşleri geliştirmemizi sağlamıştır. Dahası, bize çarpıcı bir teknoloji yelpazesi vermiştir. Bu öğrenme yolu işe yarar ve güvenilirdir. Temel önerme şudur: Doğanın nicel olarak belirlenebilen, ölçülebilen ve tercihen davranış düzenliliklerini tanımlayıcı matematiksel ilişkilere dökülebilen veçheleri, dünyaya ilişkin tek kesin ve nesnel bilgiyi sağlar. Bir susamurunun neşeli oyunbazlığı, bir man-

zaranın güzelliği ya da bir arkadaşın canlılığı gibi fenomenleri nicel değil, nitel açıdan tanımladığımızda, gözlemlediğimiz şeye ilişkin kişisel görüşümüzü ifade ederiz. Oyunbazlık, neşe, güzellik ve canlılık nicel ölçüye vurulamayan niteliklerdir; bu nedenle fenomenlerin güvenilir tanımları için bir temel olarak kullanılamazlar. Bunlar pekala, bilimsel tanım yapmak amacıyla kullanılabilecek olan nicel veçhelerle sahip olabilir; ama bizzat nitelikler bilimin dışında kalır ve öznel deneyim alanında yer alır. Bir flütün canlı olduğunu ve parmakla işaret edildiğinde incitilebilecek duygular taşıdığını söylemek, bu perspektife göre (mecazi anlam dışında) hiçbir anlam taşımaz. Bir flüt düpedüz cansızdır, her türlü deneyimden yoksundur.

Bilinç Nereden Gelir?

Yakın dönemde bilim gündemine giren konulardan biri bilincin kökeni ve niteliğidir. Bilincin başlıca veçhelerinden birinin duygu olduğu apaçıktır; düşüncelerimizle birlikte duygularımız duyarlı olma halimizin içeriğini oluşturur. Duygular acı, haz, mutluluk duyma hallerinde olduğu gibi kendimizle veya ağlayan bir çocuk, yaralı bir hayvan, ölen bir ağaç gördüğümüz hallerde olduğu gibi dış dünyayla ilgili olabilir. Bu bakımdan “Bilinç nereden gelir?” sorusunun içinde “Duygular nereden gelir?” sorusu yer alır. Bilimde vermek zorunda olduğumuz cevap, duyguların sinir sistemleri gibi belirli bir karmaşıklık ve düzen düzeyindeki sezgin maddenin belirgin bir dinamik düzenlenişinden doğduğudur. Yani, duygularımız başlı başına duygu ya da sezgi diye nitelendirilebilecek bir şeyin en ufak izini taşımayan bir şey-

den beliren özellikler olarak ortaya çıkar. İşte burada bir sorunla karşı karşıyayız.

Karmaşık sistemlerde, beliren özellikler için verdiğimiz birçok örneğin hepsinde bir biçimiyle beliren özelliğin belirtileri vardır. Sözgelimi, bir karınca kolonisinde kraliçenin ve yavruların bakımını üstlenen arıların ritmik davranışı bir “beliren özellik” olarak nitelendirilebilir. Çünkü tek tek karıncaların aslında kaotik olan hareketlerinde ve birbirlerini kızıştırmalarına yol açan etkileşimlerinde bu düzenli davranışın ortaya çıkacağını öngöremeyiz. Bununla birlikte, ritmik davranış gerçek hayattaki kolonilerde gözlemlenen bir şeydir ve bu davranışın simülasyonunu sağlayan bilgisayar modellerinde de ortaya çıkar. Bu beklenmedik düzen böyle dinamik halde örgütlenmiş sistemlerde tutarlı şekilde doğar.

Kuluçka bölmesinde karıncaların kolektif ritminin dinamik belirtisi nedir? Tek tek karıncaların hareketlilik/hareketsizlik kalıbıdır. Bu kalıp terimin teknik anlamında kaotiktir: Tercihli periyodiklik yoktur. Ne var ki, kaos ritmik bileşenlerin karmaşık bir kalıbından oluşur; bu bakımdan karıncaların kızıştırmayla etkileşime girdikleri durumlarda, tercihli bir ritmin belirdiğini tasavvur etmek zor değildir. Burada yoktan bir şeyin elde edilmesi gibi bir mucize yoktur. Doğa tutarlıdır. Ne olup bittiğini bir kez gördük mü, bir sistemin parçalarının davranışı ve aralarındaki etkileşimlerin kalıbı çerçevesinde fenomenden anlam çıkarabiliriz. Bu saptama katı hal fiziğinin yanısıra biyolojide gördüğümüz beliren davranışın birçok örneği için geçerlidir.

Buna karşılık, duyguların duygu diye nitelendirdiğimiz bir şeyin en ufak izini taşımayan maddeden doğduğu doğruysa, sahiden de yokluktan bir şey elde etmiş oluruz. Bu bana bir mucize gibi geliyor. Bir bilimci olarak, maddeye bir

biçimiyle azıcık duygu ya da sezgi koymayı ve belirli şekillerde örgütlenmiş sistemlerde çoğalmasına fırsat vermeyi tercih ederim –Alfred North Whitehead (*Process and Reality* [Süreç ve Gerçeklik], 1929), Charles Hartshorne (*Whitehead's Philosophy* [Whitehead'in Felsefesi], 1972) ve David Ray Griffin (*Unsnarling the World-Knot: Consciousness, Freedom and the Mind-Body Problem* [Dünyanın Düğümünü Çözmek: Bilinç, Özgürlük ve Zihin-Beden Sorunu], 1998) gibi felsefecilerin yazılarında geniş biçimde irdelenmiş bir görüştür bu.

Bir Nitelik Bilimi

Bunun bizi nereye götürdüğünü görebiliyorsunuz. Birincisi, maddede gerçekten de duygu ya da sezgi vardır; bu nedenle animizm pek de yanılığa düşmüş değildir. Ama bilimin daha yeni değişmeye başlayan başka bir veçhesi de söz konusudur. Duygular ve nitelikler konusunda böyle bir perspektifi çok daha ileriye taşıyan bu değişim niteliklerin konumuyla ilgilidir. Bir hayvana bakarken asabi, taşkın ya da dalgın olduğu sonucuna vardığımızda, sırf kendi duygularımızı hayvana yüklediğimiz, bizzat hayvandaki bir deneyimi gözlemlediğimiz kanıtlar var artık. Bu kanıtlar aynı hayvana bakan farklı insanların değerlendirmelerinde yüksek derecede bir mutabakata vardıklarını ortaya koyan davranış bilimi uzmanı Françoise Wemelsfelder ve meslektaşlarının yürüttüğü çalışmalardan çıkmıştır. Bilim böyle bir mutabakata dayanır –gözlemlenen şeyin sırf öznel değil, gerçek ve nesnel konuma sahip olduğu sonucuna götüren mutabakat. Gelişmekte olan şey bir “nitelikler bilimi”, bilim cami-

asının geçmişte bilim alanının ötesinde saydığı böyle değerlendirmeler üzerinde mutabakata varmayı sağlayacak bir yöntemdir.

Daha önce belirtildiği gibi, niceliklere dayalı mevcut bilimimiz bize gezegenimizin bütün sakinlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek kadar mal üretme becerisini sağlamıştır; ama bizi dünya genelinde hızla gerileyen bir nitelikte karşı karşıya bırakmıştır. Mevcut bilimin gölgesinde, nitel değerlendirmeyi günlük hayatımızdaki, yani yargıların nicelik kadar niteliğe de dayandığı alandaki yerine tekrar çıkaracak bir nitelikler biliminin bileşenlerini görmek mümkündür. Bu gelişmenin yanı sıra, hangi biçimde olursa olsun, duyguların sırf bize değil, doğanın geri kalan kesimine de özgü olduğunun kabulü bize bilimsel bilgi, teknoloji, kurumsal ve siyasal girişim açısından çarpıcı düzeyde dönüşüme uğramış bir olanaklar dizisi sunuyor.

Bilimsel perspektifte bu ölçekte bir değişim öyle bugünden yarına gerçekleşecek bir şey değildir –hatta hiç gerçekleşmeyebilir de. Böyle bir değişim temel düzeyde, insan bütünlüğünü sağlamak üzere bilim dallarının ve güzel sanatların birleştirileceği, bilimsel ve teknolojik karar alma süreçlerinde sivil toplumun bütün mensuplarının katılımının zorunlu kılınacağı ve bilginin sorumlu edimle tekrar bir araya geleceği yani yeni eğitim biçimlerini gerektirir. O noktaya varıldığında, şimdi yaşadığımız zaman dilimi gerçekten de bir Karanlık Çağ olarak görülecek –ama dönüşüm tohumlarının halihazırda varolduğu ve deyim yerindeyse Gaia tarafından beslenmek üzere dünyanın gölgesi içinde yattığı bir Karanlık Çağ.

BRIAN GOODWIN İngiltere'nin Dartington kasabasındaki Schumacher College'da biyoloji profesörüdür ve bütünsel bilim alanında bir yüksek lisans programının eşgüdümünden sorumludur. Ayrıca Santa Fe Enstitüsü'nün bir üyesidir. *Temporal Organization in Cells* [Hücrelerde Geçici Düzen]; *Analytical Physiology of Cells and Developing Organisms* [Hücrelerin ve Gelişen Organizmaların Analitik Fizyolojisi]; *How the Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity* [Leopar Yaşam Biçimini Nasıl Değiştirdi: Karmaşıklığın Evrimi]; *Form and Transformation: Generative and Relational Principles in Biology* [Biçim ve Dönüşüm: Biyolojinin Üretken ve İlişkisel İlkeleri] (Gerry Webster'la birlikte) ve *Signs of Life: How Complexity Pervades Biology* [Yaşam Belirtileri: Karmaşıklık Biyolojiye Nasıl Nüfuz Eder] (Ricard Solé'yla birlikte) gibi kitapları vardır.

MARC D. HAUSER

Değiştokuş Edilebilir Zihinler

ř öyle tuhaflikları gözünüzün önüne getirin: Bir parça bıldırcın beynine sahip bir tavuk, kafasını bir bıldırcın gibi eğiyor, ama bir tavuk gibi gıdaklıyor. Parkinson hastalığı yüzünden tekerlekli sandalyeye mahkum olmuş yetmiş yaşında bir adam, bir domuzdan bir parça beyin alıyor ve domuza ait özelliklerin hiçbir emaresini göstermeksizin, hemenecik dışarıya çıkıp golf oynuyor. Bu örnekler Douglas Adams tarzında bilimkurgu değil, bilimsel olgu. Günümüzde sadece aynı türün bireyleri arasında değil, türler arasında da beyin dokusu değiştokuş edebiliyoruz. Önümüzdeki elli yılda böyle ince bir nörobiyoloji, beyne ilişkin anlayışımızda –gelişimi sırasında nasıl donatıldığı ve zaman içinde nasıl bir evrim gösterdiği konusunda– bir devrim yaratmış olacak. Beyin hakkında sürekli daha fazla şey öğrenmemiz, sonuçta başka bir hayvan türü olmanın nasıl bir şey olduğuna dair daha fazla şey öğrenmemizi sağlayacak. Ama bu devrimin bilimsel ve etik sonuçlarına daha yeni kafa yormaya başlıyoruz.

Başka bir canlının yerinde olmak nasıl bir şey olabilir? Felsefeci Thomas Nagel'in "Bir Yarasa Olmak Nasıl Bir şeydir?" (*The Philosophical Review* LXXXIII, Ekim 1974, s. 435-50) başlıklı ünlü makalesinde resmen dile getirdiğı bu

soru, genel olarak hayvanların zihinsel yaşamıyla, spesifik olarak da öznel deneyimleriyle, duygularıyla ilgilidir. Bazılarına göre, en azından mevcut bilimsel araçlarla, böyle deneyimleri izlemek düpedüz olanaksızdır. Bazılarına göre ise, bu güç bir sorun olmakla birlikte, bilimin erim alanı içindedir. Ortada bir örnek olduğunda böyle konuları konuşmanın daha kolay olması nedeniyle, bir örnek vereyim.

1960'ların ortalarında, iki grup uzman başka bir maymunun elektrik şoku aldığını görünce nasıl tepki göstereceklerini incelemek üzere makak maymunları üzerinde deneyler yapmaya başladılar. Aşağı yukarı aynı sıralarda, sosyal psikolog Stanley Milgram otoriteye nasıl tepki verdiklerini görmek üzere insanları test etmeye yöneldi; testin amacı özellikle bir otorite figürünün başka bir insana elektrik şoku verme talimatına uyup uymayacağını saptamaktı. Makak deneylerinin birinde, bir maymun günlük yemek tayını elde etmek için manivela kollarını çekecek şekilde eğitildi. Maymunun bu işi öğrenmesinden sonra, bitişik bir kafese ikinci bir maymun kondu. Artık birinci maymun ne zaman kolları çekse, diğer maymuna şiddetli bir şok veriyordu. Şaşırtıcı bir gelişmeyle, birinci maymun kolları çekmeyi bıraktı; hatta kolları çalıştırmamasının günlük yemeğinden yoksun kalmayı getirmesine karşın, bu tutumunu birkaç gün sürdürdü. Kendisi açlık çekiyordu, ama gariban komşusu şoktan kurtulmakla bundan yarar görüyordu. Kolların başındaki maymunların bu kolları çekmekten kaçınmaya olan yatkınlığı, diğer maymunun tanıdık bir kafes arkadaşı olması durumunda, hedefteki deneğin yabancı bir maymun ya da tavşan gibi başka bir türün mensubu olması durumuna oranla daha yüksekti. Son olarak, daha önce bizzat elektrikli iskemlede bulunmuş ve bir şoku yaşamış bireyler, böy-

le bir tecrübeden geçmemiş maymunlara oranla, elektrik vermekten daha uzun süre kaçınıyordu.

Milgram'ın insanlar konusunda vardığı ve 1983'te çıkan *Obedience to Authority* [Otoriteye İtaat] kitabında canlı bir dille anlattığı taban tabana zıt sonuçlar ışığında, makak maymun deneyleri özellikle çarpıcıdır. Beyaz laboratuvar önlüğü giymiş deneyci gibi bir otorite figürü, başka bir kişiye şok vermek üzere bir deneğe bir kolu çekme emrini verdiğinde, diğer kişinin –gerçek tehlike altında olmayan bir aktörün– dramatik bir tavırla “şok”a tepki göstermesine rağmen, denek defalarca bu işi yapmıştı. Eğer bir Marslı yeryüzüne inip bu iki deneyi seyretmiş olsaydı, makak maymunlarının empati kurduğu, insanların ise bunu yapmadığı sonucuna varmak zorunda kalacaktı. Görünüşe bakılırsa, makak maymunları acı çeken başka birinin yerinde olmanın anlamını biliyor; buna karşılık insanlar ya bilmiyor ya da düpedüz umursamıyor. İnsanların başkalarını umursayabildiğini, onlarla empati kurabildiğini ve başka bir kimse için bir duygusal deneyimi yaşamanın ne demek olduğu üzerinde bilinçli olarak düşebildiğini biliyoruz elbette. George Eliot'un dokunaklı *Adam Bede* (*Aşkın Bedeli: Adam Bede*, çev: Adil Demir, İstanbul: Kastaş Yayınları, Kasım 2003) romanını okumuş olanlar, Adam'ın karşılıksız aşkı Hetty'yi görünce hissettiği şeyleri rahatlıkla hissedebilir. Aşağıdaki pasaj herhalde meramımı anlatmaya yeter:

Bu kızarış [Adam'ın] yüreğinin yeni bir mutlulukla çarpmasına yol açtı. Hetty daha önce onu gördüğünde hiç böyle kızarmamıştı. “Seni ürküttüm,” dedi Adam, söylediği şeyi belirtmeyen hoş bir anlamda; çünkü Hetty onun kadar duygulanmış gibiydi.

Makak maymunlarının diğerleriyle empati kurduğu ve onların esenliğini umursadığı sonucuna varmak çekicidir ve deneyler sanki bu hususu destekler niteliktedir. Ama alternatif yorumlar da vardır. Kolu çeken maymunlar karşıdakinin şoka tepkisini belki nahoş bulmuştur; tiksindirici durumlarda bireyler yaptıkları işi bırakır. Maymunlar belki misillemeden çekinmektedir; yani, daha sonra elektrik iskemlesine oturtulabilecekleri ve yardımseverlikten pek nasib almamış birinin insafına kalabilecekleri endişesi içindedir. Eğer durum böyleyse, kolları çekmekten kaçınma tutumunda empati değil, bencillik devreye girmiştir. Hangi yorum doğru olursa olsun, bu deneyler sosyal bağlama son derece keskin bir duyarlılığa işaret ediyor; maymunların duygulara ve gayelere sahip olduğunu, bunlara göre davranabildiğini gösteriyor. Böyle bilgileri hayvan zihnine dönük çalışmalar ile hayvan gönencini geliştirme çabaları arasında bir bağlantı kurmak için kullanabiliriz.

Bir hayvanın ihtiyaçlarını, arzularını ve gayelerini nasıl ortaya çıkarabiliriz? Onlara gerekli özeni göstermemiz açısından, bu önemli bir bilgidir. Keşke Hugh Lofting'in Dr. Dolittle tipi kurmaca olmasaydı ve tıpkı onun gibi, hayvanlarla konuşabilseydik! Ancak, böyle bir hasbıhalin yerini tutacak oldukça iyi bir araç var. Bu iş canlı türüne özgü davranışlara dönük dikkatli gözlemlerle başlıyor ve daha sonra iktisat araçlarını ödünç olarak, bir bireyin istediği şeyi elde etmek için ne bedel ödeyeceğini sormaya dayanıyor. Çiftlikte yetiştirilen vizonlar üzerinde yakın dönemde yapılmış bir çalışmayı ele alalım.

Vizon çiftçileri kendi hayvanlarının tatmin edici koşullarda yaşadığına inanıyorlar. Bu durumda "tatmin edici" ibaresi "sağlıklı bir yaşam sürmek için gerekli bütün şeyleri

sağlayıcı” gibi bir anlama geliyor. Vizon yaşamına ilişkin bu görüşe katılmayanlar, “sağlıklı” sıfatının yeterli besin ve su ile bariz sağlık sorunu belirtilerinin yokluğu anlamına geldiği fikrini sorguluyor. Masa başında ahkam kesmenin bu tartışmaya getireceği bir yarar yoktur; ama canlı bir deney bunu sağlar. Cambridge niversitesi biyologlarından Georgia Mason ve meslektaşları, vizonları aynen vizon çiftliklerindeki koşullara sahip ayrı kafeslere koydular: Bir yuva kutusu, içme suyu ve yiyecek. Bütün hayvanların haz peşinde koştuğu, iyi şeyler elde etmeye ve kötü şeylerden kaçınmaya yöneldiği varsayımından hareketle, her vizona yedi alternatif bölme arasında bir seçim şansı da sunuldu. Bölmelerin her biri bazı benzersiz özelliklerle ilişkilendirilmişti: Su dolu bir havuz, yüksek bir seki, tuhaf nesneler, ikinci bir yuva yeri, bir tünel, oyuncaklar ve ilave alan. Bu bölmelere girebilmek için, vizonların denk düşen kapıyı itip açması gerekiyordu; izleyen günlerde, açılmayı güçleştirmek üzere yedi kapıya da ağırlıklar iliştirildi. Deney bireylerin istedikleri şeyler için bedel ödemesini gerektiren bir kapalı ekonomi simülasyonu üzerine kuruluydu. Bu tür deneylerin temelinde yatan kilit sezgi, hayvanların sadece istedikleri şeyler için değil, can alıcı bir husus olarak, ihtiyaç duydukları şeyler için daha fazla bedel deyebilecekleridir.

Vizonlar ana kafeslerinden serbest bırakıldıklarında, şaşmaz biçimde havuzlu bölmeyi seçtiler, zamanlarının çoğunu bu bölmede geçirdiler ve bunun için en büyük bedeli dediler. Dahası, kortizol olarak bilinen bir stres hormonu seviyeleri ölçüldü ve havuzdan yoksun kalma durumunda yiyecekten yoksun kalma durumundaki kadar yüksek olduğu saptandı. Vizonlar ne istiyor? Havuz. Niçin? Çünkü doğal habitatlarında hatırı sayılır bir zamanı yüzmek ve su

canlılarını avlamak üzere suda geçiriyorlar. Sonuç: Çiftlikte yetiştirilen vizonlara “sağlıklı yaşam” sunmak amacıyla, vizon çiftçilerinin cüzi bir geliri onlara küçük havuzlar satın almaya ayırmaları gerekiyor. Havuzsuz vizonlar yiyecekten mahrum bırakılmış vizonlar kadar strese giriyor. Akıllı başında hiçbir çiftçi onları yiyecekten mahrum bırakmayı düşünmeyeceğine göre, ne diye bir havuzdan mahrum bıraksın ki? Bunun ekonomik ya da etik bir anlamı yok.

Makak maymunu ve vizon deneyleri, bilimin hayvan duygularını nasıl açığa çıkarabileceğini ve böyle bilgileri yararlı pratik amaçların hizmetine nasıl koşabileceğini gösteriyor. Ama genetik ve beyin bilimlerindeki son gelişmeler göz önünde tutulduğunda, anlatılan teknikler kaba sayılır. Artık genler ekleyerek ya da silerek bir hayvanın genomunu değiştirebildiğimize ve ayrıca beyninden parçalar çıkarabildiğimize ya da yerine başka parçalar koyabildiğimize göre, sorabileceğimiz ve cevap alabileceğimiz olası soruların yelpazesi çok geniş. Potansiyel etik ikilemlerin yelpazesi de öyle. Yakın dönemde akıllı ya da (TV yıldızı harika genç Doogie Howser’dan dolayı verilen adla) “Doogie” farenin yaratılışını ele alalım. Bu fareler bellek oluşumunda önemli bir rol oynayan NR2B adlı bir genin ekstra kopyalarının eklenmesiyle genetik bakımdan düzenlenmişti. Ekstra genlere sahip fareler kontrol deneklerinden daha akıllı sayılıyordu; çünkü nesneleri ayırt etmeyi, tiksindirici bir uyarıya tepki vermeyi ve gizli bir rampayı bulmayı daha hızlı öğreniyorlardı. Artan bu becerilerin bildiğimiz zekanın esasını oluşturup oluşturmadığı elbette tartışmaya açıktı. Bununla birlikte, sonuçlar gen manipülasyonu ile sağlanmış gibi görünen bir performans farklılığını göstermekteydi. Daha yüksek bilişsel işleyiş genetiğine ilgi duyanlar için, böyle sonuçlar ol-

dukça hayret vericiydi. Sadece bu alandaki teknolojik ilerlemenin gücünü ortaya koymakla kalmıyor, özellikle insandaki tıbbi bozuklukların tedavisinde uygulamalı amaçlar için kullanılabilecek genetik mühendisliği türlerini de gözler önüne seriyordu. Örneğin, beyinde bellekle ilişkili alıcıların sayısını arttırma yoluyla, Alzheimer hastalarında yıkıcı hafıza kayıplarını geri döndürmek teorik olarak mümkündü.

Fakat Doogie faresindeki bulguların uyandırdığı heyecan gerek genlerle, gerekse beyinle oynamanın potansiyel tehlikelerini ortaya koyan başka bir deneyin sonuçlarıyla yatışmış bulunuyor. Doogie faresinin yaratılışından iki yıl sonra, bilim camiasına bu şekilde akıllı olmanın öngörülmemiş bir yan ürünü sunuldu. Bu yan ürünün etkisini en iyi ifade eden şey atletlerin kullandığı “acı olmadan başarı olmaz” deyimidir. Normal akranlarından farklı olarak, Doogie faresinde akut ağrı daha uzun sürer. Bu sonuçtan çıkarılacak önemli dersler vardır. Genetikçi Richard Lewontin’in İnsan Genomu Projesi’ni eleştiren *The Triple Helix: Gene, Organism and Environment* [Üçlü Helis: Gen, Organizma ve Ortam] kitabında belirttiği gibi, genlerin içinde yaşadığı karmaşık gensel ve çevresel bağlamları kavrayabilmemiz için, genler ve davranış arasındaki nedensel ilişki konusunda naif sonuçlar çıkarmaktan kaçınmalıyız. Karşımızda genetik bir karmaşa duruyor. Bir geni çıkardığımızda, yerine başka bir şey koyduğumuzda veya kopyasını yaptığımızda, sonuçlara ilişkin ancak bilgiye dayalı –yani istatistiksel-tahminlerde bulunabiliriz. Bundan genetik ya da beyin manipölasyonlarının değersiz olduğu anlamı çıkmaz; tam tersine, böyle teknolojilerin yepyeni buluşlar ve içgörüler yönünde bir ufuk açması yüksek bir olasılıktır. Ne var ki, böyle bulgularla birlikte, komplikasyonlarla ve güçlüklerle karşı-

laşmaya da hazırlıklı olmalıyız.

Öğrencilerimden şu zihin jimnastiğini yapmalarını sıklıkla isterim: Eğer gönüllü bir hayvan alıcısından belirli bir parçayı alarak, geri dönülebilir (özgün parçaları tekrar noksansız edinme anlamında geri dönülebilir) bir beyin nakli ameliyatı geçirme fırsatınız olursa, hangi canlı türünden hangi parçayı seçersiniz? Yıllardır öğrencilerim listelerinin en başına şu üçünü yerleştirmiştir: Bir köpeğin koklama duyusu soğancığı, bir yarasanın işitme duyusu korteksi ve bir kartalın görme duyusu devreleri. Bu zihin jimnastiğinde ince bir tuzak kurulmuştur. Her ne kadar teknoloji bu korteks bölgelerinin eklenmesine olanak verse de, gerçek anlamda bir köpek gibi koklamak, bir yarasa gibi işitmek ve bir kartal gibi görmek için başka bir şeye gerek vardır. Bu başka bir şey (bir köpeğin harikulade burnu, bir yarasanın radar çanağı kulakları ve bir kartalın çifte çukurlu gözleri gibi çevrel organların yanısıra) yorumlayıcı bir sistemdir. Yeni takılmış bir köpek koklama sistemiyle, bir insan yüz metredeki bir yangın musluğuna bulaşmış miligram düzeyindeki idrarı saptayabilir; ama bu kokuyu bir insanın yaptığı şekilde yorumlar. Yoğunluğundan dolayı koku ona korkunç gelecektir –hiçbir insanın daha önce karşılaşmadığı keskinlikte bir koku.

Çoğu kez gözardı edildiğinden, beyin aktivitemizin bu yorumlama veçhesinin önemini vurgulamak istiyorum. Örnek olarak vereceğim bir felsefe paradoksu ve bir korku filmi bu noktayı açıklığa kavuşturacaktır herhalde. Mantıkta bir özdeşlik teorisi vardır. Buna göre, x ve y gibi çok parçalı herhangi iki nesneyi ele aldığımızda, eğer x 'in her parçası y 'nin bir parçasıysa ve y 'nin her parçası x 'in bir parçasıysa, $x = y$ olur. Bu özdeşlik anlayışına yöneltlen klasik itiraz,

Theseus'un ve Atinalı gemicilerin idaresindeki geminin durumudur. Gemi yelken açtığında yenidir. Aradan zaman geçmesi ve geminin yıpranması üzerine, gemiciler hasar gören kalasları yenileriyle değiştirir. Yolculuğın sonuna varıldığında, bütün özgün kalasların ve donanımın yerini yenileri almıştır. Paradoks şudur: Yolculuğu tamamlayan gemi, yolculuğa başlayan gemiyle aynı mıdır? Bu hâlâ Theseus'un gemisi midir? Cevap vermeden önce, bir de Roman Polanski'nin *Kiracı* filmine bakalım. Polanski filmde, Paris'in bir apartman dairesinde yaşayan halim selim bir dosya katibi olarak başrolü oynar. Dairenin önceki kiracısı intihar girişiminde bulunmuştur. Bu durum katibi kuruntulu bir paranoyaya sürükler ve benliğin unsurlarıyla ilgili retorik bir monoloğa girmesine yol açar: "Eğer kolumu kesersem, 'ben ve kolum' derim. Peki ama, eğer başımı kesersem, 'ben ve başım' mı, yoksa 'ben ve bedenim' mi derim?" Bu iki örnekte, yorumla ilintili güçlükleri şeffaflaştırıyor. Eğer bir kişinin koklama sistemini çıkarırsak ve yerine bir köpeğinkini ve hatta başka bir insaninkini koyarsak, o kişinin kimliğini değil, sadece kokuları duyumsama biçimini değiştirmiş oluruz (özellikle değiştokuş bir köpekle yapılmışsa). Bu yeni devreyi alan kişi hâlâ kokuya kendi yorumunu yükler. Ancak, öteki beyin parçaları söz konusu olduğunda, kimlik sorusunu her duruma göre ayrı bir düzeyde yöneltmeliyiz. Nörolog Antonio Damasio'nun bilinç üzerine son alışması *The Feeling of What Happens* [Olup Biten şeylerin Hissi] kitabında dile getirdiği gibi, beynin farklı kısımları benliğin uğradığı duruma ilişkin duyguya farklı etkilerde bulunur. Ünlü Phineas Gage vakasının açıkça gösterdiği üzere, değiştokuş edilebilir bazı kısımlar kimlikte büyük olasılıkla dramatik değişimlere yol açar. Toplumun alışkan ve saygı-

değer bir mensubu olan Gage'in alın lobu devresi, geçirdiği kaza sonunda hasara uğramış ve bu zedelenme onu artık tanınmayacak ölçüde her türlü ahlaki yargıdan yoksun bir kişiye dönüştürmüştü.

“Değiş tokuş edilebilir zihinler” sorununu daha ileriye götürmek üzere, nöroloji dünyasında elde edilmiş bazı çarpıcı yeni sonuçlara dayanan başka bir zihin jimnastiği yürütebiliriz. Nörobiyolog Miguel Nicolelis ve meslektaşları, bir baykuş maymununun beyninden alınma yüzlerce nöronun elektrik deşarjlarını kaydetmeyi ve bu sinyali bir robotun kolunu yönlendirmek için kullanmayı başarmış bulunuyor. Bu sırf bir elektronik zımbırtı gibi gelebilir, ama öyle değil. Belirli bir düzeyde sinir kodundan anlam çıkarabileceğimizi ve davranışa nasıl aracılık ettiğini kavrayabileceğimizi gösteriyor. Her türlü hayvandan nöron sinyalleri yükleyebildiğimizi ve böylece dünyayla etkileşime girdikleri sıradaki düşüncelerine ilişkin bir tür sabit disk kütüphanesi yaratabildiğimizi gözünüzde bir canlandırın. Böylece yediği, uyuduğu, tımar edildiği, cinsel ilişkiye girdiği ve iletişim kurduğu sırada, bir hayvan zihnini okuyabileceğiz. Belirli bir düzeyde onlar gibi olma konusunda derin bir sezgiye kavuşacağız. Dikizci bir *Homo sapiens* haline geleceğiz. Hatta kendi beyin dalgalarımızı onlarınkilerle eşleştirebilir ve böylece canlı türleri arasında daha önce hiç varılmamış bir uyumu yaşayabiliriz –açıkçası sanal gerçeklik oyunlarındaki son nokta bu.

Bunlar harika zihin jimnastikleri. Önümüzdeki elli yıl içinde gerekli teknoloji elimizin altında olacak; ancak hiçkimse bunu böyle bir fanteziyle kullanmayı tercih etmeyebilir. Asıl heyecan gerek bizimki, gerekse düşünen yaratıklarınki olmak üzere, beyin hakkında ne kadar çok şey öğrenebileceğimizi düşünmekte yatıyor. Endişe yaratan şey tekno-

lojimizin bizi bulanık ahlaki sonuçlarla dolu meçhul diyarlara sürüklemesi. Eğer beyin parçalarını değiştokuş edersek ya da genleri ekler ve çıkarırsak, sonuçlardan kim sorumlu olacak? Bilimci mi? Doktor mu? Bazı insanların daha iyi bir hayat sürmesini sağlamak için bir parçası kullanılan hayvan mı? Eğer kök hücre araştırmaları onaylanırsa ve beynin farklı kısımları geliştirilebilirse, kimseye değiştokuş yapma olanağı verilmeli mi? Bilimin ona katkıda bulunanların yararıcı enerjisinden yararlanması için, düşünsel ortam radikal ve hatta riskli araştırmaları desteklemelidir; ama bilimciler girişimlerinin potansiyel etik sonuçlarını kavramak zorundadır. İnsan dışındaki hayvanlara dönük incelemeler de bu kapsama girer. George Bernard Shaw'un *Binbaşı Barbara* adlı oyununda derin düşüncelere dalarken belirttiği gibi, doğru ve yanlışı sarmalayan giz "bütün felsefecileri şaşırtmış, bütün hukukçuları bocalatmış, bütün işadamlarının kafasını karıştırmış ve sanatçıların çoğunu perişan etmiştir." Shaw vardıkları sonuçlarda "olan" ve "olması gereken" arasındaki ayrımla hâlâ boğuşmak zorunda olan bilimcileri de onlara pekala ekleyebilirdi.

MARC D. HAUSER Harvard Üniversitesi'nin psikoloji ve sinir bilimleri programı bölümlerinde ders veren bir bilişsel nöroloji profesörüdür. Ayrıca Zihin/Beyin/Davranış İnisiyatifi'nin bir üyesidir. Kitapları arasında *The Evolution of Communication* [İletişimin Evrimi]; *The Design of Animal Communication* [Hayvanlar Arasındaki İletişimin Amacı] (M. Konishi'yle birlikte) ve *Wild Minds: What Animals Really Think* [Vahşi Zihinler: Hayvanlar Gerçekten Ne Düşünür] sayılabilir.

ALISON GOPNIK

Çocukların Bilimcilere Öğreteceği Şeyler

NASA için çalışan uzay bilimcileri 1997’de Mars taşlarından yansıyan ışığı analiz ederek, Mars’ta bir zamanlar su olup olmadığını belirleme yolunu buldu. Suyun taşlarda karbonat izleri bırakmış olması ve bunun da taşlardan yansıyan ışık tayfını etkilemiş olması gerekirdi. Böylece bilimciler ışıkla ilgili verilerden geriye doğru iz sürerek karbonatlara, suyun varlığına ulaşabildi. Aynı yıl, birkaç kilometre ötedeki bir Berkeley anaokulunda, dört yaşındaki Kevin adlı bir erkek çocuk, yeni bir makinenin nasıl çalıştığını koca adamlardan aşağı kalmayan bir heyecanla çözdü. Bazı blok kombinasyonları makinenin üstüne konduğunda, makine müzik çalıyordu. Ama diğerleri böyle bir sonucu vermiyordu. Kevin bu verilerden geriye doğru iz sürerek, hangi blokların makineyi çalıştırdığını çıkarsadı ve bu bilgilerden yararlanarak makinenin müzik çalmasını sağladı. Hem Kevin’in, hem de NASA’daki roket uzmanlarının bu şaşırtıcı buluşları nasıl yapabildiğini önümüzdeki elli yılda anlama noktasına varacağız. Bu soruya verilen cevap bilim, çocukluk, beyinler ve hatta belki genler üzerine düşünme tarzımızı değiştirecek.

İnsanlar çevrelerindeki dünyayla ilgili muazzam miktarda şey biliyor: Kayalar, dalgalar ve mini fırınlar; tavşanlar,

palmiye ağaçları ve saksı petunyaları; ebeveynler, çocuklar ve diş hekimleri –kısacası sayısız ve sonu gelmez bir nesne, bitki, hayvan ve insan dizisi. Genelde bilgilerimiz çarpıcı şekilde doğru: Mini fırınların, petunyaların ve diş hekimlerinin nasıl çalıştığı konusunda dikkate değer ölçüde sağlam öngörülerde bulunuyoruz ve her gün fırındaki açma düğmesine basarken, mucize bir bitki ilacı verirken ya da bir randevu alırken bu öngörülerini kullanıyoruz. Doğduğumuzda bütün bunları bilmiyorduk; şöyle ya da böyle öğrendik.

Günlük yaşantımızın ötesinde kalan Mars taşları, virüsler, nöronlar gibi konuları da öğreniriz. Bu bilgiler de çarpıcı şekilde doğrudur –kellik, iktidarsızlık ve migren baş ağrıları gibi sıradan örnekler bir yana, çiçek hastalığı ve depresyon gibi çok eski musibetleri alt etmemize veya en azından hafifletmemize yetecek kadar doğru.

Peki ama, bu kadar çok şeyi nasıl biliyoruz? Ne de olsa, dünyadan bize doğrudan ulaşan tek enformasyon retinalarımıza çarpan son derece küçük fotonların ve kulak zarlarımızda titreşen hava çalkantılarının oluşturduğu bir örüntüden ibaret. Bu sınırlı ve görünüşte tutarsız enformasyondan hakikate varmak nasıl mümkün oluyor? “Hakikat” ulvi ve metafizik bir kavram gibi gelebilir; ama bütün bildiğimiz şeyler günlük hakikatlerin bir yığınıdır: Isı tost ekmegini kızartır; su bitkinin büyümesini sağlar; kaçırılan randevular diş hekimlerini sinirlendirir. Psikolojik bir bakış açısından, bu hakikatlere ilişkin bilgilerimiz teorik fizik ya da astronomi hakikatlerine ilişkin bilgilerimiz kadar ilginç ve şaşırtıcıdır. Nasıl oluyor da, bir tür fiziksel nesne, yani üstünde beyin bulunan bir deri torbası ile mini fırın, petunya ya da diş hekimi gibi diğer fiziksel nesneler arasındaki bir dizi etkileşim bir nesnenin diğerlerini öğrenmesini sağlayabiliyor?

Gelişim psikolojisinin son elli yılı bu soruyu daha da kafa karıştırıcı hale getirmiş bulunuyor. Yeni teknikler çocukların zihnini eskiye göre daha iyi anlamamızı sağlıyor. Bebeklerin ve küçük çocukların geçmişte mümkün olduğunu sandığımızdan daha fazla şey bildiği ve daha fazla şey öğrendiği ortaya çıkıyor. Üç ya da dört yaşına geldiklerinde, dünyanın işleyişiyle ilgili temel olguları öğrenmiş oluyorlar. Henüz okuyamayan, yazamayan ve hatta konuşamayan çok küçük çocukların nasıl bu kadar çok şeyi böylesine çabuk öğrenebildiğini açıklayacak bir öğrenme teorisine gerek var. Öğrenme yeteneğimiz sırf eğitime, yetiştirmeye ya da gelişkin sosyal kurumlara bağlı olamaz –öyle görünüyor ki, bu daha ziyade insan doğasının temel bir unsuru gibi.

Son elli yılda, bilişsel bilim dünyaya ilişkin bilgilerimizin nasıl bir nitelik taşıdığı, bu bilgileri nasıl kullandığımız ve bilgilerin beynimize nasıl kodlandığı konusunda epeyce şey anlatmış bulunuyor. Gelişimle ilgili bilişsel bilimin bize epeyce anlattığı bir başka konu da yaşlanmamızla birlikte bilgilerimizin nasıl değiştiğidir. Ama bilgilerin nereden geldiğini ya da bize dışımızdaki dünyaya dair doğru bir resmi nasıl verebildiğini henüz anlamış değiliz. Öğrenme, bilişsel bilim alanındaki ders kitaplarının “Çözülmemiş Gizemler” başlıklı son bölümüne, bilincin ve romantik aşkın hemen yanı başına havale edilmiş durumda. Önümüzdeki elli yılda bilinci çok daha iyi anlayacağımız kanısında değilim ve hele romantik aşk konusunda daha da kuşkucuyum. Ama öğrenmenin bilimsel bir açıklaması yönünde gerçek bir ilerleme sağlayacağımız görüşündeyim.

Bu açıklama için uygun bir modeli bilişsel bilimin görünüşte oldukça farklı başka bir alanında, insanın görme yetisinde bulabiliriz. İşte size görme yetisinin sorunu: Gözümü-

ze giren ışık örüntülerini ele alalım. Bu enformasyon gözümüze girince, uzamda hareket eden nesnelerin doğru timsallerine dönüşür. Peki, bunu nasıl çözeriz? Gözümüze giren ışığın uzamdaki nesnelerle nasıl ilintili olduğu konusunda bazı örtük ve çok genel varsayımlarda bulunduğumuz anlaşıyor. Örneğin, retinaya giren ışığın üç boyutlu bir dünyanın iki boyutlu bir izdüşümü olduğunu sanki bilinçsizce varsayıyoruz ve görme yetisi sorununu çözmek için bu varsayımı kullanıyoruz. Mantıksal açıdan mümkün olsa bile, düz bir dünyada yaşadığımızı asla düşünmeyiz. Aslında, bebekler bu varsayımı yapar halde doğmuş gibi görünüyor; sözgelimi, çok küçük bebekler üstlerine abanıyormuş gibi görünen bir nesne karşısında geri çekilirler.

Fakat gerçekten ilginç olan şey, görme yetisi konusunda bu olguyu bilmemizden çok şudur: Bu olgunun doğru olduğunu varsaymak, inanılmaz çeşitlilikte yeni olguları keşfetmemizi sağlar. Gözümdeki retina görüntüsünün üç boyutlu bir dünyanın iki boyutlu bir izdüşümü olduğu yolunda bilinçsiz bir genel varsayımda bulunurum. Bu da tam şu anda retinamdaki belirli görüntünün ince bir çubukla birbirine bağlanan ve döşeme yüzeyinde son derece tuhaf bir açıyla duran iki yuvardan gelmiş olması gerektiğini çıkarsamama yardımcı olur. Bu olguyu bilmek ise okuma gözlüğümü bulmak gibi hiç sonu gelmeyen ve sürekli değişen pratik bir güçlüğü çözmemi sağlar.

Haliyle bazen varsayımlar bizi yanlış yola saptırır, özellikle de şeytani bir psikolog devreye girip görsel yanılsamalar yaratmışsa. Ama varsayımların doğru çıkması çok daha sık görülen bir durumdur; böylece varsayımlar dış dünyanın neye benzediği konusunda doğru sonuçlara varmamıza olanak verir.

Peki ama, beyin nasıl varsayımda bulunabiliyor? Sözünü ettiğim varsayımlar bir beynin (ya da başka herhangi bir bilgisayarın) belli girdiler aldığı zaman ürettiği çıktı üzerindeki kısıtlamalar halini alır. Retinam belirli bir şekilde canlandığında, nöronların hepsi değil, sadece bazıları canlanarak daha ileriye ileti gönderir. Nörologlar bir hayvanın bir şeye baktığı sırada görsel korteksteki belirli hücrelerin çıktısını kaydedebiliyor ve böylece bir tür devre diyagramı oluşturabiliyor. Nörolojik çalışmalar bu kısıtlamaların pratikte nasıl işlediğini ve bu hesaplamaların beyinde fiilen nasıl yürütüldüğünü gösteriyor.

Görme yetisi biliminde, farklı disiplinler arasında dikkate değer bir yakınlaşma ortaya çıkmış bulunuyor. Psikologlar bize hangi görsel enformasyondan hangi nesne timsallerini kurguladığımızı anlatıyor; yani, belirli bir ışık örüntüsü gözümüze çarptığında ne algıladığımızı anlatıyor. Bu sorunun çerçevesini tanımlıyor. Matematikçiler nesnelerin ve ışığın nasıl ilintili olduğu konusunda belli çok genel varsayımlarda bulunarak, sorunun nasıl çözülebileceğini gösteriyor. Bilgisayar bilimcileri bu çözümlerin gerçek fiziksel makinelerin işleyişinde kısıtlamalar olarak nasıl uygulanabileceğini gösteriyor. Ve nörologlar da söz konusu çözümlerin kafatasımız içindeki belirli makinelerde nasıl uygulandığını gösteriyor.

Benzer bir strateji nasıl öğrendiğimizi anlamamıza yardımcı olabilir: Yani, çocuk ve yetişkin insanların sorunları nasıl çözdüğünü tanımlamak, belli varsayımlar çerçevesinde bu sorunlar için olası çözümleri matematiksel yoldan bulmak, bu çözümlerin makinelerde nasıl uygulanabileceğini görmek ve son olarak beynimizde nasıl uygulandığını görmek. Yakın dönemde bilim felsefesi, yapay zeka, istatistik

ve gelişim psikolojisi gibi farklı disiplinlerden öğrenmeye ilişkin yeni fikirler arasında da benzer bir yakınlaşmaya tanık olmaktayız. Önümüzdeki elli yılda bu yakınlaşma nasıl öğrendiğimize dair dört başı mamur bir bilimsel teoriye varmayı sağlayabilir.

Asıl sorunla veya en azından bir sorunla başlayalım. Dünyanın nedensel yapısını, yani şeylerin işleyişini ve bir olayın diğer olaylara yol açışını nasıl öğreniriz? Bu besbelli ki her türlü bilimin pratiğinde önemli bir sorundur; ama çok küçük çocuklar açısından bile önemli bir sorundur. Gelişim psikologları çocukların nedensel ilişkilere dair bir sürü şeyi anladığını gösteriyor. Çocuklar üç ya da dört yaşına vardıklarında, mini fırınlar, petunyalar ve insanlar konusunda yetişkinlerin anladığı aynı temel nedensel olguların bazılarını anlıyorlar. Ayrıca beş yaşındayken üç yaşına oranla daha fazla ve yedi yaşına oranla daha az şey biliyorlar; tıpkı bilimciler gibi, çocukların da yeni nedensel olguları öğrenmede iyi oldukları görünüyor.

Fakat nedensel bilgi aynı zamanda deneyimle bildiğimiz ve öğrendiğimiz şeyler arasındaki boşluğa ilişkin en kötü namılı örneklerden biridir. Bu sorunu ilk kez dile getiren kişi felsefeci David Hume'dur. Bütün gördüğümüz şey olaylar arasındaki olasılıklardır. Bir tipte olay başka tipte bir olayı takip edebilir. Ama bir olayın diğerine yol açtığını nasıl biliriz? Kaldı ki, gerçek hayatta nedensel ilişkiler nadiren sadece iki olayı kapsar; onlarca farklı olay nedensel bakımdan karmaşık yollarla ilişkili olabilir. Aslına bakılırsa, gerçek hayatta tek bir olayın her zaman başka bir olayı takip etmesi alışılmamış bir durumdur; dahası, iki olaydan hangisinin daha önce meydana geldiğini her zaman bilmemiz mümkün değildir. Bu belirsizlik ve karmaşıklık günlük nedensel so-

runları dahi çapraşık hale getirir. Acaba mini fırının ısıtıcı plakası duman çıkarıp tostı mu yaktı, yoksa yanan tostun kırıntıları plakanın duman çıkarmasına mı yol açtı? Yoksa, yanan tosttan bağımsız olarak, sıcaklığı çok yükseğe ayarlamamız mı plakanın duman çıkarmasına sebep oldu? Bütün görebildiğimiz şey eşzamanlı bir keşmekeştir.

Bu keşmekeşten çıkmamızın bir yolu var mıdır? Sezgisel yaklaşımla yapabileceğimiz iki şey söz konusudur. Bir dizi deney yapabiliriz: Örneğin, fırına ekmek koymaksızın sıcaklık düğmesini yükseğe ayarlayabiliriz veya sıcaklığı düşük tutarken, plakadaki yanan tostun kırıntılarını etrafa saçabiliriz. Deneyleri yapmak mümkün değilse, plakanın duman çıkardığı ve çıkarmadığı durumları saptayacak dikkatli gözlemler yapabiliriz. Üstünde yanan tost olsun ya da olmasın, plaka sadece sıcaklık yüksek olduğunda mı duman çıkarıyor? Yoksa, sıcaklık yüksek olsun ya da olmasın, plaka sadece üstünde yanan tost olduğunda mı duman çıkarıyor?

Bu deneyleri ya da gözlemleri yaptığımızda, bir olaylar dizisi içindeki olasılıklar örüntüsünün aralarındaki nedensel ilişkilerle nasıl ilintili olduğuna dair varsayımlarda bulunmaktayız –aynen iki boyutlu retina görüntülerinin üç boyutlu nesnelerle nasıl ilintili olduğuna dair varsayımlarda bulunduğumuz gibi. Düz Ülkede (Flatland) yaşadığımızı nasıl hiç düşünmezsek, nedenlerin olmadığı bir dünyada yaşadığımızı da hiç düşünmeyiz. Pek tabii ki, görme yetisinde olduğu gibi, Hume’cu bir şeytan bizi kandıracak şekilde olasılıkları düzenleyebilir. Ama böyle şeytanların olmadığını varsayarak yolumuzda ilerleriz –Einstein’ın sözleriyle belirtmek gerekirse: Tanrı kurnazdır, ama zalim değildir.

Carnegie-Mellon Üniversitesi’nden Clark Glymour’un öncülük ettiği bir grup bilim felsefecisi ile bilgisayar bilim-

cisi Judea Pearl ve UCLA'daki meslektaşları, sezginin ötesine geçmemize ve bu varsayımları sağlam biçimde ifade etmemize olanak verecek bir matematiksel formalizmi geliştirmeye koyulmuş bulunuyor. Nedensel ilişkileri güdümlü döngüsüz grafik ve çoğu kez Bayes ağı denen bir formalizm çerçevesinde düşünebiliriz. Bu grafikler bize bir değişkenin (sözelimi tostun durumu) varlığının başka bir değişkeni (sözelimi ısıtıcı plakanın durumu) nasıl etkileyeceğini anlatır. Formalizmin ardındaki temel varsayım şudur: Eğer bir olay başka bir olaya yol açıyorsa, bir değişkenin değeri değiştiğinde, diğer değişkenin değeri de büyük olasılıkla değişir. Kısıntılar plakanın duman çıkarmasına yol açıyorsa, kısıntıların varlığı dumanın varlığını daha olası hale getirmelidir. Bu nedensel ilişkileri, değişkenleri bağlayan oklar halinde ifade edebiliriz. Bayes ağı formalizmi, nedensel ilişkilerin örüntüsünün –yani okların örüntüsünün– değişkenlerin arasındaki olasılıkların örüntüsüyle nasıl ilintili olduğuna dair bazı basit ve genel varsayımlarda bulunur. Daha önce belirttiğimiz üç nedensel hipoteze denk düşmek üzere, sıcaklık düğmesi, yanan tost ve duman çıkaran plaka arasındaki ilişkinin üç farklı grafik gösterimi şöyle olur:

- A. Sıcaklık düğmesi > yanan tost > duman çıkaran plaka Sıcaklık düğmesi tostun yanmasına ve bu da plakanın duman çıkarmasına yol açar.
- B. Sıcaklık düğmesi > duman çıkaran plaka > yanan tost Sıcaklık düğmesi plakanın duman çıkarmasına ve bu da tostun yanmasına yol açar.
- C. Duman çıkaran plaka < sıcaklık düğmesi > yanan tost Tek başına sıcaklık düğmesi plakanın duman çıkarmasına ve tostun yanmasına yol açar.

Bu nedensel yapılardan her birinin, olasılıkla ve nedensellik-
le ilgili temel varsayımlara göre, değişkenler arasındaki ola-
sılık örüntüleri açısından doğurduğu farklı sonuçlar vardır.
Deneylerimizden ve gözlemlerimizden doğru sonuçlar çı-
karmamıza olanak veren şey işte budur. Sözgelimi, A şıkkı
doğruysa ve yanan tosttu çıkarırsak, sıcaklık düşmesi ile pla-
ka arasında artık hiçbir ilişkinin olmaması gerekir. B ya da
C şıkkı doğruysa, böyle bir ilişkiyi yine de görmemiz gere-
kir. Sıcaklık düşmesini düşük ayara indirirsek ve bundan
bağımsız olarak tosttu yakarsak, A şıkkının doğru, ama B ya
da C şıkkının yanlış olması halinde, plaka duman çıkara-
caktır. Sıcaklığı yüksek düzeye çıkarırsak, ama plakanın du-
man çıkarmasını önlersek, A ya da C şıkkının doğru, ama B
şıkkının yanlış olması halinde, tost yanacaktır. Benzer şekil-
de, deneyleri bizzat yapmasak bile, farklı nedensel yapılar
değişkenler arasında farklı olasılık örüntülerini gözlemle-
memizi sağlayacaktır. Matematiksel işlem, benim burada
anlattığımdan çok daha çapraşık yapılarda, olasılık ve ne-
densellik arasındaki bütün bu bağlantıları ayrıntılı olarak
ifade etmemize olanak verir.

Matematiksel işlemin bize sağladığı şey bir tür nedensel
mantıktır. Klasik tümdengelim mantığı akıl yürütmeyeyle ilgi-
li birkaç temel varsayımdan yola çıkmış ve matematiksel
olarak bu varsayımları doğru önermelerden doğru sonuçla-
rı türetmeyi sağlayacak bir yönetime dönüştürmüştü. Yeni
nedensel işlem ise nedensellik konusunda birkaç temel var-
sayımda bulunur ve ardından nedensel ilişkiler konusunda,
gözlem ve deneyden doğru sonuçlar türetmek için sistema-
tik bir yöntem sağlar.

Bilgisayar bilimcileri bu soyut matematiği dünya hakkın-
da somut bilgiler edinebilen bilgisayar programlarına dö-

nüştürmeye başlamış bulunuyor. Bilgisayarlar ile insanlar arasındaki en büyük farklılıklardan biri, bilgisayar programların ancak ona ilk başta bildirilmiş olan şeyleri yapabilmesidir. Gerçek bir Turing testi –bilgisayarların insanlar gibi olup olmadığını belirleyecek bir test– bir bilgisayarın sadece yetişkin bir insanla aynı şeyleri yapabilmesini değil, çocuk yaştaki bir insanın deneyimleri temelinde bunları nasıl yapacağını öğrenebilmesini gerektirir.

Bilgisayar bilimcileri matematiksel varsayımları, bir bilgisayarın belli olasılık örüntüleri verildiğinde ortaya koyacağı nedensel grafik türlerine dönük kısıtlamalara çeviriyor. Örneğin, NASA için çalışan bilgisayar bilimcilerinin yeni matematiksel fikirleri kullanarak tasarladığı programlar, bir robotun dünyadaki uzmanlara danışma gereği duymaksızın, sırf bir spektrometreden gelen verilere bakarak, Mars'taki taşların bileşimi hakkında bilgi edinmesine olanak veriyor.

Şimdiye kadar anlatılan bütün bu şeyler, konuya girerken ortaya attığımız sorudan oldukça kopuk görünebilir: Sırf üstün nitelikli bilimcilerin, istatistikçilerin ve bilgisayarların değil, sıradan insanların –ve özel olarak sıradan çocukların– gerçek hayatta nasıl öğrendiğini anlamak istiyorduk. Oysa öğrenen bütün öznelerin nedensellik ile olasılık arasındaki ilişki konusunda aynı matematiksel varsayımlarda bulunabildiğini gösteren kanıtlar ortaya çıkmaya başlıyor. Sıradan yetişkinlerin nedensel sorunları nasıl çözdüğünü inceleyen psikologlar, felsefe alanındaki araştırmacılar tarafından ortaya konan matematiksel modellerin bazılarına bağımsız olarak varmışlardır.

Psikologlar daha iki yaşındaki çocukların da bu tür bir nedensel mantığı kullandığını saptamaya başlıyor. Çocukla-

ra mini fırının eşdeğerini, biraz daha çapraşık ve çetrefilli yoldan iş gören bir makineyi tanıtmamız mümkündür. Bunun için bazen çocuklara makineyle ilgili belirli kanıt kalıplarını veririz, bazen de çocukların deneyler yaparak kanıtları bizzat bulmalarına fırsat veririz. Daha sonra da makinenin çalışma biçimini çözüp çözemediklerini anlamaya çalışırız. Çocuklar kesinkes formalizmin öngördüğü yollardan tam doğru nedensel sonuçları çıkarmada şaşırtıcı biçimde beceriklidir –küçük çocukların kafası gerçekten zehir gibi çalışır. Pek tabii ki, bilimcilerden farklı olarak, görüldüğü kadarıyla çocuklar bu sonuçlara nasıl vardıkları konusunda tamamen bilinçsizdir.

Önümüzdeki elli yılda, çocukların ve yetişkinlerin tam olarak hangi hesaplamaları yaptıklarını anladığımız zaman, beyinlerinin içine bakma ve hesaplamaları nasıl yaptıklarını görme olanağını bulacağız. Beyin görüntüleme tekniklerimizin daha kusursuz hale gelmesiyle ve hesaplamalar hakkında daha fazla şey öğrenmemizle birlikte, beynimizin söz konusu hesaplamaları uygulamak üzere nasıl tasarlandığını görmeye başlayacağız. Sorumuza cevabın nörolojide yaşanacak en büyük atılımlarla ilintili olması yüksek bir olasılıktır. Beyinle ilgili en önemli şey, çevreden gelen girdiye tepki olarak değişme becerisidir; ancak bu da beynin en az bildiğimiz veçhelerinden biridir. Bu durum cansız kalbin anatomik yapısı hakkında herşeyi bilmemize, canlı kalbin kanı nasıl pompaladığını neredeyse hiç bilmememize benzer. Beyin herşeyden önce öğrenen bir organdır; öğrenmenin nasıl işlediğini anlarsak, beynin nasıl işlediği konusunda önemli bir şeyi anlamış olacağız.

Dahası, önümüzdeki elli yıllık süreçte, zihin ve beynin nasıl öğrendiği sorusuna cevabın daha da genel bir gelişim

sorunuyla, morfolojik gelişim sorunuyla ilintili olduğu ortaya çıkabilir. Önümüzdeki binyılın çözüm bekleyen bir başka büyük sorusu, DNA talimatlarının döllenmiş yumurta gibi basit bir şeyi yeni doğan bebek gibi muhteşem ölçüde karmaşık bir şeye nasıl dönüştürdüğüdür. Son birkaç yıldaki genetik araştırmalardan çıkan derslerden biri, genomun bir organizma yaratmaya yönelik ayrıntılı bir talimatlar dizisi olamayacağıdır; genom bir taslak değildir. Peki, o halde nasıl çalışır? Görüldüğü kadarıyla genlerin işleyişi bir hücrenin ne yapacağını doğrudan belirlemeye değil, daha çok bir hücrenin ortamında o hücreyi öngörülebilir biçimde etkileyecek olan bir tür nedensel kademeli gelişimi başlatmaya dayanır. Örneğin, cinsiyet morfolojisini belirleyen genler bu işi testosteron üreterek yapar; bu hormon da daha sonra karmaşık bir yolda organizmaya etkide bulunur. Ara sıra şeytanlar salınır, ortam genlerin “beklediği”nden farklı bir hale bürünür ve sistem çarpıklaşır. Ama çoğunlukla ortam öngörülebilir haldedir ve genom bu öngörülebilirlikten yararlanarak karmaşık bir organizmayı yaratır.

DNA talimatlarını doğum öncesinde ve sonrasında hücreler ile içinde bulundukları ortam (büyük ölçüde diğer hücreler) arasındaki etkileşimle ilgili örtük genel varsayımları kodlayan şeyler olarak düşünmek konuyu anlamaya yardımcı olabilir. Psikolojik durum açısından, çevremizle ilişkilere dair örtük varsayımlar, o ortamla harikulade iyi uyum sağlayan karmaşık yapılar kurmamıza olanak verir. Bu genel yaklaşımın belki biyolojik durum için de geçerli olması en azından akla yakındır.

Birleşik bir öğrenme teorisinin en büyük başarısı, en yetenekli bilimcilerin ve en sıradan çocukların aynı uğraş içinde olduğunu göstermek olabilir. Geçen yüzyılın sonun-

da, bilgi en değerli akçe haline gelmeye başladı –tıpkı feodal ekonomideki toprak ya da sanayi ekonomisindeki sermaye gibi. Öğrenmeye dönük yeni bilim bize şunu anlatmalıdır: Bilgi, günümüz mandarinlik düzeninin mevkiler kapma yönündeki kıyasıya sınav yarışında kazanılacak bir ödül den ibaret değildir. Bunun yerine, sırf retorik düzeyinde değil, kelimenin gerçek anlamında, doğuştan gelen evrensel insan hakkımızdır.

ALISON GOPNIK Berkeley'deki California Üniversitesi'nde psikoloji profesörüdür. Çocukların öğrenme süreci alanında uluslararası bir öncüdür ve gelişim psikolojisinin eski felsefi sorunları çözmeye yardımcı olabileceğini ortaya koyan ilk bilişim uzmanlarından biridir. *Words, Thoughts, and Theories* [Sözcükler, Düşünceler ve Kuramlar] (Andrew Meltzoff'la birlikte) ve *The Scientist in the Crib: Minds, Brains, and How Children Learn* [Beşikteki Bilimci: Zihinler, Beyinler ve Çocuklar Nasıl Öğrenir] (Patricia Kuhl ve Andrew Meltzoff'la birlikte) gibi kitapları vardır.

PAUL BLOOM

Bir Ahlaki Gelişim Teorisine Doğru

Tipik olarak bir genel gözden geçirmeye yönelik ilk psikoloji dersine giren lisans öğrencileri çoğu kez psikolojinin ne kadar sıkıcı olduğunu görerek şaşkınlığa uğrarlar. Sınıfa girerken zihinlerinin nasıl çalıştığını öğrenecekleri yolda umutları, ayrıca psikolojinin konusuna dair bazı muğlak fikirleri vardır –rüyalar, bilinç, kötülük, delilik, aşk. Sö-mestrin sonunda ise Pavlov’un köpeklerine, Skinner’ın farelerine, bazı eğlendirici ve tedirgin edici sosyal psikoloji deneylerine ve en son zihinsel rahatsızlıklar taksonomisine ilişkin silik anılarla serseme dönmüş halde giderler. Ama onları heyecanlandıran sorulara cevap almamış olarak ayrılırlar –ve daha da beteri, hiçkimsenin böyle soruları ortaya bile atmadığı duygusuyla.

On yıl önceye oranla günümüzde bu durum daha az geçerli ve yirmi birinci yüzyılın ortasına doğru psikolojinin hiç de sıkıcı olmayacağı yönünde birçok belirti var. Psikoloji kapsam bakımından geniş ve teori bakımından zengin olacak; evrimci biyoloji, kültürel antropoloji ve zihin felsefesi dahil değişik alanlara ait buluşları, yöntemleri ve fikirleri bir araya getirecek. Bir başka deyişle, önümüzdeki elli yılın psikolojisi yüz yıl kadar önce, yani on dokuzuncu yüzyılın sonuna doğru sahip olduğumuz psikolojiye çok daha fazla benzeyecek.

Doğrusu, o dönem heyecan vericiydi. Charles Darwin 1859'da yayımlanan *On the Origin of Species* (Türlerin Kökeni) kitabının sonunda şunu belirtmekteydi: “Uzak gelecekte çok daha önemli araştırmalar için açık alanlar görüyorum. Psikoloji yeni bir temele, her zihinsel gücün ve yetinin zorunlu bir biçimde aşama aşama edinilmesi temeline dayanacaktır.” (Yirmi yıl önce özel defterlerine, “Babunları anlayan kişi, metafizik konusunda Locke’tan daha fazla şey yapacaktır,” diye yazmıştı.) Darwin sonraki iki kitabında bu sözü yerine getirmeye çalıştı: Büyük ölçüde insanlar ile diğer hayvanlar arasındaki psikolojik farklılığı açıklamaya yönelik bir çaba olan *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (İnsanın Türeyişi, çev: Sevim Belli, 8. baskı, Ankara: Onur Yayınları, 2002; *Seksüel Seçme*, çev: Öner Ünalın, Ankara: Onur Yayınları, Nisan 1977) ve duygusal ifadenin psikolojisine ve fizyolojisine ilgi duyanlar için hâlâ derin bir önem taşıyan *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (İnsan ve Hayvanlarda Beden Dili: İnsan ve Hayvanlarda Duyguların İfadesi, çev: Orhan Tunca, İstanbul: Gün Yayıncılık, Ekim 2001).

William James 1890'da zihin konusuna iddialı ve kendine özgü bir bakış sunan *The Principles of Psychology* [Psikolojinin İlkeleri] kitabını yayımlayarak, en iyi dönemini yaşayan bu bilim dalını özetledi. Aynı sıralarda Sigmund Freud da konuya çok farklı bir yönden yaklaşan eserler verdi. Beşeri bilimlerde etkisinin sürmesine karşın, Freud'un bugünkü klinik ve deneysel psikolojide sıkıntılı bir konumu vardır. Günümüzün psikolojiye giriş dersinde ancak tarihsel ilgi açısından yer alabilir, hatta alay konusu bile olabilir. Oysa düşünsel ilgi alanı, coşkusu ve hırsı olağanüstüydü. Sadece bir örnek olarak, 1899'da yayımlanan *Die*

Traumdeutung (Düşlerin Yorumu, çev: Emre Kapkın, 2. baskı, İstanbul: Payel Yayınları, Ocak 1996, Cilt I-II) kitabının ilk satırlarını aktarmak yeterli: “Sonraki sayfalarda, düşleri yorumlamaya olanak veren bir psikoloji tekniğinin bulunduğu ve bu prosedür uygulandığında, her düşün uyanırken iç dünyamızda olup biten şeylerde saptanabilir bir yer verilebilecek anlamlı bir psişik oluşum olduğunun anlaşıldığına dair kanıtlar sunacağım.” Freud’un daha geniş çaplı araştırma programının özü –bilinçaltı süreçlerin etkileşimi temelinde, birleşik bir zihin bilimi kurma hedefi– Darwin ve James’in çalışmalarıyla çok tutarlıydı.

Sonraki yüz yıl içinde, psikoloji diğer alanlardan, özellikle felsefe ve evrimci biyolojiden koparak yalıtık bir yapıya büründü. Maksatlı ve bilinçli bir yaklaşımla bir bilim dalı haline gelmeye çalıştı. Bu girişimin sonuçlarından biri, yirminci yüzyıl Amerikan psikolojisinde başat akım olan davranışçılığın ortaya çıkmasıydı. Davranışçılık James’in psikolojiyi “zihinsel yaşam bilimi” olarak gören anlayışına karşı çıkarak, sadece gözlemlenebilir davranışların nesnel olarak incelenebileceğini, neredeyse bütün davranışların öğrenmeden kaynaklandığını ve canlı türlerinin (sözelimi insanların ve farelerin) öğrenme sürecinde ilke düzeyinde hiçbir farklılık bulunmadığını varsaydı.

Günümüzde davranışçılığa en uç noktadaki bir ölü teori olarak bakılmasının sebebi, büyük ölçüde bütün bu önermelerin yanlışlığının kanıtlanmış olmasıdır. Yürüttüğü araştırma programı sağlam metodolojik başarılar –fareler ve bebekler gibi konuşamayan canlıların yeteneklerin test etmeye yönelik yararlı yöntemler– getirirken, insanların incelenmesiyle ilgili çok az kalıcı buluş sağlamıştır. Psikolojide günümüzün başat akımı –son zamanlarda paralel dağı-

lımlı işleme ya da sinir ağlarının dinamiği çerçevesinde– zihinsel yaşamın bilgi işleme dayalı bir analizini sağlayan bilişsel psikolojidir. Bu araştırma programı çok daha başarılı olmuştur; ama başarısı büyük ölçüde bir bilgisayarda kolayca modeli kurulabilecek alanlarla sınırlıdır. Bu bakımdan elimizde satranç oynama, tündengelime dayalı akıl yürütme, nesne tanıma, dil kavrama ve farklı bellek biçimleri üzerine yapılmış çok büyük miktarda araştırma var. Ama duygular, cinsel davranışlar, güdüler, kişilik ve benzer konular büyük ölçüde klinik psikoloji gibi uygulamaya daha dönük alanlara havale edilmiştir.

Esas olarak diğer alanlarla etkileşimin artmasından dolayı, bu durum bütünüyle değişmektedir. Psikolojideki en etkili fikirlerden bazılarının bu alanın dışından –Daniel Dennett ve Jerry Fodor gibi felsefecilerden, William Hamilton ve Robert Trivers gibi evrimci teorisyenlerden, iktisatçılardan, antropologlardan ve dilbilimcilerden– gelmiş olması hiç de bir tesadüf değildir. Psikoloji alanındaki en etkili uzmanlardan birinin, 1959’da B. F. Skinner’ın *Verbal Behavior* [Sözlü Davranış] kitabına yönelttiği eleştiriyle davranışçı akıma belirleyici bir darbe indiren dilbilimci Noam Chomsky olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Özelikle ilginç bir disiplinlerarası bağlantı evrimci biyolojiyle kurulmuştur. Son birkaç yılda, diğer biyolojik organlar gibi beynin de doğal seçim süreci içinde evrim gösterdiği ve bu nedenle beynin yetilerinin uyarlanmalar ve uyarlanmaların yan ürünleri olarak başarıyla anlaşılabilceği yolundaki Darwinci anlayış gittikçe kabul görmektedir. Bu bazılarına apaçık bir şey olarak gelebilir ve bilişsel psikolojinin bazı alanları içinde kesinlikle tartışmasızdır. Sözgelimi, görsel algılama üzerinde çalışan kişiler, gözlerin görme yetisi

yönünde evrim gösterdiğinden hiç kuşku duymamıştır. Ama psikolojinin diğer alanlarında evrimden söz etmek yakışık-sız, toyca ya da siyasal bakımdan kuşku verici sayılmıştır. E. O. Wilson'ın evrim düşüncesini saldırganlık, cinsellik ve öz-gecilik gibi alanlara uygulamaya dönük modern bir girişim olan *Sociobiology* [Sosyobiyoloji] kitabı 1975'te çıktığında, tepkiler kesinlikle düşmancaydı. Oysa son on yılda Santa Barbara'daki California Üniversitesi'nden Leda Cosmides ve John Tooby gibi uzmanların savunduğu evrimci psikolo-ji disiplini –günümüzün bilişsel bilimini evrimci biyolojiyle birleştiren bir alan– ortaya çıkmış bulunuyor.

Bu çerçevede ortaya atılan spesifik önerilerin birçoğu tartışmaya açık olsa da, araştırma programının kendisi git-tikçe kabul görmektedir –öyle ki, psikolojinin ayrı bir alanı olarak varlığını sürdürememesi yüksek bir olasılıktır. Önü-müzdeki elli yılda “evrimci psikoloji” bir anakronizm ola-caktır; çünkü böyle bir etiket psikolojinin diğer bazı alanla-rının gözetilmesi gereken seçim üstünlüğü, uyarlanmaya açık tasarım ve buna benzer konularla ilgilenmediği çağırışı-mını yapar. (Yaratılışçı psikoloji mi demeli?) Beynin nasıl iş-lediğine ya da gelişimin nasıl meydana geldiğine kayıtsız psikologlar olduğu gibi, evrime daha az ilgi duyan psikolog-lar da her zaman olacaktır. Ancak evrimci düşüncelerin psi-kolojinin inceleme alanında –nöroloji ve gelişimle birlikte– bir kanıt kaynağı olarak var olması artık bir tartışma konu-su olmaktan çıkacaktır.

Diğer bilim dallarıyla bu yeniden bütünleşmenin bir so-nucu olarak, önümüzdeki elli yılın psikolojisi birçok anlam-da daha zengin olacaktır. Geleneksel olarak, psikoloji iki kesime dönük bir inceleme alanı olmuştur: Üniversite birin-ci sınıf öğrencileri ve beyaz fareler. Ama, araştırmacılar bü-

tün canlı türlerini kapsayıcı araştırmalara en azından tesadüfi olarak gittikçe aşinalık kazanıyor. Bunu, zihninin her yerde aynı olduğu yolundaki naif bir inanış değil, zihinsel sistemlerin evrimine bakmanın bir yolunu bulma çabası sağlıyor. Benzer şekilde, zihinsel yaşamın temelinde yatan yapıyı ve süreçleri incelemenin doğal bir yolu olarak, ömrün farklı noktalarına, akıl hastalığı biçimlerine, kültürler arası farklılıklara vs. bakılacaktır. Bu yöntem çeşitliliği, bellek ve algılamayla uğraşan alanlar için şu anda standart niteliktedir; ama sosyal psikoloji ve kişilik psikolojisi gibi “daha ince” alanlar için daha yaygın hale gelecektir.

Bir örnek olarak, ahlaki düşünce ve davranışın incelenmesini ele alalım. Bu eskiden psikolojik irdelemenin başta gelen bir alanıydı. Aslında, Darwin ve James arasındaki farklardan biriydi. Darwin *The Descent of Man* kitabında insan ahlakını insan zekasındaki bir genel artış çerçevesinde açıklamaya çalışmaktaydı –bu artış primat atalarımızın duygusal tepkilerini aşarak, bizzat etik davranış, yani adil ve nesnel biçimde uygulanabilecek bir ahlak kodu kavramına varmamızı sağlamıştı. James ise *Principles of Psychology* kitabında savunduğu farklı bir bakış açısına sahipti. Ona göre, insan doğasının benzersiz yönleri tamamen çekingenlik ve ketumluk gibi sosyal içgüdülerin sonradan kazanılmasının sonucuydu. Darwin’in çağdaşı Alfred Russel Wallace’ın ortaya attığı üçüncü bir bakış açısı vardı: İnsan özgeciliği öylesine bir gizemdi ki, bizzat varlığı doğal seçim teorisinin insan zihni için geçerliliğini çürüten bir şeydi. Genelde bakılınca, bir zamanlar sadece felsefecilerce ve ilahiyatçılarca sorgulanan özgeciliğin ve ahlakın varlığı, evrimci psikolojinin kilit sorunu haline gelmiş bulunuyor.

Oysa psikolojiye giriş derslerinde öğrenciler bazen bu

konuda hiçbir şey duymazlar; bunun yerine, birkaç saatlerini farelerin labirent yapısını öğrenmesine ve primat sinir sisteminin kaba anatomisine ayırırlar. Benim alanım gelişim psikolojisi ve bu alandaki iyi ders kitaplarının ahlaki gelişime oranla dil öğrenmeye –spesifik olarak birkaç derginin ve konferansın hasredildiği bir alana– daha geniş yer vermesi çarpıcıdır. Yani, çocukların doğru ve yanlış gibi belli olgun kavramları nasıl edindiğini ve bu kavramların davranışlarını nasıl etkilediğini anlatan bir konu ikinci planda kalıyor.

Bu işte bir fesat yok. Ahlaki gelişimin kısıtlı tutulmasının sebebi bunu incelemeye olan ilginin yetersiz oluşu değil, düpedüz bu konuda çok az şey bilmemizdir. Aslında, ahlaki gelişimin incelenmesi son derece pratik bir önem taşır. Anne babalar çocuklarını iyi birer insan olarak yetiştirmenin yolunu öğrenmek istiyor; toplumun sorumlu mensupları iyi bir insan kuşağı yetiştirmek amacıyla gençlerin içinde bulunduğu ortama –okul düzeni ve benzer şeylere– çekidüzen vermek istiyor. Haliyle insanlar neyin iyi ve ahlaki olduğu konusunda görüş ayrılığı taşısalar bile, bu arzu evrenselmiş gibi görünüyor. Bu bakımdan şöyle özgül soruların cevabını bilmek istiyoruz: Dayak atmak çocuklar için kötü mü? Şiddet içeren video oyunlarının ya da filmlerin etkileri nelerdir? Çocukların bir yerine iki ebeveyn tarafından yetiştirilmesi daha mı iyi sonuç veriyor? Bakıcı yanında kalmak çocukların mizacını ve empati duygusunu nasıl etkiliyor?

Gazete haberlerinde ve televizyon dergilerinde okumuş olabileceğiniz şeylere rağmen, bu sorulardan hiçbirinin cevabını bilmiyoruz. Gerçi mantıklı bazı tahminlerimiz var; ama esasen bütün bildiğimiz şey, iyi ebeveynlerce yetiştirilen çocukların kötü ebeveynlerce yetiştirilen çocuklardan

büyük olasılıkla daha iyi olduğudur. Bunun nasıl ölçüldüğünün pek önemi yoktur: Ebeveynler için kullanıldığı biçimiyle “kötü” ister bozuk davranış, ister alkolizm, ister şizofreni, ister veli toplantılarına az katılma anlamına gelsin, ebeveynlerin günahları çoğu kez çocuklarda ortaya çıkar. Ama bunun niçin böyle olduğunu bilmiyoruz. Belki bu fenomen aile terbiyesinin bir etkisidir; sözgelimi, saldırgan yetişkinlerce büyütülmek bir çocuğu daha saldırgan hale getirebilir. Yahut bir özellik genetik yoldan aktarılabilir; öyle ki, hiç birarada kalmamış olsalar bile, ebeveynin saldırganlığı ile çocuğun saldırganlığı arasında ilişki bulunabilir. Çocuğun ebeveyn üzerinde bir etkisi de söz konusu olabilir: Saldırgan bir çocuğun yetişkin bakıcılarda öfke ve şiddeti körüklemesi yüksek bir olasılıktır. Başka olasılıklar da vardır ve büyük olasılıkla karmaşık bir etkileşim devreye girecektir elbette.

Bu satırları yazdığım sırada, yeni yayımlanmış olan ve televizyon izlemenin 570 genç üzerindeki etkileriyle ilgili büyük ölçekli bir incelemenin sonuçlarını aktaran bir monografi elime geçti. Gençlerin beş yaşındaki televizyon izleme alışkanlıkları kayda geçirilmiş ve on yıl sonra ders notları, saldırganlık, sigara içme ve benzer göstergelere dayalı bir test uygulanmıştı. Anaokulu çağında epeyce eğitici program izlemiş olan çocuklar, epeyce şiddet programı izlemiş olan çocuklara oranla, gençlik çağında daha yüksek notlar almaktaydı, daha az sigara içmekteydi ve daha az saldırgan davranış göstermekteydi. Rapor sağduyuyla güzelce uyuşan önlem çıkarsamalarıyla dolu: Eğitici programlar iyidir, şiddet programları kötüdür; o halde birincisini çoğaltmak ve ikincisini azaltmak gerekir.

Fakat raporun değerlendirme bölümünde, bulgular için başka bir açıklamanın bulunduğu yolunda yazarların bir iti-

rafı örtük biçimde yer alıyor. Ne de olsa, beş yaşındaki çocuklardan bazılarının diğerlerine oranla saldırganlığa daha yatkın olduğunu, bazılarının ürkek olduğunu, bazılarının hayvanlara benzediğini, bazılarının sporla uğraştığını vb. zaten biliyoruz. İnceleme kapsamındaki çocuklar izleyecekleri televizyon programlarını seçme şansına sahipti. Muhtemelen kitap okumaya ve düşünsel uğraşlara düşkün çocuklar “Susam Sokağı” ve “Bay Rogers’ın Komşuları”nı, daha saldırgan çocuklar ise şiddet içeren şovları seyretmeye eğilimliydi. O halde incelemenin ortaya koyduğu şey belki de sırf saldırgan anaokulu çocuklarının genelde saldırgan gençlere ve kitap kurdu anaokulu çocuklarının genelde kitap kurdu gençlere dönüştüğüdür –ki bu da çok uzun süreden beri bildiğimiz bir şeydir. Televizyonun bu durumla hiç ilgisi olmayabilir.

Belki de televizyonun gerçekten bir etkisi vardır. Asıl mesele basbayağı bilmiyor olmamızdır. Bunun için daha fazla incelemeye ihtiyacımız yok; ihtiyaç duyduğumuz şey bilişsel psikoloji ve evrim teorisi de dahil olmak üzere disiplinler arası çalışmanın şekil vereceği bir ahlaki gelişim teorisidir. Dil gelişimi ve algı gelişimi teorilerimizin düşünsel zenginliği düzeyinde bir ahlaki gelişim teorisine ihtiyacımız var. Ancak o zaman nedensellik ve önleme meselelerine makul biçimde eğilebiliriz.

Önümüzdeki elli yılda böyle bir teoriye varabilecek miyiz? Şimdiye kadar neşe saçtım: Psikoloji daha ilginç hale gelecek, disiplinler arasındaki keyfi sınırlar kalkacak, öğrenimin kapsamı genişleyecek vs. Belirttiklerimin hepsi yararlı. Ama ahlaki düşünce ya da bilinç gibi daha derin sorunlarda ne kadar ilerleme sağlayacağımıza bağlı olan ucu açık bir soru bu. Noam Chomsky ve felsefeci Colin McGinn gi-

bi kuşkucu olan kimseler var. Ne de olsa, melek değil, insanız. Nasıl anlayabildiğimiz bazı şeyler varsa, anlayamadığımız başka şeyler de olacaktır. Ahlaki düşüncenin ya da bilincin doğası basbayağı anlama gücümüzün ötesinde olabilir pekala –özel, mistik bir konum taşımalarından değil, böyle şeyleri anlamaya yetecek kadar akıllı olmamamızdan dolayı. İleri matematiği anlamaya çalışan köpeklere benzer bir durumda olabiliriz.

Bu kötümser bakışın doğru olup olmadığını bilmenin yolu olmadığı gibi, yanlış olduğu yönünde umuda kapılmamızı sağlayacak bir alternatif de yok. Ama şimdiye kadarki dikkate değer ilerleme eksikliği, özellikle sosyal politika oluşturma açısından, psikologları biraz tevazua yöneltmeli herhalde. Önümüzdeki elli yılda psikolojinin sağlayacağı pratik yararlardan –garip gelebilecek bir ihmalle– söz etmemiş olmamın sebebi işte bu ilerleme eksikliğidir. Geleceğin psikolojisinin akıl hastalarını iyileştirmesini, mutsuzluğu gidermesini, önyargı ve cehaleti ortadan kaldırmasını, bize ahlaklı, mutlu, bağımsız çocuklar yetiştirme yolunu göstermesini ve bunlara benzer bütün diğer iyi şeyleri sağlamasını beklemek gerekmez mi? Popüler basının büyük bir bölümünden aldığımız izlenim budur; yetenekleri konusunda neşeli bir güven duyan, bağış parası ve siyasal güç kazanmaya can atan birçok psikolog da bunu teşvik etmekten geri kalmıyor.

Aslında, psikolojinin pratik yararları her zaman mütevazı olmuştur. Çoğu esasen biyokimya ve nöroloji kaynaklı sahici klinik yenilikler bir yana bırakılırsa, toplumu çekip çevirmeye, suçluları adam etmeye ve çocuklarımızı yetiştirmeye dair psikolojik savlar en iyi haliyle sağduyunun gereğidir. En kötü haliyle ise geçici hevese dönük ve tehlikelidir.

İçinde yer aldığım disiplinde yaygın olarak işlenen şu örneği verebilirim: Bir çocuğu ömrünün ilk üç yılında sosyal ve bilişsel uyarıma boğmazsanız, onu temelli kaybetmiş olursunuz. Benzer örnekler arasında bebeklere Mozart çalmanın yararları, çocuk bakıcılığının tehlikeleri ve doğumu izleyen ilk saatlerde anne-çocuk bağının can alıcı önemi sayılabilir. Halka dönük bu tür açıklamalar hakkında söylenebilecek tek olumlu şey çarçabuk değişimleridir. Çocuğunuzu nasıl yetiştirmeniz gerektiği konusunda psikologların anlattıkları şeyler –disiplinin ölçüsü ve türü, uyku düzenlemeleri vs.– hoşunuza gitmiyorsa, şöyle bir-iki yıl beklemeniz yeter. Size o zaman farklı bir şey söyleyeceklerdir.

Önümüzdeki elli yılda psikolojiye iyimser bir bakış psikolojinin, algılama gibi alanlarda gayet iyi iş görmüş olan yöntemleri ve teorik perspektifleri, ahlaki düşünce gibi daha ince ve daha az anlaşılmış alanlara uygulayarak daha olgun bir bilim haline geleceği yönündedir. Bu araştırma sürecinde, zihnin nasıl işlediğine dair yeterli bir kavrayışı ve bilimsel yaklaşımımıza yeterli bir güveni edinebiliriz. Böylece bu sorunların ne kadar güç olduğunu ve daha öğrenilecek ne kadar şey kaldığını kabul ve takdir edebiliriz.

PAUL BLOOM Yale Üniversitesi'nde psikoloji profesörüdür. Dil ve gelişim alanında uluslararası düzeyde tanınan bir uzmandır. Steven Pinker'la birlikte bu alandaki çığır açıcı bildirilerden birini yazmıştır. Yale'deki en genç kadrolu profesörlerden biridir. Psikoloji, dilbilim, bilişim ve nöroloji alanlarında yayımlanmış elliye aşkın kitap bölümü ve dergi makalesi vardır. Ayrıca *How Children Learn the Meaning of Words* [Çocuklar Sözcüklerin Anlamını Nasıl Öğrenir] ve yakında çıkacak olan *Bodies and Souls* [Bedenler ve Ruhlar] kitaplarının yazarıdır.

GEOFFREY MILLER

İncelik Bilimi

Konu kendimizi duygusal varlıklar olarak düşünmeye gelince, birçoğumuz pinti materyalistler haline gelmiş durumdayız. Pinti bir materyalist belirli beyin alanlarıyla, sinir ileticileriyle ya da genlerle bağlantıları henüz saptanmamışsa, öznel deneyimlerin gerçek olamayacağı görüşünü benimser. Böyle kişiler belirli bir ağrı türüyle bağlantılı beyin alanını bulmuşsak, o ağrının bilimsel açıdan geçerli bir gerçeklik olduğunu varsayar –ama cinsel kıskançlık ya da varoluş korkusu için henüz bir beyin alanı bulmamışsak, bu duygular muhtemelen “gerçek” değildir ve kuşkucu bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Aynı şekilde, şizofrenide sinir ileticisi eksikliği saptamışsak, bu sahici bir tıbbi bozukluktur; ama asabiyette böyle bir eksiklik saptamamışsak, bu belki gerçek bir bozukluk değil, sırf bir karakter kusuru ya da kötü bir alışkanlıktır.

Pinti materyalistler sadece kendi bilinçleri konusunda değil, savundukları materyalist doktrinin gelecekteki ilerleyişi konusunda da güvenden yoksundur; bu durum bütün öznel şeyler için nörolojinin onayını arayarak, nörolojiyi fetişleştirmelerine yol açıyor. Nörolojinin hâlâ emekleme aşamasında olması nedeniyle, mevcut sınırlı yararına aşırı bağlılık insan doğasına çocukça bir bakış açısını getiriyor. Bu

bakış açısında insanlar karikatür gibi basit görünüyor, kaba ana hatlarla ve ana renklerle sunuluyor.

Charles Darwin ve William James gibi cömert materyalistler bütün düşünce ve duygu inceliklerinin beyin aktivitesine dayandığına emin bir tavırla oldukça farklı bir bakış açısını benimsemişlerdi. Bilimsel materyalizme ve insan bilincine aynı ölçüde inanmakla birlikte, karmaşık beyniyle insan soyuna zengin öznel deneyimler yüklemeye cömert bir tutumları vardı. Önümüzdeki elli yılda, hepimizin materyalizm açısından Darwin ve James'in tarzında çok daha cömert olacağını tahmin ediyorum. Nörolojinin insan bilincine özgü daha fazla inceliğin haritasını çıkarmasıyla birlikte, bu inceliklerin daha kolay kabul edilmesi ve değer görmesi ilişkilerimizin ve toplumumuzun yararına olacak. Pinti materyalizm genelde insanları bencil ve küstah hale getiriyor; çünkü nörolojide sadece hayvanlarla paylaştığımız daha kaba beceriler ve duygular ciddiye alınıyor. Daha yakın dönemdeki evrimle ortaya çıkan, sırf insana özgü ve yaratıcılığa, iyiliğe, mizaha, hayal gücüne dönük yeteneklerimiz beyin görüntüleme laboratuvarlarında incelenmiyor. Cömert materyalizm daha empatik ve mütevazı olmamızı sağlayacak; öbür zihinlerin ve beyinlerin kendi deneyimlerimizin öznel zenginliğini paylaştığını kavrayacağız.

İnsan doğasına bu gözden geçirilmiş ve daha iyiliksever bakışın anahtarı, beyindeki sinir aktivitesinin ve genleri harekete geçirme kalıplarının haritasını çıkarmaya dönük yeni teknolojilerin gelişmesi olacak. Bunlar bize kafamızın içinde olup bitenleri tam olarak gösterecek –sadece bizde belirli duygular uyandırmayan basit bilişsel görevleri yerine getirirken değil, insani duygularımızın çoğunu harekete geçiren karmaşık sosyal etkileşimlere girerken de. Düşüncelerimize,

duygularımıza ve sosyal etkileşimlerimize özgü çapraşıklık-ların yeni teknolojilerle nesnel biçimde doğrulanmasıyla birlikte, bilim her kişinin iç dünyasındaki psikolojik karmaşıklıklara değil, insanlar arasındaki farklılıklara da daha nüanslı bir bakış açısı edinecek.

Bir yüzyıl kadar önce, insan bilincini yüksek çözünürlük-lü ayrıntılarla ve zengin tayflı renklerle betimlemek için Henry James'in romanlarına dayanmak zorundaydık. Gelecekte kitle kültürüne dayanma olanağını bulamayacağız –Viacom ve Disney bunda bir kazanç görmüyor. Ama bu boşluğu doldurmak için bilime yönelebiliriz.

Biraz tarih bilgisi pinti materyalizmi perspektife oturtabilir. On dokuzuncu yüzyılda psikoloji mesleği Batı dünyasının entelektüel burjuva erkekleri tarafından ve onların yararına icra edilmekteydi. Bu ataerkil psikolojide kadınlara, çocuklara, entelektüel olmayanlara, öteki kültürlerin mensuplarına ya da bilinçli varlık olarak insan dışındaki hayvanlara çok az ilgi gösterilmekteydi. Ama bu son derece sınırlı yaklaşımın yeterince kavranmayan bir avantajı vardı: Batılı entelektüel burjuva erkeklerce paylaşılan psikolojik benzerlikler, zengin iç dünyalarının inceliklerini açıklayacak ve aktaracak sofistike yöntemler geliştirmelerine olanak vermektedir. William James ve kardeşi Henry arasındaki mektuplarda görüldüğü üzere, burjuva kültürü ve burjuva psikolojisi arasında olumlu bir geri-bildirim döngüsü vardı. Bu çevreler bilinci açıklamaya çalışırken, hararetli biçimde bir iç-gözlem alışverişiine girdiler ve bir tür tarikat içi üstünlük gösterme yarışına kilitlendiler. Daha genel düzeyde, on dokuzuncu yüzyıl sonları Avrupa kültürünün süzölmüşlüğü Charles Darwin, kuzeni Francis Galton, Sigmund Freud, felsefeci Franz Brentano, Amerikalı psikologlar James

Mark Baldwin ve William McDougall ile Alman deneysel psikolog Wilhelm Wundt gibi adamların psikoloji teorileri geliştirme çabalarına yansdı. Bu adamlar duyguların, estetiğin, aşkın, aile yaşamının ve hatta çarpık bilinç hallerinin doğası üzerine fikir yürütmekten hiç çekinmediler.

Bu psikoloji üslubu yirminci yüzyılda kitle kültürünün demokratikleşmesiyle, bilimde indirgemeciliğin ve pozitivizmin yükselişleriyle birlikte neredeyse ortadan kalktı. Psikoloji kadınları, çocukları, işçi sınıfını, Batılı olmayan halkları ve primatları inceleme sınırları içine alarak konu havuzunu genişletti, ama konu içeriğini daralttı. Öte yandan, sanayi kültürünün hedef kitlesi genişledi; roman ve tiyatronun elit mahremiyetinin yerini sinema, radyo ve televizyon gibi kitle iletişim araçları aldı. İnsan doğasına ilişkin kültürel tasvirler böyle bir izleyici/dinleyici kitlesi için tedricen daha basmakalıp ve daha az nüanslı hale geldi. Buna paralel olarak, psikolojinin içeriğinde kaba bir basitleştirme ortaya çıktı. John Watson'ın 1920'lerdeki ve B. F. Skinner'ın 1950'lerdeki davranışçılığı öznel deneyimi yanıltıcı saydığı için, davranışın temeli olarak öğrenmeye yoğunlaştı ve neredeyse geri kalan herşeyi —düşünce, duygu ve sosyal etkileşim— psikolojiden dışladı.

1960'ların bilişim devrimiyle birlikte, psikolojide hesaplama başat metafor olarak öğrenmenin yerini aldı. Bunun sağladığı serbestlik bazı psikologları algılama, akıl yürütme ve konuşmayla ilgili bilgisayar modelleri geliştirmeye yöneltti. Ancak bazı modelleştirmeler disiplinin konu içeriğini aslında pek fazla genişletmedi. Gerçek hayattaki sosyal, cinsel ya da ailevi ilişkiler veya bilincin romantik aşk, ebeveyn gururu ya da mesleki kıskançlık gibi değişik halleri üzerine yazmak ciddi psikologlar için hâlâ tabuydu. Pozitivizm, am-

pirizm ve indirgemecilik kanıtlama yükümlülüğünü insan bilincini hesaba katmak isteyenlerin üstüne yıktı; laboratuvar da doğrulanamayan her türlü zihin hali gerçekdışı sayıldı. İnsanın bilinçli iç dünyasıyla ilgili neredeyse hiçbir şeyin o sırada mevcut deneysel yöntemlerle açıkça ortaya konamaması nedeniyle, öznel insan yaşamının büyük bölümü psikoloji biliminden dışlandı.

Kısacası, hem Batı kültürü, hem de Batı psikolojisi yirminci yüzyılda Amerikanlaştı. Daha kapsayıcı, ama daha az incelikli, yöntem bakımından daha nesnel, ama sonuç bakımından daha az doğru, siyasal bakından daha ilerici, ama daha az insani hale geldi. Ayrıca bireylere sosyal, cinsel ve ailevi ilişkilerden sıyrılarak atomlaşmış birer yabancıymış gibi odaklandı. Son olarak, reklam ve propagandaya hiç düşünmeden verilen basit tepkileri açıklamada ve değerlendirmede daha etkili hale geldi; ama muğlaklık, hayal gücü, empati, ahlaki yargı ya da estetik ayrımla ilgili her türlü bilinç haline açık olmaktan uzaklaştı. Psikoloji, davranışları analiz etme ile bilinci anlama arasında, ampirik geçerlilik ile öznel doğruluk arasında seçim yapma zorunluluğunu benimsedi.

Önümüzdeki elli yılda bu varsayımın yanlışlığının kanıtlanacağı görüşündeyim. Yeni teknolojiler çok daha geniş bir yelpazeyle insanın öznel deneyimlerini doğrulama potansiyelini taşıyor. Çıkacak sonuç insan doğasının daha zengin ve daha doğru bir modeli olabilir –tabii bilimcilerin anlamlı sosyal durumlardaki gerçek düşünceleri ve duyguları incelemeye çalışması halinde.

Örneğin, beyin görüntüleme yöntemleri bir laboratuvar da belirli zihinsel işleri yaparken beynin hangi alanlarının aktif olduğunu gösterebiliyor. Şimdiye kadar böyle işlerin

çoğu standart algısal ya da bilişsel psikolojiden alındığı için, deneye katılanlar için içkin bir anlamdan yoksundur. Lisans öğrencisiyken böyle bir beyin görüntüleme deneyinde bir denek olarak yer almıştım. Columbia Tıp Okulu'nda kayışlarla bir yatağa bağlı halde basit geometrik şekilleri birbirleriyle karşılaştırarak ve beynime yirmi Gayger sayacı yöneltmiş halde bir oksijen ve radyoaktif ksenon gazı karışımı soluyarak altı saat geçirmiştım. Şekil ayrımında beynin hangi kısımlarının devreye girdiğini bilmek elbette yararlıdır. Ama şekillere kafa yorarken, içimden şekil ayrımıyla alakasız birçok düşünce ve duygu da geçmekteydi: Kız arkadaşımın son münakaşama dair kaygılar, bir Pasolini filmi- nin olay örgüsünü hatırlama çabaları, Başkan Reagan'ın aşikar bunaklığına dair spekülasyonlar. Araştırmacının bakış açısından, aklımdan geçen bu düşünceler "parazit"ti. Deneyle böyle ilgisiz zihin hallerinin yeterli bir çeşitlilik taşıdığı göz önünde tutulursa, araştırmacı sonuçta ortalama ölçüyü bulacağına emin olabilirdi.

Ne var ki, katılımcıların düşünce ve duygularının gerçekte olduğundan çok daha basit sayıldığı deneyler açısından tuhaf bir durum var. Mevcut beyin görüntüleme teknoloji- sinin sosyal bakımdan anlamlı durumlar hakkındaki akış- kan, karmaşık düşünce ve duyguları incelemek için yeterin- ce iyi olmadığını teslim etmek zorundayız –ve de bunu ya- pabilecek sistemleri geliştirmeye çalışmalıyız. Elimizdeki aletler takımında daha iyi mekan ve zaman çözünürlüğü yardımcı olacaktır; milisaniyeye varan bir temelde beynin hangi milimetreküplük kısmının aktif olduğunu tam olarak ölçebilirsek, çok daha ince psikolojik süreçleri inceleyebile- ceğiz. Araştırma üslubunda bir değişim gerekli olabilir. Franz Brentano ve William James tarafından uygulandığı

biçimiyle, iç-gözleme dönük on dokuzuncu yüzyıl geleneğini canlandırmamız mümkün. Bu yöntemde psikologların kendisi en iyi deneklerdi. Kendimizi beyin görüntüleme makinelerine bağlayabilir ve aydınlanan hususları anlamak üzere kendi zihin hallerimizi sistematik olarak irdeleyebiliriz. Ama böyle bir yöntem koltukta iç-gözlemin getirdiği davranışsal sınırlamayı aynen taşıyacaktı: Sohbet, flört, pazarlık, münakaşa, bebek emzirme gibi öznel bakımdan insanı tamamen sarıcı gerçek sosyal etkileşimlerle eşzamanlı olarak uğraşırken, beyin hallerimizle ilgili ampirik verilere dikkat göstermemiz mümkün değildir. Bunun için hafif, sağlam, taşınabilir ve gösterişsiz beyin görüntüleme sistemleri gerekecektir; ancak o zaman beynin gerçek kapasite repertuarının haritasını çıkarabileceğiz.

İnsan bilincinin karmaşıklıklarını doğrulamada diğer kilit teknoloji, gen ifadesi kalıplarının haritasını çıkarmak olacaktır. Her beyin hücresinin eksiksiz bir gen dizisi vardır; ama verili bir anda sadece bazıları ifade edilir –yani, sadece bazıları RNA’ya ve oradan da proteinlere işlenir. Dahası, farklı beyin alanlarının farklı gen ifadesi kalıpları vardır ve bu gen ifadesi kalıpları zaman içinde değişir. Bu değişim sadece embriyodan yetişkin yapıya doğru gelişim boyunca değil, günden güne ve aydan aya gelişen durumlar boyunca da sürer. Sosyal çevre, sinir fizyolojisi, gen ifadesi ve davranış arasında geri-bildirim döngüleri vardır. Birine âşık olduğumuzda, bir dostumuz öldüğünde, işimizde önemli bir terfi aldığımızda, hiç kuşkusuz beynimizin gen ifadesi haritası değişir. Birkaç saatten daha uzun süren neredeyse her zihin hali gen ifadesinde değişimler getirebilir ve bilimciler bu değişimlerin izini sürmeye daha yeni başlamış bulunuyor.

Teknoloji geliştiginde ve gen ifadesini gerçek zamanda

izleyebilecek hale geldiğimizde, psikolojik karmaşıklığa ilişkin yeni bir dünya önümüze açılacak. Modern sosyal durumlar ve bunların genetik evrimle sağladığı davranışsal yetiler arasındaki uyuşmayı görebileceğiz. Ayrıca doğanın ve eğitimin “birbirinden ayrılmaz” olduğu yolundaki bulanık zırvanın ötesine geçeceğiz ve belirli durum, düşünce ve duyguların belirli genleri harekete geçişi ve tersine işleyişi daha berrak göreceğiz. Evrimin genetik izlerini beynimizin her yanında görmemizle birlikte, evrimci psikolojinin bir “öylesine hikayeler” dizisi olduğu suçlaması silinip gidecek.

Eğer bunları başkalarının duygularını paylaşarak kullanma cesaretini gösterirsek, beyin görüntüleme ve gen ifadesi haritasını çıkarma alanındaki yeni gelişmeler insan deneyimlerinin çok daha geniş bir yelpazesini aydınlatacaktır. Şu anda gelip geçici ya da mizaca bağlı gibi görünen bilinç hallerinde nesnel sinir ve genetik damgalarını saptayabilirsek, bu haller insan doğasının evrensel bir parçası olarak daha ciddi bir biçimde ele alınacaktır. Aslında böyle bir nesnel doğrulama şart olmasa da, bu gereği duyarız: İnsanın, kendi zihinsel yaşamı başka herkesinkinden çok daha karmaşık, anlamlı ve geçerliymiş gibi davranmasına yol açan doğuştan bir eğilim var sanki. On dokuzuncu yüzyılın iç-gözlemcileri kendilerine odaklandılar, başkalarını unuttular ve zengin bir iç dünyayı tanımladılar. Yirminci yüzyılın davranışçılarını kendilerini unuttular, başkalarına odaklandılar, öğrenme ve hesaplama temelinde ham bir insan doğasını tanımladılar. Yirmi birinci yüzyılın psikologları insan bilincinin en gelgeç, havai ve kararsız dışavurumlarının bile sinir ve genetik imzalarını göstererek, benlik ile ötekiler arasındaki ve öznel ile nesnel arasındaki bu ayrımı yıkacak. Sonuç insanlara dönük daha insanca ve kapsayıcı bir bilim olmalı.

Umudum o ki, 2050’de üniversite birinci sınıf öğrencileri psikolojiye giriş dersini aldıklarında, “Peki, bunun gerçek hayatla ne alakası var?” dedirten şimdiki yaygın tepki yerine şöyle bir tepki gösterecekler: “Aha! Demek, x olduğunda y duygusuna kapılmamızın sebebi buymuş!”

GEOFFREY MILLER New Mexico Üniversitesi’nde evrimci psikolog ve *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature* [Çiftleşen Zihin: Cinsel Tercih İnsan Doğasının Evrimini Nasıl Şekillendirdi] kitabının yazarıdır.

Mutluluğun Geleceği

Önümüzdeki elli yılda kilit önem taşıyacak meselelerden biri, insan soyunun genetik yapısını denetleme gücümüzü nasıl kullanacağımızdır. Geçmişte atalarımız hangi çocukların üreme çağına varacağını belirlemede genetik seçimin kaba yöntemlerini kullanırlardı. Şimdi elimize bilimin gözetimi altında aynı hedefe varma gibi şüpheli bir yetenek veriliyor.

Genlerin varlığı yönünde bir kanının doğuşundan çok önce, çiftçiler ebeveyn özelliklerinin yavruya aktarıldığının farkına varmışlardı. Böylece seçici bir şekilde en iyi cinsleri birbirleriyle çiftleştirerek, kabak verimini yükseltmeyi ya da domuzların cüssesini arttırmayı başardılar. Bu bakımdan aynı ilkeyi insanlara da uygulamak kolaydı. Platon ünlü yapıtı *Devlet*'in Beşinci Kitabı'nda, tazıları yetiştirmede başvurulan usullerin tasarladığı kusursuz devlet için yöneticiler yaratmada nasıl uygulanacağı sorusuna geniş bir yer ayırır. Sözelimi, 459. bölümde şöyle yazar:

Bir cinsiyetin en iyileri diğerinin en iyileriyle olabildiğince sıklıkla ve bayağları bayağlarla olabildiğince seyrek birleştirilmelidir; ve de ... sürü mükemmel durumda tutulmak isteniyorsa, bunlar diğer türdeki değil, kendi türündeki birleşmeden doğan yavruları

büyütmelidir. İmdi bu işleyiş yalnız yöneticilerce bilinen bir sır olarak kalmalıdır; aksi halde ... isyan yönünde başka bir tehlike ortaya çıkacaktır.

Daha önce, Üçüncü Kitap'ın 415. bölümünde de şu görüş yer alır: “Ve de Tanrı ilk ilkelerden biri olarak yöneticilere bildirir ki, ... soy saflığı kadar canla başla kollamaları gereken ve çok iyi bekçilik etmeleri gereken başka hiçbir şey yoktur.” Aslına bakılırsa, bütün bilinen toplumlar geriye dönüp baktığımızda “soy ıslahı” ya da “genetik mühendisliği” yaftasını vurabileceğimiz yöntemi uygulamışlardır. Bu uygulamalar çoğu kez biyolojiyle hiçbir ilgisi olmayan din ya da görenek gibi kavramlar çerçevesinde haklı gösterilirdi, ama muhtemelen topluluğun bekasına katkıda bulunan bir şey olarak görüldükleri için yürütülürdü. Herkesin üreme hakkına sahip olduğu fikrinin yakın dönemde benimsendiğini hatırlamakta yarar vardır; önceki toplumlar bu ayrıcalığı esas olarak dünyaya vasatın üzerinde çocuklar getirmeye yatkın bireylere tanıyarak varlıklarını sürdürürlerdi.

Pozitif uygulamalar sağlık, güç ve güzellik dahil olmak üzere arzu edilir fenotipik özelliklere ve servet ya da kudret gibi maddi ikbale sahip bireylerin eşleşmesini özendirirdi. Ayrıma dayalı üremeye çeşitli araçlarla ulaşıldı: Neredeyse evrensel bir uygulama olan evlilik öncesi çeyiz ya da başlık, gelecekte ebeveynlerin topluluğa bir yük olmayacak çocuklar yetiştirmek üzere yeterli kaynağa ve akraba desteğine sahip olmasını sağladı.

Negatif uygulamalar ise verili bir toplumun sakıncalı saydığı özelliklere sahip bireyler arasındaki üremeyi caydırırdı. Bunların bazıları doğal eğilimleri ancak biraz aşan nitelikteydi: Sözelimi, yoksul ve sağlıksız bireylerin evlenip çocuk

yapma şansı düşüktü. Ama hadım etmekten bebek öldürmeye kadar uzanan daha etkin başka araçlar da vardı. Çoğu kez tamamen farklı amaca dönükmüş gibi görünen bir kültürel âdet yine de yine de somut bir soy ıslahı etkisi yaratabilirdi. Sözelimi, Rus Ortodoks Kilisesi Kutsal Ruh'un inayetini aşılacak ve ruhlarını ebedi lanetten korumak amacıyla, yeni doğmuş bebekleri çıplak halde soğuk suya daldırma-ya dayanan bir ayin benimsemişti. Bu uygulamanın arızı bir sonucu, pek sağlıklı olmayan bebeklerin vaftiz töreninden sağ çıkamaması ve böylece genlerinin gen havuzundan ayıklanmasıydı. Böyle ayinlerin dindarlara verdikleri huzur nedeniyle mi, yoksa sağladıkları genetik avantajlar nedeniyle mi günümüze kadar sürdükleri konusunda ancak tahmin yürütülebilir. O sırada kültürün önündeki alternatiflere oranla her ikisinin de varlıklarına destek olduğu düşünülürse, herhalde birden fazla belirleyici etken söz konusuydu.

Bu uygulamaların çoğu gelişigüzel ve farklı özelliklerin bir kuşaktan ötekine nasıl aktarılacağını anlamayı sağlayacak bir temelden yoksundu. Ama önümüzdeki yıllarda bu durum köklü bir biçimde değişmek üzere. Halihazırda insan bilimlerinin en canlı dallarından ikisi, şizofreni, boşanma eğilimi, siyasal inançlar ve hatta mutluluk gibi davranışsal özelliklerin kalıtımla geçme derecesini belirlemeye çalışan davranışsal genetik ve bu özelliklerin seçilip bir kuşaktan ötekine aktarılmasını sağlayacak mekanizmaları arayan evrimci psikolojidir. Her iki yaklaşım da davranış, düşünce ve duygularımızı şekillendirmede doğanın ve eğitimin rol oynadığını varsayar; bununla birlikte, geçen yüzyılın öğrenmeye ağırlık verme eğiliminin aksine, doğayı daha çok öne çıkarır.

Genetik alanındaki ilerlemelerin bir sonucu olarak, önümüzdeki yarım yüzyılda bu eğilimin muazzam ölçüde güç-

lenmesi kaçınılmazdır. Büyük olasılıkla az sayıda önemli özelliğin tek bir ve hatta birkaç genin etkisine bağlı olmasına karşın, bazı genetik mühendisleri “tasarlanmış bebekler” çağının yakında başlayacağına emin görünüyor. Bu iyimserlikleri yersiz olsa bile, kısa bir süre sonra karşımıza çıkabilecek kararları gözardı etmek aptalca olur. Yakın dönemdeki bir inceleme çerçevesinde meslektaşlarımla birlikte belki yüze yakın görüşme yaptığım önde gelen insan genetikçilerinin, yürüttükleri çalışmaların daha tartışmalı yönlerini nadiren ciddiye almaları ilginçtir. Çoğunlukla bunun soy ıslahını andıracak bir şeyle hiç ilişkisinin olmadığını ileri sürüyorlar. İnsan klonlama olasılığını alaya alıyorlar ve buluşlarının kötüye kullanılmasını düşük bir ihtimal olarak görüyorlar. Neredeyse görüş birliğiyle, genetik mühendisliğinin potansiyel uygulamaları hakkında özel bilgiye sahip olmadıklarını ve sorumluluk taşımadıklarını iddia ediyorlar; bunun genelde toplumca alınması gereken bir siyasal karar olduğu noktasında diretiyorlar –her ne kadar “toplum” bilgiye dayalı kararlar vermek için uzmanca anlayıştan yoksun olsa da. Durum yarım yüzyılı aşkın bir süre önce atom fiziği alanında olup bitenlerden pek farklı değil. O dönemde Niels Bohr gibi evrensel bir düşünür bile nükleer parçalama deneylerinin olası pratik uygulamalarının ortaya çıkamayacağını 1940'lara kadar savunmuştu.

Hazır olalım ya da olmayalım, tercihler kısa bir süre sonra yapılacak ve de geleceğimizi belirleyecek. Sözelimi, eğitim sisteminin değer verdiği ve hayatın diğer alanlarında da işe yarayan dil ve matematik becerilerinin temelinde yatan genel zeka faktörü g'yi önemli ölçüde yükseltmenin kısa bir süre sonra mümkün olacağını varsayalım. Bu iyi bir fikir mi? Çeşitli yorumcular toplumun zaten sıkıntı verecek ölçüde ze-

kaya göre katmanlaştığını belirtiyor. Yakın geçmişte çalışkan, dürüst, dost canlısı ya da erdemli insanları, mutlaka “kitap yutmuş” olmasalar bile, başarılı saymak mümkündü; oysa şimdi soyut akıl yürütme becerileri her türlü maddi ya da sosyal başarı için bir önkoşul haline geliyor. Bu özelliği genetik yoldan güçlendirme yordamlarını bulursak, bu eğilim katlamalı bir büyüme kazanabilir. “Süper akıllı” ve vasat bireyler arasındaki ayrım derinleşirken, ekonomik ve siyasal güçleri arasındaki uçurum da büyüyecektir. Daha şimdiden geçerlilik kazanan zekaya dayalı içevlilik (endogami) daha belirgin hale gelecektir; çünkü IQ düzeyi 200’ün üstünde olan hiçkimse IQ düzeyi 150’nin altında olan biriyle evlenmeyi hayal etmez. Eğer mühendislik soy çizgisini etkilerse, bu ayrımlar otomatik olarak sonraki kuşağa aktarılacaktır.

Peki, ya beklenmedik bir eşitlikçilik atılımıyla, bütün insan soyu için taban çizgisini yükseltmek üzere herkesin zekasını arttıracak yollar bulursak? Acaba bu iyi bir fikir olur mu? Cevap bunu bilmediğimizdir. Küçük dozlarda yararlı olan biyolojik ve psikolojik işlevlerin çoğu aşırı boyuta vardığında tehlikelidir. Aristoteles’in belirttiği gibi, erdemler uç noktaya götürüldüğünde kötü huya dönüşür: Cesaret çılgınlığa, sakınganlık ise ikircimliliğe dönüşür. Dehanın cinnetle muğlak ilişkisi, çok ileri zekanın kendine özgü handikapları olabileceğine işaret eder –örneğin, kaygı ve depresyona yatkınlığa yol açan aşırı duyarlılık gibi. Yahut, rasyonel zeka Ayn Rand tarzı ben-merkezci tutumlarla bağlantılı olduğu ölçüde, şimdi olduğumuzdan bile daha duygusuz ve acımasız bir canlı türü ortaya çıkabilir.

Daha temel bir mesele şudur: Elimizde uygun araçlar olduğunda, insan genomuyla oynarken tekörnekliği mi, yoksa çeşitliliği mi amaçlamamız doğru olur? Tekörneklik yö-

nündeki baskı büyük olacaktır: Herkes zeki, yakışıklı (standart güzellik anlayışlarına göre), hırslı ve başarılı çocuklara sahip olmak isteyecektir. Çeşitlilik risklidir. Bilinmeyen ve sınanmamış bir şey için bahse girmeyi kim ister ki? Biyolog E. O. Wilson'ın biyolojik çeşitlilik lehindeki savları psikolojik özellikler için de geçerlidir. Gittikçe homojenleşen bir soy ihtimali sadece insancıl duyarlılıklarımız açısından ürkütücü değildir; salt varlığını sürdürme perspektifi açısından da potansiyel olarak tehlikelidir. Geleceğin büyük ölçüde öngörülemez olması nedeniyle, en iyi strateji kendimizi mevcut koşullar çerçevesinde en iyi görünen bir düzene kısıtımak yerine, yeni duruma uyum sağlayıcı çözümlerin doğabileceği potansiyellerden oluşan değişken bir havuza sahip olmaktır.

Eğer insan genetiği mühendisliği (toplumun sonraki kuşakta ne kadar savaşçıya, işçiye ve asalağa gerek duyduğunu belirleyecek bir merkezi bilgisayarın emrine bağlı olmak yerine) piyasa güdümlü olursa, en yoğun seçici baskı büyük ihtimalle mutlu çocuklar üretmek yönünde olacaktır. Anne babalara çocukları için ne umdukları sorulduğunda, tipik cevap yavrularının iyi eğitim görmesi ve iyi işte çalışması, ama herşeyden önce seçtiği yolda mutlu olmasıdır. Günümüzün anne babaları bütün öbür iyiliklerin amaca varmak için bir araç olmasına karşın, mutluluğun başlı başına iyilik olduğunu anlama açısından, Aristoteles'le hemfikir gibi görünüyor: Eğitim, para, güzellik ve zeka aracılığıyla ulaşmayı umduğumuz şey budur. Genetik manipölasyon yoluyla mutluluğu elde etmek mümkün hale gelirse, bu konu pekala ebeveynlerin birinci önceliğine dönüşebilir.

Birlikte ve ayrı yetiştirilmiş tek yumurta ve çift yumurta ikizlerini inceleyen davranışsal genetikçilere göre, mutlulu-

ğün en az yüzde 50'si genetik yoldan kalıtımla geçer. Böyle incelemelerde “mutluluk” derecesinin nasıl ölçüldüğü konusunda haklı bazı çekinceler ileri sürülebilir; ama kişiden kişiye farklılık gösteren ve dışsal iniş çıkışlardan nispeten etkilenmeyen belli bir mutluluk noktasının bulunduğu gerçeğinin yerleşik bir kabul gördüğü söylenebilir. Elbette bir toplumdaki genel mutluluk düzeyi ayrıca ekonomik koşullardan (daha fazla paraya sahip olmak bir noktaya kadar mutlulukla ilintili olsa da, Portekiz veya Güney Kore’de ortalama sayılacak gelir eşiği aşıldıktan sonra ilave gelir daha fazla mutluluğa denk düşmez), siyasal durumdan ve başka birçok dışsal değişkenden etkilenir. Bununla birlikte, kişinin genetik kalıtımı önemli bir rol oynar.

Bu bakımdan önümüzdeki yıllarda genetik mühendisliği aracılığıyla çocuklarımızın mutlu olma ihtimalini arttırmanın mümkün olacağını varsayalım. Bu fırsattan yararlanmakla onlara bir iyilik mi yapmış olacağız? Bir bütün olarak toplum ve canlılar böyle bir tercihten kazançlı mı çıkacak? Bu sorulara nasıl cevaplar verilebileceği üzerine fikir yürütürken, işe şu aşamada mutluluk hakkında bildiğimiz sınırlı şeyleri gözden geçirmekle başlayabiliriz.

Öncelikle, insanların ne kadar mutlu olduklarına dair kendi beyanlarının mutluluğun oldukça geçerli bir ölçüsü olduğu açık gibi görünen bir husustur. Ailenin ve arkadaşların algılayışıyla, patolojilerin ve buna bağlı davranışların görülme sıklığıyla son derece uyuşur –kısacası, mutlu olduklarını düşünen insanlar, aynı zamanda mutlu insanlardan beklenecek şekilde görünür ve davranır. Böyle kişiler genelde dışa dönük olur, kararlı ilişkiler kurar, sağlıklı ve üretken bir hayat sürer. İşin buraya kadar olan kısmı iyi.

Ama bazı ilginç olumsuzluklar da olabilir. Sözgelimi,

mutluluğun en yaygın kabul gören tanımlarından biri, kişinin artık başka bir şeyi arzulamaması durumudur. Mutlu insanlar genelde mal mülke çok fazla değer vermez, reklam ve propagandadan daha az etkilenir, iktidar ve başarı arzusunun peşine takılmaz. Niye böyle yapsınlar ki? Zaten mutlular, öyle değil mi? Mutlu insanlardan oluşan bir toplum olasılığı, sürekli tırmanan tüketim ve asla tatmin olmayan arzu üzerine kurulu üretim sistemimizin belinden aşağıya soğuk terler dökülmesine yeterli olmalıdır herhalde.

Akademik psikoloji yaklaşan bu tercihlere cevaplar sunmaya yardımcı olacak mıdır? Yirmi yıl önceye kadar, disiplinin mutluluk hakkında söyleyebileceği çok az şey vardı. Ciddi bilimsel inceleme için çok “hafif” sayılan bir konuydu bu. Kararsız tavırda bir farklılık yaratabilmek için, psikolojinin asıl konusu olan insan ruhuna yeniden odaklanması gerekecektir –ama gelgeç, mistik, metafizik bir töz anlamında değil, dikkatimiz hem dışsal uyarımları, hem de içsel durumları (yani düşünce ve duyguları) anlamaya, bütünleştirmeye ve karşılamaya yöneldiği zaman, bilincimizde ortaya çıkan çok somut bir fenomenler dizisi anlamında. Psikologlar dahil çoğu bilimci tarafından titiz incelemeye elvermeyecek kadar aşırı öznel sayılmasına karşın, bilinç akışı aslında erişebileceğimiz en nesnel veridir. Bilimsel olgular ve onlara dayalı bilgiler kulaktan dolma şeylerdir ve bunları inanç temelinde kabul etmekten memnunuz; bilinçte ortaya çıkan korku, neşe, öfke, umut gibi olaylara gelince, bunlara hemen erişebilirim ve gerçeklikleri tartışma ötesindedir.

Kendi adıma, şu tür sorulara cevaplar bulacak sistematik bir fenomenolojiyi geliştirmeye kararlıyım: Ortalama bir günde insanların düşünceleri, duyguları, amaçları ve davranışları nasıl bir dalgalanma gösterir? Aynı durum ömür bo-

yunca nasıldır? Bilinç akışının bu bileşenleri diğerlerinin her biriyle nasıl bir ilinti içindedir? İnsanlar günlük hayatta kendilerini ne zaman mutlu hisseder? Bu soruların her biri kendi içinde onlarca başka soruyu doğurabilir. Yaş, cinsiyet, etnik köken ve öteki benzer farklılıkların bilinci nasıl etkilediğine ve belirli bir zamanda ölçülen kalıpların yıllar sonra ölçülen kalıplarla nasıl bir ilinti içinde olduğuna dair incelemeler de bu kapsama girer. Öğrendiğimiz şeylerden biri şudur: Berrak amaçlara dönük zorlu uğraşlara giren insanlar, rahat ve keyifli bir hayat süren insanlara oranla genelde daha mutludur. Bir kişi sırf kendisi için çalışmaktan ne kadar uzaklaşırsa, ilişkilerinin ve bağlılıklarının kapsamı ne kadar genişlerse, daha mutlu olma ihtimali o ölçüde artar.

Bilincin kendine özgü bir gerçekliğinin olduğunu kavramak da önemlidir. Daha az karmaşık sistemlere uygun bir çerçevede analiz etmeye başladığınız anda, bu gerçeklik derhal ortadan kalkar. Herşeyden önce, bilinç zaman içinde halleri sürekli değişen açık bir sistemdir. Sözelimi, şu anda zihnimden geçen şey, bir dakika önce zihnimden geçen şeye bakılarak doğru biçimde kestirilemez –beyin kimyam, genetik geçmişim, gördüğüm öğrenim vb. hususlara ilişkin bütün bilgiler altmış saniye önce elinizde olsa bile. Birinci zaman ile ikinci zaman arasında meydana gelen şey, söz konusu dakika içinde bilincime giren her türlü ses, görüntü, duygu ya da tasarının düşünce ve duygularımı tamamen yeni ve öngörülemez bir seyre yöneltebilmesidir.

Bu belirsizlik, yaratıcı uğraşa açıkça görülebilir. Bir şiirin (ya da bir sonatın, bir tablonun, bir bilimsel teorinin) unsurlarını yaratıcısının zihninde yer alan şeylere ilişkin yeterli bilgiyle bu zihinden çıkarmanın mümkün olduğu sanılır genellikle. Yani, embriyon gelişimine ilişkin “küçük

adam” teorisine uzaktan bir benzetmeyle, yaratılan eserin –ancak mikroskobik ya da kodlanmış biçimde olsa bile– yaratıcının içinde yer aldığına inanırız. Oysa durum böyle değildir. Bir şair tek bir kelime ya da ibareden yola çıkabilir –anlamsız ya da sıradan olan, ama söz konusu anda ona çekici gelen bir kelime ya da ibare. Şairin hemen öncesinde ne düşündüğünün ya da hissettiğinin bilinmesi halinde, bu kelime ya da ibarenin niçin birdenbire anlamlı hale geldiği açıklanabilir. Ama daha sonra olan şey açıklanamaz: Kelime öngörülmemiş düşünceleri ve çağrışımları uyandırabilir; bunun yeni düşünce ve duygu yönelişlerinin önünü açması, akla başka kelimeleri getirir ve böylece genişleyen bir anlam çemberi içinde ansızın beliren, özerk, kendi kendini örgütleyici bir sistem ortaya çıkar –bu sistem hâlâ şairin geçmişteki bilincine dayalıdır, ama artık ona indirgenemez.

Bu süreci açıklamak için mutlaka yaratıcılığa başvurmak gerekmez. Daha evrensel bir olayı, anne babaların yeni doğmuş çocuğa tepkisini ele alalım. Genetik ve evrimci psikoloji anne babaların yavrularıyla niçin ve nasıl bağ kurduğuna ilişkin epeyce şey anlatabilir. Çocuk büyötmek en eski insan deneyimlerinden biridir; soyumuzun ortaya çıkışından beri her kuşakta yaşanmıştır. Bununla birlikte, bebekler ve doğum hakkında herşeyi bilsek dahi, kişinin kendi çocuğunu ilk kez görmesi öylesine nevi şahsına münhasır bir olaydır ki, hiçbir şey onu bu olaya yeterince hazırlayamaz. Olayın nüansları kişinin eşiyle, finansal durumuyla, genelde hayatıyla ilgili duygularına bağlıdır –bebeğin fiziksel görünümü ve davranışı bir yana bırakılsa bile. Bütün bu unsurlar ana olayla, yani bebeğin doğumuyla anlamlı bileşimler kurmaya çalışır. Ebeveyn hakkında olabildiğince bilgi edinerek bu bileşimi kestirebilirsiniz; ama ebeveynin bilincini etkileyen de-

ğişken faktörlerden birçoğunun dışsal olması nedeniyle tahmin kesinlikten uzak olacaktır.

Psikoloji bilinç akışını ilgi alanı içine alacaksa, bu işe istediğimiz geleceğe dair bilinçli tercihlerde bulunmamız için gerekli bilgileri sağlayarak başlayabilir. Eklenen her bilgiyle birlikte, sorumluluklarımız artıyor. Geçmişte yavaş ilerleyen evrim arabasının yolcuları gibiydik. Şimdi evrim uzaya fırlatılmış bir roketle daha çok benziyor ve artık yolcu değil, pilot konumundayız. Ne tür insanlar yaratacağız? Makine ve bilgisayarlarımızın ete kemiğe bürünmüş kopyaları mı? Yoksa, kozmosa açık bir bilince sahip varlıklar, geçmişte benzeri görülmemiş yönlerde neşeyle evrim gösteren organizmalar mı?

Psikoloji ikinci doğrultuda ilerlemeye dönük belirtiler göstermeye başlıyor. ABD ve yurtdışındaki çeşitli merkezlerde bilgelik, hayatın amaçları, içkin güdü, maneviyat gibi –hepsi de yirmi-otuz yıl önce topluma aykırı gelen– konular ciddi uzmanlarca araştırılıyor. Amerikan Psikoloji Derneği’ndeki son başkanlık döneminde, Martin E. P. Seligman meslek bünyesinde zihinsel sıkıntıları iyileştirme yönündeki geleneksel hedeflerin ötesine geçen “Olumlu Psikoloji” akımını başlattı. Şimdiye kadar sağlanan başarılar arasında, bütün çağlarda ve kültürlerde görülen –bilgelik, yiğitlik, azim ve dürüstlük gibi –“güçlü yan”ların bir listesinin çıkarılması yer alıyor. Bir sonraki adım olarak, böyle güçlü yanların nasıl işlendiğine dair bilgiler toplanıyor. Zamanla bu bilgiler herhalde mesleğe sinerek, tedavi ve önlemeyle eşit ağırlık kazanacak. Önümüzdeki elli yılın güçlüklerine başarıyla karşı koymak için böyle bir bilime ihtiyaç duyacağız.

MIHALY CSIKSZENTMIHALYI Macar asıllı ve çok yönlü bir bilimci-
 dir. Geçmişte Chicago Üniversitesi Psikoloji Bölümü'nün başkanlığını
 yapmıştır. Halen California'daki Claremont Lisansüstü Üniversitesi'nde
 Davidson İşletme Kürsüsü profesörüdür. Optimum deneyim psikolojisi
 alanındaki araştırmaları ve teorileri, dünyanın birçok önemli şirketinin
 genel müdürlerinin yanı sıra Bill Clinton ve Tony Blair gibi devlet adam-
 larınca uygulamaya geçirilmiştir. Kitapları arasında çok satılanlar listesi-
 ne giren *Flow: The Psychology of Optimal Experience* (Akış: Mutluluk
 Bilimi, Yaşam Niteliğini Yükseltmek İçin Gereken Adımlar, çev: Semra
 Kunt Akbaş, Ankara: Hyb Yayıncılık, Ocak 2005); *The Evolving Self: A
 Psychology for the Third Millennium* [Gelişen Benlik: Üçüncü
 Milenyum Yönelik Bir Psikoloji]; *Creativity* [Yaratıcılık] ve *Finding
 Flow* [Akışı Bulmak] sayılabilir.

ROBERT M. SAPOSKY

Elli Yıl Sonra Hâlâ Hüzünlü Olacak mıyız?

Yeni yüzyılın ilk turuna girdiğimiz şu sıralarda karşı konulmaz iki eğilim var. Birincisi döküm yapmak, yani bir anlamda geçen yüzyılın en önemli olayına ya da başarısına zafer tacı vermek; ikincisi ise ileriye bakmak. Benim uğraş alanımda olan biri için, görev yirminci yüzyılın hastalığını seçmek ve önümüzdeki yüzyılda izleyeceği yörüngeyi saptamak.

Adaylar üzerinde düşünürken, 1900'den bu yana alt edilmiş olan hastalıklara odaklanabilir insan. Bu alandaki mantıklı seçim çiçek hastalığıdır, çünkü ortadan kaldırılması tıbbın büyük zaferlerinden biridir; ama duygusal tercih çocuk felci olacaktır –dünyanın gelişmekte olan birçok kesiminde hâlâ kol gezmesinin rahatsız edici bir gerçek olmasına karşın. Batı dünyasında bile birçok kişi çocuk felcinin bir musibet olmaya devam ettiği geçen yüzyılın ilk yarısındaki “çelik ciğer” dehşetini hâlâ hatırlar. Bundan sağ kurtulmuş, ellili ya da daha yüksek yaşlardaki birçok kişi bu hastalığın son yankısı olan çocuk felci sonrası sendromu yüzünden yatağa bağlanmış durumda. Bu sendromda çocuk felcinin zayıflatıldığı, ama yok etmediği sinir-kas sistemlerinin aradan geçen yıllarda yaşlanması kas zayıflığına ve dumuruna yol açar. Dahası, konunun Sabin/Salk aşılıarı çekişmesinden do-

layı insanların ilgisini çeken bir açısı var. Yoksa, yapılacak seçim tarihteki seyriyle aşağı yukarı aynı hızda ilerleyen, yani modern bilimce alt edilememesi açısından haber değeri taşıyan bir hastalığı mı esas almalı? Bu durumda, sıtma yarışmaya uygun bir aday sayılır. Bir de geçen yüzyılda nam salarak öne çıkmış hastalıklar var –kanser, kalp hastalığı, yetişkin tipi diyabet ve Alzheimer hastalığının yanısıra, bel- belli ki AIDS.

Fakat ödöl insanı yıkıma uğratan, şaşırtıcı biçimde modern tıbbı dirençli kalan ve salgına dönüşmüş olan bir hastalığa verilecekse, benim adayım majör depresyon olacak. Bu terimle başımızdaki dert her neyse, dünyanın sonu olmadığı kavrayana kadar bizi günlerce bedbaht durumda bırakan bir kötüleşmeyi kastetmiyorum. Majör depresyon, pençesine kapılanları aylarca, yıllarca aciz bırakır; bu kişiler bir keder kuyusuna batar, iş hayatında, aşkta, sosyal ilişkilerde, uyku ve yemek düzeninde güçlükler çeker. Hayatı sürdürme gücünü bile bulamayabilir; majör depresyon geçiren insanların yaklaşık yarısı ömürlerinin bir aşamasında intihar girişiminde bulunur. Depresyon klasikleşmiş modern psikiyatrik hastalıktır: Genetik, sinirsel-kimyasal ve hormonal yönler taşıyan ve zihinsel “rahatsızlığa” yol açan bir biyolojik bozukluktur; çaresizlik duyguları üreten bir ortama son derece duyarlı bir bozukluktur.

Majör depresyon içler acısı düzeyde yaygındır; gelişmiş dünyada insanların yaklaşık yüzde 15’ine ömürlerinin şu ya da bu aşamasında acı çektiriyor. Üstelik, gittikçe daha yaygın hale geliyor: Batılı ülkelerde depresyon oranları son elli yılda muntazaman yükselmiştir. Günümüzde depresyonlu insanların geçmişe oranla tıbbi yardım istemeye daha yatkın olması ve sağlık görevlilerinin 1950’lerdeki doktorlara oran-

la daha rahatlıkla depresyon teşhisi koyması nedeniyle, bazıları bu bulguyu muhtemelen düzmece sayarak sorgulayabilir; ama söz konusu incelemeler psikiyatride şimdiye kadar yapılmış ve böyle karışıklıkları hesaba katmak amacıyla dikkatlice kontrol edilmiş en titiz epidemiyolojik incelemeler arasındadır. Depresyon oranı gerçekten de sürekli artmaktadır.

Peki, majör depresyonun önümüzdeki elli yılda izleyeceği seyir konusundaki görüşüm ne? Ne yazık ki, bu tıbbi afetin yok olmaya doğru gitmediğini ve pekala daha yaygın hale gelebileceğini sanıyorum.

Niçin bu sonuca varıyorum? Öncelikle, stres ile depresyon arasındaki bağlantıları ve ayrıca hayatımızı daha stresli hale getiren belirli durumları anlamak can alıcı bir konu. Bizi (ve bedenimizi) bir dışsal güçlüğü katlanılmaz ölçüde stresli saymaya yatkın kılan koşullar var: Bunu denetim altına alma duyusundan yoksun olmak. Ne zaman ortaya çıktığını ve ne kadar kötüye gideceğini kestirmeyi sağlayacak bilgilerden yoksun olmak. Güçlüğün bir sonucu olarak ortaya çıkan asabiyetler için çıkış noktaları da dahil olmak üzere sosyal destekten yoksun olmak. Psikolog Martin Seligman ve Pennsylvania Üniversitesi'nden meslektaşları 1970'lerde son derece yararlı bir depresyon modeli geliştirmişlerdir. "Öğrenilen çaresizlik" adlı bu model, yukarıda sayılan değişkenlere dayanıyor. Bir psikolojik stres etkeniyle karşılaştığımızda, çoğumuz bunu gerekli bağlama oturtabilir, bir çember içine alabilir ve dünyanın bundan ibaret olmadığını kavrayabiliriz. Yani, stres etkeniyle başa çıkarız. Depresyon böyle bir çembere almada yetersiz kalmak, yaşanan durumu genelleştirmek ve şöyle bir çarpık sonuca varmaktır: "Bu gelişme sırf denetim altına alamadığım berbat bir şey değil.

Herşey berbat ve hayatımda şimdiye kadar denetim altına alabildiğim hiçbir şey yok.” Bu ıstıraplı çeken kişi çaresiz olmayı öğrenmiştir. Her ne kadar yeterli ağırlıkta bir stres ne-redeyse herkesi böyle bir sonuca iterse de, depresyon bakımından biyolojik olarak riskli bireylerin daha düşük bir eşiği vardır. Belirli bir biyolojik düzeyde, majör depresyon bir stres etkeninden sonra yeniden dengeyi sağlayamamak ve bunun yerine zamanla içe işleyerek başlı başına bir varlık kazanan bir çaresizlik duygusuna yenik düşmektir.

Neden gittikçe artan bir oranda depresyona kapılıyoruz? Neden bu oranın yükselmeye devam edeceğini düşünüyorum? Umutlar boşa çıkmazsa, bu salgına karşı tampon işlevini görmesi gereken epeyce şey var. Sözgelimi, elli yıl sonrasının bir genç kızı, geçmişteki kadınlara oranla, yetişkinlik çağında bir sinir cerrahı, bir genel müdür, bir futbol yıldızı vs. olarak meslek seçimini denetleme şansını daha fazla elde edecek. Kurumlaşmış ayrımcılık, Yahudi kotaları, “İrlandalıların Başvurmasına Gerek Yok” tabelaları tarihe karışacak. Geleneksel olarak dışlanmış insanların birçoğu, çaresizliğe itici ağır terbiyeye bir bakıma daha az maruz kalacak. Ve de bazı bakımlardan, gezegenimiz aslında daha az acımasız olacak: İyimser bir yaklaşımla en azından kendini idare etmeye yakın koşullarda yaşayan insanların yüzdesinin artacağı tahmin edilebilir. Dünya genelinde kölelik, dul kadınları yakma ve tecavüz oranlarında pekala düşüşler olabilir –bu belki de insan soyundan çok fazla şey ummak olsa bile.

Dahası, bilim bu hastalıkla mücadelede gittikçe ustalıkli yollar buluyor. Depresyonda muhtemelen işlemez hale gelen bazı sinir ileticilerini, yani beyindeki kimyasal ulakları öğrenmiş durumdayız. En dikkat çekici örnek, depresyonla

ilgisi olabilecek duygusal düzenlemedeki rolleri de kapsam üzere geniş çapta işlevleri bulunan serotoninidir. Hali-hazırda en geçerli tahmin depresyonun ya serotoninin bir ulak olarak gereğinden az kullanılmasıyla ya da hedef nöronların serotonin iletilisine gereğinden az duyarlılık göstermesiyle ilgili olduğudur. Bunu destekler nitelikteki en güçlü kanıt, nöronlar arasında sinyal iletimi için kullanılabilecek serotonin miktarını oldukça seçici bir şekilde arttıran meşhur anti-depresan Prozac'ın etkinliğidir. Piyasaya çıkmak üzere olan sonraki kuşak Prozac daha çabuk ve daha güçlü etki gösterecek; erkek hastalarda ara sıra cinsel işlev bozukluğu ve hafızada veya yoğunlaşmada sorunlar gibi, öncelinin sebep olduğu yan etkileri daha az yaratacak. Stresin, çaresizlik duygusunun ve böyle durumlarda salgılanan hormonlardan bazılarının depresyona bağlı bazı sinirsel-kimyasal değişimlere nasıl yol açabileceği hakkında da bazı şeyler öğrenmiş bulunuyoruz. Bunun bir sonucu olarak, depresyonu hormon düzeyinde tedavi edecek yeni terapiler yönünde öncü çalışmalar yürütülüyor.

Depresyona ilişkin diğer bölüm pörçük bilgilerimiz de yerli yerine oturuyor. Uzun süreli depresif hastalardan birçoğunun beyinde anormal ölçüde küçükmüş gibi görünen alanlar vardır –özellikle belli bellek tiplerinin oluşumunda kilit bir rol oynayan hipokampus. Uzun süreli ve ağır depresyon öyküsü olan kişilerde böyle bir hipokampus durumuyla bağlantılı bellek noksanlıkları görülür. Depresyona açık olmaya yol açan genetik katkılar –örneğin, beyindeki serotonin kaçağının ya da stres-hormon sentezinin işleyişinde genetik farklılıklar –hakkında bazı şeyler öğreniyoruz.

Böyle bulguların yeni terapi ufukları açması kaçınılmazdır ve bu yönde ipuçları daha şimdiden ortaya çıkıyor. Bel-

ki de en heyecan verici ilerleme, bizi birey kılan biyolojiyi daha iyi anlamada yaşanacak. Bu bilgiler depresyonun bireysel tetikleyicileri konusunda daha kapsamlı bir anlayışı getirecek.

Sağladığımız bilimsel ilerlemeler ve çaresizlik duygumuzu azaltan faktörler göz önünde tutulduğunda, daha hüzünlü hale geleceğimizi neden varsayıyorum? Bunun sebebi esas olarak mevcut uygarlığımızda depresyon yaratıcı epeyce şeyin hâlâ bulunmasının bende uyandırdığı etki. Yöneldiğim sonuca dönük belli bir kızgın eleştiriyi şimdiden tahmin edebiliyorum. “Günümüzde herşeyin ne kadar zorlu olduğundan yakınmaya mı başlayacaksın? Peki, Barbara Tuchman’ın Avrupa’sı için ne demeli? Veya Büyük Ekonomik Bunalım? İkinci Dünya Savaşı’nı hiç duydun mu?”

Tuchman’ın uzak aynasındaki on dördüncü yüzyıl yaşamını bildiğim kadarıyla, o dönemde herkesin depresyonlu olması, ortaçağ Batı dünyasındaki insanların ruh halinin bizimkinden temelde farklı olması bana gayet akla yakın görünüyor. Ama günümüzde son elli yılın zorlayıcı özellikleri depresyon yaratmaya özellikle yatkındır –bunun sebebi büyük ölçüde hayatın iç karartıcı özelliklerinin gittikçe artan bir sıklıkla sosyal destek bağlamının dışında ortaya çıkmasıdır. Geleneksel avuntu kaynaklarımız önümüzdeki yıllarda hiç kuşkusuz gittikçe dumura uğrayacak. “Aile” yapısı düşmesi pek beklenmeyen boşanma oranıyla bağdaşmak zorunda kalacak; kararlı toplulukların bağlantılılığı çok değer verdiğimiz hareketlilik ve anonimlik özgürlükleriyle bağdaşmak zorunda kalacak. Ömrünü akrabalarla ve arkadaşlarla çevrili olarak küçük bir kasabada geçiren kişilere kültürümüzde artık nadiren rastlanıyor.

Dahası, bu yöndeki beklentimize rağmen ve belki de on-

dan dolayı, teknolojimizin yaşadığımız stresi azaltması uzak bir ihtimal. Bize zaman tasarrufu kazandıran icatlar geliştirmeye devam edeceğiz ve ardından alışlagelmiş biçimde, yapılacak işlere dair beklentimizi yeniden ayarlayarak yukarıya çıkaracağız. Yeni maddi lüksler yaratacağız, ama ardından kazanım anlayışımızın taban çizgisini yeniden belirleyeceğiz. Zilyonlarca zimbirtımız ve boş zamanla dolu hayat tarzlarımız var; ama hangi kahvaltı gevreğinin, plastik cerrahinin, yeni model arabanın ya da yeni model eşin bizi sonunda mutlu kılacağına karar vermek için uğraşıp durduğumuzdan, çoğu kez bu seçeneklerin içi boş.

Yaşadığımız stres etkenlerinin birçoğu genelleşmiş çaresizlik duygusu için tam biçilmiş kaftan. Belki daha uygar geleceğimizde acımasızlığa karşı daha fazla kısıtlamalar olsa bile, bu kısıtlamaları çiğneyenler daha büyük bir teknolojik erişime sahip olacak. Silah deposu ya da milis gücü yerine sopa kullanan şehir zorbaları türeyecek. Küresel medya köyümüz beş yüze yakın mevcut kablolu kanallarından ne her zeler saçarsa saçsın, ilgi alanı içindeki her dehşetin kabalığını boğucu bir keskinlikle yakından yaşatacak: Komşu şehirde hareket halindeki arabadan açılan ateş, komşu kıtada soykırım, ölmekte olan bir çocuğun ya da ölmekte olan bir ekosistemin trajedisi.

Fakat depresyon oranlarının neden artıyormuş gibi göründüğünü açıklama açısından, başlı başına kritik önem taşıyan istatistiksel bir sebep var. Bizler geçen yüzyılın sonlarında etnik toplulukların temizlenebileceğini, liselerin mezbahaya çevrilebileceğini ve ABD başkanlarının aile yaşamlarının sefilce bozulabileceğini öğrendiğimiz şeffaflıktan sonra toparlanmaya çalışırken, yanı başımızda çocuklarımız oturuyor. İşte size hayati iki olgu: Depresyonun görül-

me sıklığındaki artış en belirgin olarak gençler ve genç yetişkinler arasında görülüyor; hayatın ilk evrelerindeki başlıca stres etkenleri yetişkinlik döneminde depresyon riskini kesinkes arttırıyor. Çocukluk kişinin dışsal koşulları üzerindeki denetim gücünün erimini ve etkisini, ayrıca güvenilebilecek avuntu kaynaklarını öğrendiği dönemdir. Çocuklarımıza gittikçe daha küçük yaşlarda zehirli bir sırrı, yani dünyanın acı ve hüznle dolu olduğunu ve bu konuda pek de yapılabilecek bir şey bulunmadığını öğrenme fırsatını vermiş bulunuyoruz. Hiçbir çocuk bu keşif karşısında kuşatıcı çemberler kurmaya bir yetişkin kadar alışkın olamaz. Gösterilecek tepkilerden biri kayıtsız bir kazanım duygusu edinmek ve böylece rahat yaşamayı en iyi intikam olarak görmektir; bu eğilim başlı başına bir salgın halini almış bulunuyor. Kendi insani durumunu düşünmeyi empatiyle birleştirenler arasında daha yaygın görülen diğer tepki, kederi öğrenme eşiğini aşağıya çekmektir. Bu kederin tohumları daha şimdiden sonraki kuşağa ekilmiş durumda.

Peki, kimya sayesinde daha iyi yaşama çabasına, kendimizi olduğumuzdan daha iyi hissetmemizi ve acıdan kurtulmamızı sağlayacak yeni haplar arayışına ne demeli? Hali hazırda kullanılabilen anti-depresanlar genelde çok etkili değil. Birçok depresif hasta dayanılmaz yan etkiler yüzünden ilaç almayı kesmek zorunda kalıyor. Diğer depresyon mağdurları bir ölçüde rahatlık bulana kadar yıllarca farklı ilaçlarla deneyler yapıyor mecburen. Ama zamanla yere serici bir yumruk vurulacağını, yani depresyona defol diyerek bu bozukluğu arşivlere gönderecek bir ilaç atılımını niçin var saymalıyım ki? Böyle bir şeyin olmayacağı apaçık ve bilim uzmanları da bunu biliyor. Bu makaleyi yazarken, “Depresyon mu? Çok kolay iş, yirmi yılda üstesinden gelinir,” mea-

lindeki sözlerini alıntı olarak verebileceğim bir ilaç şirketi pazarlama müdürü bulmaya çalıştım. Ama hiçbiri bunu söylemedi. Hastalığı alt etme konusunda iyimser olmaları için tutulmuş insanlar bile bu yönde bir vaatte bulunmadı.

Hiç de şaşırtıcı bir durum değil. Tıpta ilerleme çeşitli yollardan sağlanabilir –sivrisineklerden kurtulmak için bataklıkları kurutmak, bir Afrika köyünde dünyanın son çiçek hastalığı vakasının izini sürmek, bir hücrenin nasıl kanserli hale geldiğini ya da bazı Makyavelist virüslerin kendilerini yok etmesi öngörülen bağışıklık sistemini nasıl yok ettiklerini anlamak. Ancak depresyon bu tür yaklaşımlara boyun eğdiren bir tıbbi sorundur; hayatın cilvelerine karşı asla bir aşı bulunamayacak. Sonuç olarak, bu hastalığı araştıran bilimcilere, klinik uzmanlarına ve evrimci psikologlara yöneltilmesi gereken soru neden birçoğumuzun depresyona yenik düşeceği değil, çoğumuzun bundan kaçınmayı nasıl başara-
cağıdır.

ROBERT M. SAPOLSKY Stanford Üniversitesi'nde biyoloji bilimleri ve Stanford Tıp Okulu'nda nöroloji dersleri veren bir profesördür. Ayrıca Kenya Ulusal Müzeleri'nde bir araştırma uzmanıdır. Stres ve nörolojik hastalık üzerine asıl araştırmalarını laboratuvarında yürütmekle birlikte, yirmi üç yıl boyunca bir yaban babunu topluluğunu ve bu hayvanlarda stresle ilişkili hastalık kalıpları ve kişilik arasındaki ilişkiyi incelemek üzere her yıl Doğu Afrika'nın Serengeti bölgesine geziler yapmıştır. En son kitabı *A Primate's Memoir* [Bir Primatın Öyküsü] Afrika'da geçirdiği yılların bir ürünüdür. Ayrıca *Stress, the Aging Brain, and the Mechanisms of Neuron Death* [Stres, Yaşlanan Beyin ve Ölen Sinirlerin Mekanizmaları] ile bilim dünyası dışındaki okurlara dönük *The Trouble With Testosterone, and Other Essays on the Biology of the Human Predicament* [Testosteron Belası ve İnsanın Açmazlarının Biyolojisi Üzerine Diğer Yazılar] ve *Why Zebras Don't Get Ulcers: A Guide to Stress, Stress-Related Diseases, and Coping* [Zebralar Neden Ülser Olmaz: Bir Stres Kılavuzu, Stresle Bağlantılı Hastalıklar ve Mücadele Yolları] adlı kitapları vardır.

STEVEN STROGATZ

Fermi'nin “Küçük Buluşu” ile Kaos ve Karmaşıklık Teorisinin Geleceği

Chicago Üniversitesi'ndeki bir tenis kortunda yürütülen gizli deneyler sırasında, Enrico Fermi 2 Aralık 1942'de, atom bombasını geliştirmede can alıcı önemde bir adım olan ilk nükleer zincirleme tepkimeyi gerçekleştirdi. En azından kamuoyunda hep bu yönüyle hatırlanacaktır. Oysa bilimciler arasında, Fermi'ye olağanüstü geniş ilgi alanından dolayı saygı duyulur. O hem bir teorici, hem de bir deneyci olarak kendi bilim dalında zirveye ulaşmış belki de son kişiydi. “Şimdiye kadar gördüğüm en zeki adam olarak beni sarstı –eh, belki de bir istisna dışında en zeki adam,” diye değerlendirmişti onu Jacob Bronowski muzip bir ifadeyle. “Toplu, ufak tefek, güçlü, keskin bakışlı ve çok şık biriydi; yöneldiği istikamette her zaman şeylerin en dibini görebiliyormuşçasına bir zihin berraklığıyla ilerlerdi.”

Fermi 1954'teki ölümünden kısa bir süre önce, fizikçilerin sıradan bir problem sayacağı eğlenceli bir uğraşa girdi. Bu basit ve güzel bir soruydu –öyle fazla gerçekçi bir şeye dönük değildi; sadece hep merak ettiği temel bir konuyu kurcalamanın bir yolunu sağlayacaktı. Fermi'nin aradığı fırsat önüne çıkmıştı. O sırada Los Alamos'u ziyaret ediyordu ve yeni MANIAC aygıtını, dünyanın ilk süper-bilgisayarını denemek için bahane arıyordu. Bu binmemek için ken-

dini tutamadığı bir spor araba gibiydi.

John Pasta ve Stanislaw Ulam'la birlikte çalışmaya koyulan Fermi, makineden otuz iki parçacıklı bir esnek zincirin binlerce titreşiminin simülasyonunu çıkarmasını istedi. Bütün sistemin kimyasal bağlarla birarada tutulan ideal ve tek boyutlu bir atom kafesini temsil ettiği sanılıyordu. Küçük titreşimlerde kimyasal bağlar doğrusal biçimde davranırlar: İki kat öteye gerdiginizde, aynı sertlikle iki kat geri çekilirler. Geleneksel katı hal fiziği bütünüyle bu tahmin üzerine kuruludur. Ama Fermi titreşimlerin büyümesi halinde, gerçek bağların doğrusal olmayan biçimde hareket edeceğini biliyordu. Böyle bir durumda ne olacağı konusunda kimsenin elinde bir ipucu yoktu. O dönemin matematiği cevap verebilecek düzeyde değildi; hiçkimse bu kadar çok parçacıktan oluşan ve doğrusal olmayan bir sisteme ilişkin denklemleri çözemiyordu.

Hiç kuşkusuz, asıl mesele tam da buydu. Fermi'nin böyle bir problemi hazırlamasının sebebi alışlagelmiş yöntemlerle anlaşılamamasıydı. MANIAC aygıtının yardımıyla, o ve çalışma arkadaşları doğrusal olmayan duruma, klasik fiziğin en karanlık köşesine bir ışık tutmak üzereydi. Buldukları şey sarsıcıydı. Zinciri karıştırıp durgun halden çıkardıklarında, doğrusal olmayan durumların sonuçta sistemin ısıyla çözülmesine yol açmasını bekliyorlardı –yani, sistem aynı güçle sallanan bütün olası titreşim biçimleriyle, bozulup bir rastlantısallık haline girecekti. Termodinamik böyle olacağını belirtiyordu. Ama bilgisayar hayır dedi. Çok uzun bir süre sonra, parçacıklar neredeyse tam tamına başlangıç konumlarına döndüler. Bu tuhaf tekrarlama, doğrusal olmayan durumun şaşırtıcı bir düzen kaynağı olabileceği yolunda insanlığın yakaladığı ilk belirtiydi. Doğrusal olmayan

durum kaos doğurur ve doğrusal olmayan durum kaosu dindirir.

Fermi tekrarlama fenomenine sevindi ve Ulam'ın aktardığına göre, sevecen bir ifadeyle bunu "küçük bir buluş" olarak nitelendirdi. Ama maalesef sonuçlarının yayımlandığını göremeden öldü. Pasta ve Ulam ortak bildiriye onsuz yazmayı içlerine asla sindiremediler; bunun yerine, Los Alamos'un bir iç raporu olarak sessizce dağıtılar ve Fermi'nin toplu eserlerinin bir parçası olarak yayımlanmasına kadar on yıl beklediler.

Fermi-Pasta-Ulam problemi 1950'lerin başlarında herhalde son derece garip görünmüş olmalı. O dönemde fiziğin ilgisi tamamen kuantum elektrodinamiğine dönüktü. Hiçkimse klasik mekanik gibi kemale ermiş ve kurumuş bir şey üzerine düşünmüyordu. Bu konu üç yüz yıl boyunca baştan aşağı didiklenmemiş miydi? Fermi ise tam tersine konuya pek dokunulmadığı görüşündeydi; doğrusal olmayan bütün problemler eskiden olduğu kadar kafa karıştırıcıydı. Dönüp geçmişe baktığımızda, Fermi'nin hem problem seçimi, hem de bunu çözmek için tasarladığı çılgır açıcı bilgisayar deneyi açısından ne kadar uzak görüşlü olduğunu anlayabiliriz. Onun vizyonu –gereğince genelleştirildiğinde– aslında yaşadığımız döneme ve doğrusal olmayan dinamiğin önümüzdeki elli yılına daha uygundur.

Doğrusal olmayan dinamik 1953'te, çok daha yüksek sayıda osilatör şöyle dursun, bağlı iki osilatörle ilgili soruları bile zar zor çözmüştü. Osilatörler mühendislerin ilgi alanı içindedi. Mühendisler yirminci yüzyılın ilk yarısı boyunca, doğrusal olmayan durumdan yararlanmaya dayalı harika aygıtlar yaptılar: En eski radyo ve televizyonları çalıştıran

vakum lambaları; radar ve iletişim araçları için faz kilitli döngüler; hassas optik aygıtlar ve göz cerrahisi için lazerler. Bütün bu icatlar doğrusal olmayan ve kendisini sürdürebilir osilatörlere, spesifik olarak da bunların birbirleriyle ya da dışarıdan gelen bir sinyalle senkronize olma eğilimine dayanmaktaydı. Ama bu teknolojilerin hepsi az sayıda, genellikle bir ya da iki osilatör kullanmaktaydı. Çok büyük dizilerin kurulması söz konusu değildi; yüksek sayıda birimin kolektif davranışını öngörmeyi sağlayacak matematik henüz geliştirilmemişti.

Etkileşim içindeki çok sayıda parçacığı ele alabilecek tek disiplin, trilyonlarca molekülden oluşan gazların davranışını açıklamak üzere tasarlanmış fizik dalı olan istatistiksel mekanikti. Fermi istatistiksel mekanığın bir ustasıydı ve termodinamik dengedeki sistemlerde gayet güzel işlediğinin bilincindeydi. Ne var ki, denge dışı fenomenler bambaşka bir konuydu. Fermi-Pasta-Ulam simülasyonlarından çıkan şaşırtıcı sonuç tam olarak buydu: Sistem beklenen şekilde kararlı dengeye oturmuyordu. Sıradan istatistiksel mekanik bunu derinlemesine çözmekten uzaktı.

Fermi'nin deneyini izleyen elli yılda gerek doğrusal olmayan dinamik, gerekse istatistiksel mekanik olgunlaşmış ve bir ölçüde örtüşmüş bulunuyor. Son yirmi-otuz yıldaki büyük teorik zaferlerin birkaçı her iki disiplinden alınan tekniklerden yararlanarak çarpıcı ilerlemeler sağladı. Fizikçi Mitchell Feigenbaum düzenli davranıştan kaotik davranışa geçişe yön veren belli evrensel yasaların bulunduğunu göstermek üzere, istatistiksel fizikten alınma ve Nobel ödüllü kazandırmış “normale dönme grubu” adlı yöntemi kullandı. Öngörülerini çok geçmeden kalp hücreleri, kimyasal tepkiler ve yarıiletkenler gibi değişik sistemlerde doğrulan-

dı. Teorik biyoloji profesörü Arthur Winfree biyolojik osilatörlerden oluşan büyük şebekelerin senkronizasyon sürecinin, kritik bir sıcaklık noktasının altında suyun birdenbire donarak buza dönüşmesi gibi bir faz geçişine çarpıcı biçimde benzediğini gösterdi. Karmaşık sistemlere ilişkin başka çığır açıcı modeller –Stuart Kauffman'ın gen şebekeleri modeli, Per Bak'ın kendi kendine düzenlenmiş kum yığınları, John Hopfield'in yapay sinir ağları– istatistiksel mekanikğin doğrusal olmayan dinamiklerle kaynaşması sonucunda aydınlatılmış örneklerdir.

Doğrusal olmayan dinamiğin ilerleyişi birkaç düzenleyici ilkenin yön verdiği basit bir mantıksal yapıyı izler. En önemli ilke daha küçük sistemlerin büyük sistemlerden daha kolay olmasıdır. Doğrusal olmayan problemlerin çözülen ilk örnekleri sadece iki değişkeni kapsayanlardı. Sözgelimi, sallanan bir sarkacın durumunu tamamen o andaki konumu ve hızı belirler; bu iki sayı verili olduğunda, gelecekte herhangi bir anda nerede olacağını tam olarak kestirebiliriz.

Üç değişkenli problemler çok daha savruk, yani kaotik olabilir. Kaos determinist kurallarla düzenlenmiş bir sistemin yine de gelişigüzel ve görünüşte kestirilemez biçimde davranabileceği anlamına gelir. Edward Lorenz ve diğer kaos teorisyenlerinin 1960'tan 1985'e kadar yürüttüğü çalışmalarla, bu kararsız davranış biçiminin yaygın olduğu saptandı ve evrensel özellikleri açıklandı. Ekosistemlerdeki canlı topluluğu dalgalanmalarından bir musluktan düzensiz su damlayışına kadar, her yerde kaos bitiverdi. Çok geçmeden şifreleme ve hatta müzikal varyasyonları besteleme gibi pratik amaçlar için kaosu yola getirme yolları bulundu.

O zamandan beri doğrusal olmayan dinamiğin sınırı çok

daha büyük sistemlere, tipik olarak etkileşim içindeki olağanüstü yüksek sayıda birimlerden oluşan şebekelere kaymış bulunuyor. Bu bakımdan, geniş bir bağlı osilatörler dizisine dayanan Fermi-Pasta-Ulam problemi çağdaş bir sezgi taşır. Bu bağlı sistemler sınıfı içinde, en içinden çıkılmaz problemlerde bize yol gösteren başka düzenleyici ilkeler vardır. Bunlardan bazıları şebekenin tekil bileşenleriyle ilgili belirlemelerdir: Sözelimi, osilatör birimlerinin kolektif davranışını kestirmek kaotik birimlerininkine oranla daha kolaydır. Özdeş birimler değişken birimlerden daha kolaydır. Diğer ilkeler ise birimlerin nasıl bağlantıya girdiği üzerinde durur: Düzenli ya da gelişigüzel mimariye sahip şebekeler daha ince bağlantılılığa dayanan şebekelerden daha kolaydır. Hep birlikte alındığında, bu deneysel çalışmalar bizi ayrı kafesler ya da başka basit düzenlemeler halinde bağlanmış özdeş osilatörlerden oluşan büyük sistemleri incelemeye götürüyor. Doğrusal olmayan dinamiğin son birkaç yıldaki evrimi bu yöndedir. En güncel konulardan biri çok sayıda bağlı lazerin, nöronun ya da Josephson bağlantısı olarak bilinen süper-iletken aygıtın dizilerindeki senkronizasyonudur. Bazı araştırmacılar ayrı kafesler yerine sıvılar, kimyasal tepkimeler, sinir ve kalp dokuları gibi kesin-tisiz mecralardaki örüntü oluşumuna bakıyor. Belki en heyecan verici çalışma, kalp aritmisinin en ölümcül biçimi olan karıncık fibrilasyonunda rol oynadığı sanılan sarmal dalgaların dinamiğiyle ilgilidir.

Doğrusal olmayan bu büyük çaplı sistemlerin yakın akrabaları, Santa Fe Enstitüsü'ndeki araştırmacıların ifadesiyle " karmaşık uyarlanma sistemleri "dir –çekişme içinde her biri kendi ortamına uyarlanan ve böylece diğer her unsur açısından ortamı değiştiren milyonlarca canlının, kimyasal

maddenin, şirketin ya da borsa işlemcisinin oluşturduğu sanal dünyalar. Bu durumlara ilişkin bilgisayar simülasyonuna dayalı modeller besbelli ki kurgusaldır; ama şaşırtıcı çeşitlilikte problemlerde doğal seçilimin etkisi konusunda ilginç ipuçları sunar: Ekosistemlerin esnekliği, hayatın kimyasal kökleri, piyasada şirketlerin kavgası, borsada hisselerin yükselişi ve inişi.

Bu Darwinci simülasyonlar birçok bakımdan Fermi-Pasta-Ulam çalışmasının ikinci kuşak düşünsel ürünleridir. Bilgisayara yaklaşımlarındaki benzerlik dikkat çekicidir: Bir hesap makinesi değil, karanlıkta el yordamıyla yol bulmamıza yardımcı olan bir keşif aracı, bir işaret feneri. Doğrusal olmayan karmaşık sistemlerde beklenmedik düzene duyulan ortak hayranlık ve modellerde gerçekçilikten yoksunluk dikkat çekicidir. Fermi'nin tek boyutlu parçacık zinciri nasıl kristal kafesin bilinçli bir basitleştirmesiye, günümüzün bilgisayar simülasyonuna dayalı karmaşık uyarlanma sistemleri de gerçek ekosistemlerin ve gerçek piyasaların ka- ba karikatürleridir. Bu şimdilik iyi stratejidir; ama önümüzdeki yirmi-otuz yılda bu alanın olgunlaşması gerekir. Asıl güçlük içgörüyü feda etmeksizin yapıya daha fazla gerçeklik katmayı sağlayacak yollar bulmaktır.

Aşılması gereken ilk engel karmaşık şebekelerin bağlantılılığını tanımlamaktır. Mevcut modellerimizde varsayılan ideal düzenli ya da gelişigüzel topolojiler yerine, gerçek şebekelerin aslında nasıl bir yapıya dayandığını öğrenmemiz gerekiyor. Beynin nasıl hesap yaptığını ya da hücrelerin neden kanserli hale geldiğini anlamamız açısından bu şarttır. Son üç yıldır, besin zinciri ağlarından sinir sistemlerine ve elektrik dağıtım şebekelerinden internete kadar uzanan şebekelerin ayrıntılı mimarisini inceliyoruz. Şaşırtıcı olan şey

bunların hayret verici bir çeşitlilik göstermekle birlikte, bazı evrensel yapı motiflerini paylaştırmalarıdır.

Örneğin, hepsi küçük-dünya (popüler olarak bilinen ifadeyle altı kademeli ayrılık) fenomenini sergiliyor: Neredeyse bütün düğüm çiftleri dikkat çekici ölçüde kısa bağlantı zincirleriyle birbirine bağlanıyor. Dahası, düğüm başına bağlantı sayısı genelde bir güç yasası dağılımını izliyor; normal çan eğrisinden çok daha yoğun bir kuyruk ortaya çıkıyor. Bunun anlamı şu: Düğümlerin ezici çoğunluğu zayıf bağlantı içinde; ama web dünyasındaki Yahoo veya biyokimyasal tepkime şebekelerindeki ATP gibi önemli sayıda devasa odaklar da var. Bu topolojik özellikler şebekelerin destekleyebileceği kolektif dinamik türlerini etkiliyor olsa gerek –tesadüfi aksamaya ya da bilinçli saldırıya direnç, kötü etkiyi yayma ya da küresel ölçümü destekleme yeteneği gibi dinamikler. Ama halihazırda bir şebekenin topolojisinin genel dinamiğiyle ilintisinin nasıl kurulacağı konusunda hiçbir fikrimiz yok.

Aslına bakılırsa, fizik bilimleri dışında dinamiklerle ilgili az sayıda iyi model var elimizde. Biyoloji, sosyoloji ve iktisatta şebekelerin yaygın olmasına karşın, genler, insanlar ya da şirketler arasındaki etkileşimlere yön veren kurallar hakkında çok az şey biliyoruz. Önümüzdeki elli yılda bertaraf edilmesi gereken ikinci engel bu. Verilerden yerel dinamik çıkarsamak için bir yol bulmadığımız sürece, karmaşık sistem modellerimiz karikatürlerin ötesine asla geçemeyecek.

Bunun nasıl yapılacağını klasik bir örneği, Alan Hodgkin ve Andrew Huxley'nin kalamar vücut eksenile ilgili elektro-fizyolojik ölçümlerden sinir dinamiğinin taslağını çıkarmasıdır (1952). Onların sinir zarı boyunca voltajı herhangi bir değere göre ayarlamaya ve orada tutmaya olanak

veren kontrollü deneyler yürütebilme gibi bir avantajı vardı. Volta'nın bir fonksiyonu olarak zar içindeki sodyum ve potasyum akışı ile diğer akımları ölçerek, tek bir nöronun doğrusal olmayan dinamiğinin kesin bir portresini elde ettiler.

Sıkıntı, haliyle bu stratejinin genelde yeterli olmamasıdır. Başka ortamlarda istenen bir dizi düzeyde herhangi bir değişkeni saptamak imkansız olabilir. Yine de, gerekli çıkarsamaları yapmak için daha dolaylı yollar olabilir. Sözgelimi, bir hücrenin işleyişini denetleyen genetik şebekeleri ele alalım. Artık elde edilebilen DNA çipleri sayesinde, binlerce farklı genin eşzamanlı aktivitesini zamanın bir fonksiyonu olarak ölçebiliyoruz; ama hangi genlerin birbirleriyle iletişime girdiklerini ve birbirlerinin aktivitesini nicel bakımdan nasıl etkilediklerini hâlâ bilmiyoruz. Bütün bu bilgiler DNA çipleriyle ilgili verilere bir şekilde yansısı da, şifreyi nasıl çözeceğimizi henüz bilmiyoruz. Çok sayıda zaman serisi ölçümünden dinamik çıkarsamak için sistematik yollar geliştirebilirsek, bu ilerlemenin muazzam sonuçları olacaktır –sadece biyoloji için değil, sosyoloji ve iktisat için de.

Bağılantılılığı tanımlama sorunu, dinamiği çıkarsama sorunundan çok daha kolaydır. Bununla birlikte her iki engeli bertaraf etmeyi başarsak bile, bütün manilerin en temeline çatacağız. Etkileşim içindeki milyonlarca değişkenli ve doğrusal olmayan sistemleri incelemeye giriştiğimizde, böyle bir durum kaçınılmazdır. Engel Fermi-Pasta-Ulam probleminde embriyon haliyle ortaya çıkmıştı ve işin doğrusu şu ki, hiçkimse bu konuda ne yapacağını bilemiyor. Şimdiye kadar konuyu gözardı ettik ya da ortaya attığımız soruları kolayımıza geldiği gibi değiştirdik; ama bir noktada bununla doğrudan yüzleşmek gerekecek.

Söz konusu güçlük, basitçe ifade etmek gerekirse, beynimizin ancak üç boyutu görselleştirebilmesidir. Evrim bizi bu şekilde donatmıştır. Bilgisayar destekli alıştırma ile, belki birkaç boyutu daha belli belirsiz algılayabiliriz. Ama milyonlarca şeyi gözümüzde canlandırabileceğimizden kuşkuluyum.

Bu konu niçin önemli? Çünkü yaklaşık yüz yıldan beri, Henri Poincaré'nin kütleçekimiyle ilgili üç cisim probleminde kaosu varlığını bulmasından beri, geometri doğrusal olmayan dinamikte en iyi bağlaştığımız olmuştur. Doğrusal olmayan denklemlerin genellikle kapalı biçimde çözemediğini, dolayısıyla cebirsel formüllerin bu alanda işe yaradığını akılda tutmak gerekir. Poincaré formüllere ihtiyacımızın olmadığını gösterdi bize. Ona göre, doğru türden resimleri çizerek, doğrusal olmayan bir sistemin kilit özelliklerinden birçoğunu anlamak mümkündü. Poincaré'nin yöntemi her durum değişkenine bir eksen verir; böylece yalnız iki ya da üç değişken devreye girdiğinde, dinamiği kolayca görselleştirebiliriz. Ama günümüzün milyonlarca değişkenli problemlerinde tıkanıp kalmış durumdayız. Geometrik yaklaşım hâlâ değerlidir ve daha soyut akıl yürütme biçimleri kullanılarak, bazı ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak doğrudan görselleştirme olmayınca, dinamik konusunda körleşiriz.

Türbülans olayının uzun süre teorik anlayışa kafa tutmasının sebebi işte budur. Düzenleyici denklemleri yüzyılı aşkın bir süreden beri bilmemize rağmen, getirdikleri çözümlerin Poincaré tarafından tanımlanan “durum uzayı”nda nasıl davrandığını göremiyoruz. Özellikle uzun süreli dinamiğin özü olan “çeker”leri gözümüzde canlandıramıyoruz, çünkü durum uzayı sonsuz boyutludur.

Bu canavarı katlettiğimizi ileri sürebilirsiniz. Gazların ya

da miknatısların istatistiksel mekanikinde durum uzayının Avogadro sayısı (23 haneli bir rakam) düzeyinde boyutları vardır. Yine de söz konusu sistemleri gayet iyi anlamaktayız. Doğru, ama sadece termodinamik dengede olduklarında. Bu durumda uzun süreli davranışın istatistiksel özelliklerini biliyoruz; denge dağılımının bize anlattığı şey budur. Şimdi sıkıntıya düşmemiz tam da bundan kaynaklanıyor. Karmaşık sistemlerin uzun süreli istatistiksel davranışını anlamıyoruz; çünkü bunlar dengeden uzak. Ve “çeker”leri de görselleştiremediğimiz için, ne yapacağımızı bilemiyoruz.

Richard Feynman kırk yıl önce sorunu şöyle ortaya koymuştu: “İnsan aklının sonraki büyük uyanış çağı, denklemlerin nitel içeriğini anlamayı sağlayacak bir yöntemi pekala yaratabilir. Günümüzde bunu yapamıyoruz. Günümüzde su akışı denklemlerinin, dönen silindirler arasında görülen türbülansın apaçık yapısı gibi şeyler içerdiğini göremiyoruz. Günümüzde Schrödinger denkleminin içinde kurbağaların, müzik bestecilerinin ya da ahlakın yer alıp almadığını göremiyoruz. Bunun ötesinde Tanrı gibi bir şeye gerek olup olmadığını söyleyemiyoruz. Bu nedenle hepimiz her iki yönde güçlü kanaatler taşıyabiliriz.”

Sonraki büyük uyanış çağına ulaşmamız için, boyutluluk belasından kurtulmamız gerekecek. Kurtarıcıları bilgisayarlarda aramalı. Makul düzeyde akıllı hale geldiklerinde, bilgisayarların herhangi bir sayıda boyutu görselleştirebilmeleri gerekir. Daha şimdiden simülasyonlarımızı uygulama gibi bir ırgatlık işini yapıyorlar; belki de günün birinde karmaşık sistemlerde kendi kendini düzenlemenin yasalarını ortaya çıkaracaklar.

Bu spekülasyon daha geniş kapsamlı bir konuyu gündeme getiriyor: Bilgisayarlar teorik bilimi bizden daha iyi ya-

par hale geldiğinde, bu işle uğraşmaktan yine keyif alacak mıyız acaba? Eğer içgörülerini bizim kavrayabileceğimiz nitel terimlerle ifade ederlerse, bilgisayarlar birer protez gibi, yani felsefi bakımdan elektron mikroskoplarından daha tehditkar olmayan uzantılarımız gibi görüneceklerdir. Buna karşılık kapalı kutu gibi davranırlarsa, esrarlı ve çoğu kez tedirgin edici kahinler gibi görüneceklerdir. Matematiğin bazı alanlarında, böyle bir durum daha şimdiden yaşanıyor. Bazı teoremler bilgisayarlarca kanıtlanmış bulunuyor; ama kanıtların sayısız ya da çapraşık altyapılara dayanması nedeniyle, hiçbir insan bunları kontrol edemiyor. Derin Mavi'nin (Deep Blue) Garry Kasparov'a karşı yaptığı bazı satranç hamleleri de aynen bu mahiyetteydi.

Karmaşık sistemlere dönük araştırmalar açısından geleceğin barındırdığı akıbetin bu olup olmadığını merak ediyorum. Kendi kurduğu makinelere ayak uyduramayan ve şaşırtıcı sonuçları karşısında afallayan seyirciler konumuna düşebiliriz.

Enrico Fermi bu tekinsiz duyguyu hissetmiş ilk kişi olabilir. Tasarladığı bilgisayar deneyi, bilimle uğraşmada büsbütün yeni bir tarzı yarattı. Bunun yüksek hızlı ilk bilgisayarların mimarı olan ve Jacob Bronowski'nin bir keresinde "istisnasız tanıdığım en zeki adam" diye nitelendirdiği çağdaşı John von Neumann'ın çalışmalarıyla mümkün olması tam cuk oturmuş sayılır.

STEVEN STROGATZ Cornell Üniversitesi Uygulamalı Matematik Merkezi'nde profesördür. Çok satılan ders kitabı *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering* [Doğrusal Olmayan Dinamik ve Kaos: Fizik, Biyoloji, Kimya ve Mühendislik Alanlarındaki Uygulamalarıyla] ve genel okur kitlesi için yakında çıkacak olan *Sync*'in [Eşzamanlılık] yazarıdır. İnsan uykusu ve günlük ritimler, kaydırma dalgaları, bağlı osilatörler, senkronize ateşböcekleri, Josephson bağlantıları ve küçük-dünya şebekeleri üzerine çığır açıcı araştırmaları *Nature*, *Science*, *Scientific American*, *New York Times*, *The New Yorker*, BBC Radio ve CBS News gibi birçok yayın organında haber konusu olmuştur.

STUART KAUFFMAN

Hayat Nedir?

Moleküler biyolojinin zafer çağını yaşadığı ve insan genomunun ilk taslağının çıkarıldığı günümüzde, “Hayat nedir?” sorusunun cevabını bildiğimiz sanılabilir. Oysa bilmiyoruz. Moleküler makineler, metabolizma çevrimlerinin parçaları, genetik şebeke çevrimleri, zarın biyolojik sentezi hakkında bölük pörçük bilgilerimiz var. Ama bağımsız varlığa sahip bir hücreyi canlı kılan şeyi bir türlü yakalayamıyoruz. İşin özü gizemliliğini koruyor.

Önümüzdeki elli yılda bu soruya cevap vereceğimizi ve cevabın biyoloji bir yana, fizik ve kimyada bile belirgin bir değişimi gerektireceğini sanıyorum. Doğrusu, biyoloji açısından, hayatın temellerine ilişkin bir anlayış yerküre biyolojisinin, bildiğimiz tek biyolojinin kısıtlamalarından kurtulmuş bir genel biyolojiye zemin hazırlayacaktır. Evrenin her yanındaki biyosferleri düzenleyen yasaların bulunup bulunmadığını sorabileceğiz.

Üstün akılların bir cevap bulma çabasından geri kaldığı söylenemez. Bunların belki de en ünlüsü, bu makalenin başlığıyla aynı adı taşıyan ve savaşın yoğun olarak yaşandığı 1944 yılında fizikçi Erwin Schrödinger gibi yabana atılmayacak bir deha tarafından yayımlanan bir kitaptır. Ancak Schrödinger’in parlak kitabında kilit soruya verilen cevap,

böyle bir başlığın akla getirdiği sorunun cevabı olmaktan uzaktı. Onun kilit sorusu biyolojik sistemlerdeki şaşırtıcı düzenin kaynağıyla ilgiliydi. Schrödinger buna cevap verirken, akıl yürütmeye bu düzenin parçacık sayısının karekökü ölçeğinde dalgalanmaların bekleneceği istatistiksel ortalamaya bağlı olamayacağı sonucunu çıkardı. Mutasyonlar için en son röntgen indüksiyon hadlerini kullanarak, bir genin en fazla birkaç yüz ile birkaç bin arasında atomdan oluşabileceğini doğru biçimde kavradı. Karekök n dalgalanmaları, organizmalarda görülen kalıtsallığa sığamazdı. Bu nedenle Schrödinger bazı parlak atılımlar yaptı: Düzenin klasik fiziğe değil, kuantum fiziğine dayanan kimyasal bağların, özellikle de eşdeğerli bağların kararlı olmasını gerektirdiğini ileri sürdü. Ardından basit bir kristalin çok fazla şey “söyleyemeyeceği”ni, çünkü birim kristalin yapısının anlaşılmasından sonra, o birimin özdeş tekrarının daha fazla şey “söyleme” yeteneğini katmadığını belirtti. Böylece zekice bir yaklaşımla, periyodik olmayan kristallere dönük bir sav ortaya attı; bunların ayrıntılı yapısı organizmanın gelişimini belirleyen bir mikro-kod içeriyor olmalıydı. Schrödinger haklıydı. Aradan daha dokuz yıl geçmişti ki, Watson ve Crick DNA’nın periyodik olmayan katı maddesinin yapısını buldu. On yıl kadar sonra da genetik kod anlamında mikro-kod çözüldü.

Organizmalarda düzenin kaynağını parlak biçimde öngörmüş olsa bile, acaba Schrödinger hayatın ne olduğu sorusuna cevap vermiş miydi? Bence hayır; böyle bir kanıya niçin vardığımı yekten söyleyemem. Bu makale soruya cevap bulmaya yönelik bir alternatifi açıklama çabamın bir parçası.

Hareket noktam farklı bir imge ve soru. Bir glikoz ram-

pasına doğru yüzmekte olan bir bakteriyi gözünüzde canlandırın. Hepimiz ona hiçbir şekilde bilinç yüklemeksizin, bakterinin yiyeceği kapacağını duraksamadan söyleriz. Yani, bakteri bir ortam içinde kendi başına hareket ediyordur. Bir ortam içinde kendi başına hareket edebilen bir sisteme *özerk etken* adını vereceğim. Bağımsız varlığa sahip bütün hücreler ve organizmalar özerk etkenlerdir. Ama bakteri bir şekilde düzenlenmiş moleküllerden oluşan bir fiziksel sistemden “ibaret”tir. O halde sorum “Biyolojide düzenin kaynağı nedir?” yerine, “Özerk etken sayılması için, bir fiziksel sistem nasıl olmalı?” biçimine bürünür.

Size geçici cevabımı vermek açısından, ileriye doğru atlayacağım: Bir özerk etkenin kendini çoğaltma ve ayrıca en az bir termodinamik iş döngüsünü yerine getirme gücüne sahip bir fiziksel sistem olması gerektiği kanısındayım. Bakteriyi, kamçılara dayalı motor dönüşünü ve içinde yüzmekte olduğu su mecrasına karşı koyuşunu ele alalım. Bakteri kendini çoğaltma gücüne sahiptir ve yüzmeye sırasında iş döngüleri yapar.

Bu noktada bir dizi konu ilgi çekmek için hemen aklımaza üşüşür. Bakteriyi kendi başına hareket etme özelliğiyle tarif ederken, aslında insanların eylemlerini tarif ederken kullandığımız dili uygulamaktayım. “Yapmak”, “hareket etmek”, “amaç” ve “tercih” kavramları insanlar açısından tamamen bildik şeylerdir; Wittgensteinvari bir dil oyununa ya da hepimizin yaşadığı hayat tarzına derinlemesine sinmiş unsurlardır. “Kendi başına hareket etme” kavramını bir bakteri için kullanmanın uygunluğu konusunda şüpheye düşsek dahi, insanlar için geçerli eylem, iş ve amaç dilinin bir fizik dünyasında nereden geldiği yönündeki can sıkıcı soru yine ortaya çıkacaktır. Bizler de basbayağı birer fiziksel

sistemiz. Bu bakımdan öteki zihinlere ilişkin felsefi problemin yanısıra, kendi dil oyunumuzu biyolojik dünyaya taşıırken ne kadar ileriye gideceğimize dair problemi atlayıp geçelim. Bana kalırsa, bu dili bağımsız varlığa sahip organizmaları, hatta tek hücreli bakterileri kapsayacak şekilde düpedüz genişletmekteyiz –yuva kuran bir çift kuşu ya da cıvıllar yaparak fırlatmanızı sağladığı değneğin peşinden koşan köpeğinizi belirtmeye hiç gerek yok. O halde bakterilerle ilgili sorumu bana çok görmeyin. Eğer haklıysam, özerk etkenler eylem ve iş, dolayısıyla kendi başına hareket etme üzerine kurulu dil oyunu için gerekli ve yeterli koşuldur.

Özerk etkene ilişkin geçici tanımımla, hayatın ne olduğuna dair yeterli bir tanıma kazara varmış olabilirim. Canlı olduğu apaçık, ama üreme yeteneğinden yoksun katır ve buna benzer bazı kaçınılmaz uç örnekler söz konusu olsa bile, etkenliğin hayatla eş kapsamlı olması kesin gibidir. Özerk etken tanımımın yeterliliği veya hayat tanımı için elverişliliği konusunda ısrar edecek değilim, ama öyle olduğunu sanıyorum.

Bilimde tanım çemberleriyle ilgili birkaç sözüm var. Newton'un ünlü $f = ma$ denklemini düşünün ve kendinize m 'den bağımsız olarak f 'yi nasıl tanımlayabileceğinizi sorun. Kuvvet, kütleye ivme kazandıran şeydir; eylemsizlik kütlesi ise kuvvet aracılığıyla ivmeye karşı koyan şeydir. Poincaré (benim de yakınlık duyduğum, ama bütün fizikçilerin benimsemediği) şu görüşü savunur: $f = ma$ bir tanım çemberidir; bu denklemde kuvvet ve kütle birbiri açısından döngüsel biçimde tanımlanmıştır. Bu tanım çemberi göksel mekaniğin şahika olduğu gerçeğini önlemez. Darwin'in doğal seçilimin uyarlanmaları ayıkladığı ve bu uyarlanmaların canlıları döl vermeye daha yatkın kılan özellikler olduğu yo-

lundaki savını ele alalım. Burada da evrim teorisini Darwin'in derin görüşlerini hatırı sayılır başarıyla kullanmaktan alıkoymayan bir tanım çemberi söz konusudur.

Benim özerk etken tanımım bir tanım çemberi olduğu gibi, yeni bir dil oyununa, iş ve eylem diline bir sıçrayıştır. “Kendini çoğaltma” ve “iş döngüleri”nin özerk etkenlerden bağımsız olarak tanımlanması açısından, gerçek anlamda bir tanım çemberi değildir; ama özerk etkenlerin kendi başına hareket etme yeteneğine sahip olduğu saptaması bir tanım çemberidir. Tekrar belirtmek gerekir ki, bu durum tanımın değersiz ya da bilimsel yarardan yoksun olduğu anlamına gelmez. Özerk etkene ilişkin kısa tanımımın içeriğini anlamaya ve çözmeye çalışırken, kavramsal analizin garip yollarına sapmak durumunda kaldım, ki bu da tanımın en azından zengin ve kışkırtıcı olduğuna işaret eder. Sonuçta yararlı olup olmayacağını ise başkaları söylemelidir.

İşte size hem kendini çoğaltan, hem de bir iş döngüsü yürüten inandırıcı bir kimyasal sisteme ilişkin bir taslak. Bu sistem öncelikle kendini çoğaltabilen bir kısma dayanır. Kısım 6 nükleotit uzunluğunda bir DNA ipliği ya da bir 31-amino asit dizisi olabilir. Birincisi 3 nükleotit uzunluğunda iki dizinin bağlanışını katalize eder ve bunların birleşmesiyle ilk DNA heksameriyle tıpatıp aynı bir yapı ortaya çıkar. İkincisi ise biri 15 amino asit, diğeri 17 amino asit uzunluğunda iki parçanın bağlanışını katalize eder ve bunları ilk 31-amino asit dizisinin bir kopyasına dönüştürür. Bu arada şunu da belirteyim ki, Scripps'teki Ghadiri grubunun bir proteinin kendini çoğaltmasını sağlama başarısı, moleküler kopyalamanın mutlaka DNA ya da RNA benzeri bir molekülün şablon kopyalamasına dayanması gerekmediğini temelli olarak göstermektedir.

Varsayımsal özerk etkenimin iş döngüsü kısmı, pirofosfatın (PP) çözülme sonucunda bir serbest enerji kaybıyla birlikte iki monofosfata (P+P) dönüştüğü bir tür sanal kimyayla gerçekleşir. Bu serbest enerji DNA heksamerinin ya da 31-amino asit dizisinin artık kopyalamasına bağlanır. Buradaki “artık” terimi, çoğaltılan molekül sayısının çoğaltma tepkimesinin pirofosfat tarafından salınan serbest enerji kaynağına bağlanmaması halinde üretilecek molekül sayısından daha fazla olması anlamına gelir. Pirofosfatın çözülmesinden sonra, başka bir serbest enerji kaynağının ortaya çıktığını sanıyorum –bir fotonu soğuran bir elektron, yani kızıştırıcı elektron. Elektronun kızışmamış haline geri dönüşüyle birlikte, bu serbest enerji kaynağı yeniden pirofosfat sentezini, elektronun enerji itkisinin yokluğunda varacağı denge yoğunluğunun ötesindeki düzeylere yöneltmede kullanılır. Bir iş döngüsünün varlığı *PP’den P+P’ye ve ardından tekrar PP’ye* tepkime döngüsünde fosfatların dengeye ulaşmak yerine tepkime döngüsü etrafında “dönmesi”nden anlaşılır. Termodinamik bir iş döngüsünü yerine getiren bir moleküler motor söz konusudur burada.

Geçici özerk etkenimin bir dizi özelliği öne çıkar. Birincisi, sistem ancak kimyasal dengeden çıkarıldığında işler; etkenlik denge dışı bir kavramdır. İkincisi, sistem tamamen geçerli denge dışı kimyasal tepkime şebekelerinin, kendini çoğaltmayı ve iş döngülerini bir araya getiren şebekelerin yeni bir sınıfıdır. Daha önce ikisinin bağlantısını kurmamış olsak da, artık bunu deneysel olarak araştırabiliriz. Üçüncüsü, fizikçi Philip Anderson’ın bana belirttiği üzere, DNA heksamerinin ya da 31-amino asit dizisinin artık senteziyle, toplam sistem aynen hücrelerimizdeki DNA onarım enzimlerinde olduğu gibi, daha sonra hataları düzeltmede kullanı-

labilecek enerjiyi saklar.

Geldiğimiz noktaya kadar, bu makale geçerli bilim kapsamındadır. Bundan sonra ise, anlatılan şeyler peş peşe daha garip ve belki de daha sorunlu hale gelecek.

İlk mesele “iş” kavramının daha ayrıntılı incelenmesidir. Bir fizikçi için, iş bir mesafe boyunca etkiyen kuvvetten ibarettir. Bir hokey topuna bir hokey sopasıyla ivme kazandırıldığında iş yapılmış olur; bu da ivme kazanmış devinimi oluşturan küçük *ma* terimlerinin toplamı demektir.

Peki ama, sonuçta iş bu kadar basit midir? Belirli bir iş örneğinde, işi gerçekleştirmek için “düzenli” bir biçimde kuvvet uygulanır. Fizikçiler başlangıç ve çevre koşullarında, sürecin düzenlenişini gözetme gereğini hasır altı ederler. Ama başlangıç ve çevre koşulları nereden gelmiştir? Fizikçilerin tipik yaklaşımı buna cevap vermekten kaçınmaktır. Bir toptan atılan bir top güllesinin devinimini analiz etmeye yönelik bakış açısından, önceki olayları gözardı etmek, topun başlangıç koşullarını ve irtifasını, barutunu, gülle ağırlığını, rüzgar durumunu vs. esas almak ve böylece ileriye gidişi hesaplama yeterlidir. Oysa topu yapma, barut doldurma, ateşleme gibi aşamalar iş yapmayı gerektirmiştir. Top ateşleme olayının tam gelişimi bir şekilde geriye doğru ta Büyük Patlama’ya kadar gider. Bir biyosfer geride kalan 3,5 milyar yıl boyunca hep yeni başlangıç ve çevre koşullarının varlık kazanmasına dayanır. Fizikçilerin “şimdi” sistemin bir parçasını yalıtması, böyle sürekli yeni başlangıç ve çevre koşullarının evrimle nasıl ortaya çıktığı sorusuna cevap vermek için yeterli olmayacaktır.

İş kavramında eksik bir şeyin bulunduğunu kavramaya başlamanın ikinci bir yolu, yalıtılmış bir termodinamik sistemin –sözgelimi, termodinamik bakımdan yalıtılmış bir ku-

tudaki kapalı bir gazın— iş yapamayacağını kavramaktır. Ama kutu bir zar perdesiyle iki kısma ayrılırsa, bir kısım diğer kısma dönük iş görebilir; örneğin, birinci kısımda gaz basıncı daha yüksekse, zar ikinci kısmın içine doğru bel ve-rerek, onu etkileyecek mekanik iş yapar. Bu bakımdan evren en azından iki bölgeye ayrılmadığı sürece, evrende iş gerçek-leşemez. Dahası, böyle bir zar nereden gelmiş olabilir?

Bana en uygun gelen “iş” tanımı Peter Atkins’in termodi-namiğin ikinci yasası üzerine yazdığı kitapta var. Atkins işin bir “şey”, yani kısıtlanmış enerji salımı olduğunu belirtir. İçinde bir piston bulunan bir silindiri ve piston ile silindir başlığı arasında sıkıştırılmış bir aktif gazı gözünüzün önüne getirin. Bu gazın genişlererek pistonu dönük iş görmesi ve onu silindir boyunca aşağıya itmesi mümkündür. Kısıtlamalar nelerdir? Besbelli ki silindir, piston ve gazın ikisi arasında kısıtlanmasını sağlayan etken olarak, pistonun silindir içinde-ki yeri. Peki, bu kısıtlamalar nereden geldi? Eh, silindiri yap-mak işle, pistonu yapmak işle, gazı ve ardından pistonu silin-dirin içine koymak işle sağlandı. Böylece daha önce belirtil-meyen ilginç bir yeni döngüye varırız. Kısıtlamalar için işin ve iş için kısıtlamaların gerektiği bir durum ortaya çıkar!

Nitekim, Schrödinger’in periyodik olmayan kristalinin mikro-kodunda saklı bilgi kavramını çözmeye çalıştığımız-da, bir şey “söyleme” durumunun ancak işi meydana getiren enerji salımı üzerindeki kısıtlamaların düzenlenişiyle bir fi-ziksel sonuç taşıdığı görülür. Ama dahası da var. Salınan ve iş yapan enerji, enerji salımı üzerinde daha fazla kısıtlama kurmak için kullanılabilir; böylece enerji salımı daha fazla iş meydana getirir ve iş de daha fazla kısıtlama kurar. Bu nosyonların bize öğretilen fizik ya da kimyada yer almadığı-na dikkat edin. İş haline büründüğünde enerji salımı üzerin-

de daha fazla kısıtlama kurabilen enerji salımının üzerinde ki bütün bu kısıtlama kurgusunun aslında süreçlerin düzenlenişine ilişkin yeterli bir teoriyle köklü bir ilgisi olduğu yolunda çekingen önseziye kapılmaya başlıyor insan. Böyle bir teorinin taslağı bile henüz elimizde yok ve bu taslağın bilgi teorisinde yer almadığı kesindir.

Anlatmaya çalıştığım husus sırf retorik de değil. Bölünen bir hücre tam da az önce söylediğim şeyi yapar. Örneğin, hücre yağ asitlerinden ve diğer yapı taşlarından lipit molekülleri kurmak üzere termodinamik iş yürütür. Daha sonra lipitler düşük enerjili bir yapıya inebilir –lipozom denen içi boş bir “kabarcık” oluşturan bir bilipit katman. Aslında, hücre zarları içi boş bir yuvar oluşturan böyle bir bilipit katmandan ibarettir. Hücre kısıtlamaları değiştirmek için işte bu zarı kullanır. *A* ve *B* diye varsayımsal iki küçük organik molekülü ele alalım. Diyelim ki, bunlar üç ayrı kimyasal tepkimeden geçebiliyor:

- 1) *A* ve *B* tepkimeye girerek *C* ve *D*'yi oluşturabiliyor.
- 2) *A* ve *B* tepkimeye girerek *E*'yi oluşturabiliyor.
- 3) *A* ve *B* tepkimeye girerek *F* ve *G*'yi oluşturabiliyor.

Bu tepkimelerden her birinin tepkime koordinatları vardır. Böylece *A* ve *B*'nin tepkimeye girerek *C* ve *D*'yi oluşturma sürecinde, kimyasal-potansiyel duvar ve engeller *A* ve *B* moleküllerinin bozularak *C* ve *D* ürün moleküllerine dönüşmesine yol gösterir. *E*, *F* ve *G*'yi oluşturan tepkimelere yol göstermeyi de benzer duvar ve engeller yerine getirir. Bu durumda kimyasal-potansiyel duvar ve engeller, *A* ve *B*'nin tepkimeleri üzerindeki kısıtlamaları oluşturur. Dahası, hücrenin sıvı iç kısmından *A* ve *B*'nin dağılarak hücre zarına

girdiğini varsayalım. Zara girişle birlikte, A ve B moleküllerinin aktarımlı, dönüşlü ve titreşimli devinim biçimleri değişime uğrar. Bu da kimyasal-potansiyel duvarları ve A ile B'yi C ile D'den (aynı şekilde E'den ya da F ve G'den) ayıran engellerin yüksekliğini değiştirir. Böylece, termodinamik işle sağlanan hücre zarı oluşumu, A ve B'nin girebildiği kimyasal tepkimeler üzerindeki kısıtlamaları değiştirmiş olur. Bunun ötesinde, hücre bir amino asidin bir protein enzimine bağlanmasını sağlayan termodinamik işi yapar; bu süreç A ve B'yi birbirine bağlar ve E'ye ya da F ile G'ye dönüştürmek yerine C ve D'ye dönüştürür. Böylece hücre (burada kimyasal) enerjinin belirli patikalar boyunca salınması üzerinde kısıtlamalar kurmayı sağlayan termodinamik işi yapar. Bu enerji bir kere salındı mı, başka kısıtlamalar oluşturacak işler yapabilir.

Söylediğim şey doğru, ama normal bir şekilde konuşulduğunda değil. Aslına bakılırsa hücre, “çoğalma işi” demekte karar kıldığım işi yürütür. Bu iş düzenli enerji salımını bir noktada kısıtlamaların kuruluşuna, diğer noktalarda düzenli enerji salımına bağlar; sonuçta varılan bir süreç kapanışıyla, hücre aşağı yukarı kendisinin bir kopyasını yaratır. Bölünen her türlü hücre bu süreç düzenlemesini yürütür; bununla birlikte, bir hücrenin iki hücre, dört hücre, bir koloni ve en sonunda bir biyosfer yarattığı bir çoğalmayı sağlayan süreç kapanışını anlatabilecek bir dilin, en azından benim bildiğim bir matematiksel dilin olmaması hayret vericidir. Kendini çoğaltıcı bu süreç düzenlemesi, özerk etken kavramında yer alır. Söylediğim şeylerin hiçbir fizik yasasına aykırı düşmemesine karşın, fizik ve kimyanın bunları ele alacak dilden yoksun görünmesine dikkat çekerim. “Özerk etken”e ilişkin geçici tanımın ne kadar zengin görünmeye

başladığına da dikkat çekerim. Hücre her nasılsa, ancak sezebildiğim bir şekilde, bilgi kavrayışımızla ifade edilemeyen bir düzenleme biçimini sergiler –bu kavrayış gerçek fiziksel dünyadaki her türlü şeyin fiilen ortaya çıkışı üzerinde kısıtlamalar kuruluşuna değinmeye elvermez. Doğrusu, biyosferin çoğaltıcı birlikte-evrimi, serbest enerjinin kısıtlanmış biçimlerde yakalandığı ve salındığı gittikçe daha incelikli ve arınmış yolların sürekli ortaya çıkışının bir hikayesidir; bu süreçte yeni kısıtlamalar ve yapılar kurulur ve işin çoğalması iş elde etmeyi ve daha da incelikli yapılar kurmayı sağlar. Bir yağmur ormanını düşünmek yeter. Bu orman sorumlu bir merkezi makam olmaksızın ortaya çıkan ve bağlantılı süreçlerin tomurcuk saçıcı, iç içe örülü bir çeşitliliğini yaratan bir yapıdır. Evet, biyosfer düzenli işin çoğaltıcı ve bağlantılı kalıplarını yaratır. Ama bu kavrayışın matematik diline nasıl aktarılacağını bilme yolunda daha ilk adımı bile atabilmiş değilim.

Matematik diline nasıl aktarılacağını bilmememin sebebi, bu irdelemenin en tuhaf, en asap bozucu ve potansiyel olarak en köklü yönüne işaret ediyor belki de: Biyosfer aslında önceden hiç ifade edilemeyecek bir şeyi yapıyor olabilir. Eğer öyleyse, Newton, Einstein, Bohr ve Boltzmann'ın bize öğrettiği bilim yapma tarzı sınırlıdır. Biyosfer kendi “evre uzayı”nı sürekli değiştiriyor olabilir. Bu süreci anlatabilecek bir matematiksel çerçeve bilmiyorum. Ayrıca, doğru olması halinde, savım bütün olasılıkların önceden belirtilmesine elveren olasılık sıklığı yorumunu hasara uğratacak niteliktedir.

Konu Darwin'in *ön-uyarlanma* dediği şeyle bağlantılıdır. Ama önce yalın uyarlanmaları ele alalım. Kalbin işlevi nedir? Tamam, kalbin işlevi kan pompalamaktır. Ama kalp

gördüğü işlevin parçası olmayan sesler de çıkarır. O halde kalbin işlevi, nedensel sonuçlarının bir altkümesidir. Darwin kalbin seçilmesini sağlayan nedensel sonucun kalp sesleri çıkarmak değil, kan pompalamak olduğunu söylerdi herhalde. Bundan şöyle bir basit saptama çıkar: Yukarıda örnek verilen *A* ve *B*'nin ya da bir organizmanın her türlü parçasının işlevini anlamak için, bütün ortamı içinde organizmanın tamamını anlamak gerekir. Özerk etkenlerin vazgeçilemez bir doğal bütünlüğü vardır.

Şimdi ön-uyarlanmalara bakalım. Darwin'in fikri şudur: Organizmanın bir parçası normal ortamda seçim açısından önem taşımayan, ama tuhaf bir ortamda yararlı olduğu ortaya çıkan ve böylece seçilen nedensel sonuçlar barındırabilir. Büyük çaplı uyarlanmaların neredeyse hepsinin ve küçük çaplı uyarlanmaların neredeyse hepsinin ya da çoğunun bu yoldan ortaya çıktığına dikkat çekerim. Uçma, görme, işitme, akciğer, çene ve daha sayılabilecek bir sürü şey böyle ortaya çıkmıştır.

İşte size bilmecem. Misal olarak şimdiki yaşam biçimlerine açık bütün olası Darwinci ön-uyarlanmaları önceden sıralayabilir misiniz acaba? Daha kuralcı bir ifadeyle, bütün olası ön-uyarlanmaları sınırlı bir çerçevede önceden belirtebilir misiniz? Cevabın evet olduğunu düşünen birine şimdiye kadar rastlamış değilim. Böyle bir ön-uyarlanmalar dizisini sıralamaya nasıl başlamak gerektiği bile açık değil. İmdi, saptamanın doğru olduğuna derinden inanıyorum; ama bunun ampirik bir sav mı, yoksa matematiksel bir sav mı olduğunu bilmediğim gibi, nasıl kanıtlanacağını da halihazırda bilmiyorum.

Şimdi Gertrude adlı sincabın hikayesini sunayım. Günümüzden 23,25 milyon yıl önce yaşayan bu hayvancağızda,

geçirdiği benzersiz bir Mendelci başat mutasyondan dolayı, her biri kol bileğinden ayak bileğine kadar uzanan iki katlı post vardı. İşte bu yüzden, Gertrude o kadar çirkin sayılıyor-du ki, klanındaki hiçkimse onunla konuşmuyor, birlikte yemek yemiyor ve oynamıyordu. Bir gün bir manolya ağacında kara kara düşündüğü sırada, yakındaki bir çam ağacına tünemiş Bertha adlı bir baykuş onu gördü ve “Yemeğimi buldum!” diye geçirdi içinden. Pençeleri açık halde şimşek hızıyla aşağıya süzüldü. Dehşete düşen Gertrude, kollarını iki yana uzatarak ağaçtan fırladı. “Ciyaaaaahh!” diye bağırdı. Ve birden uçuverdi! Serseme dönen Bertha’dan epey uzaklaşarak yere kondu. Böylece Gertrude kendi klanında bir kahraman haline geldi ve bir ay sonra yakışıklı bir sincapla resmen evlendi. Efendim, söz konusu mutasyonun başat olması nedeniyle, çok geçmeden aynı şekilde iki katlı posta sahip bir sürü bebek sincap doğdu. İşte, sevgili okur, uçan sincapların varolmasının ardındaki sebep aşağı yukarı bu.

Şimdi, iki katlı postun o gün kanat işlevini göreceğini önceden söyleyebilir miydiniz? Belki. Bir bakterideki meçhul bir molekül mutasyonunun bu bakterinin bir kirpikli tek-hücreliden çıkan kalsiyum akımını saptamasını ve kaçmaya dönük önlem almasını sağlayabileceğini söyleyebilir misiniz? Sanmıyorum. Daha genel bir ifadeyle, bütün olası Darwinci ön-uyarlanmaları önceden belirtmek için gerekli kavrayışlara sahip olmadığımız ve bütün olası ortamları önceden belirtemeyeceğimiz görüşündeyim.

Bu öngörülemezliğin evrimi bir an olsun yavaşlatmaması dikkat çekicidir. Darwinci ön-uyarlanmalar sürekli ortaya çıkar. Böylece biyosfer önceden açıklayamadığımız bir şey yapıyormuş gibi görünür –kuantum belirsizliğinden ya da kaotik dinamik davranıştan dolayı değil, gerekli kavra-

yışları 6nceden bilmememiz nedeniyle.

Bu da biyosferin uygun olasılıklar uzayının, yani evre uzayının 6nceden belirtilemeyeceği anlamına gelir. Yani, biyosferin 6nceden belirtilemeyeceğimiz bir yaratıcılığı vardır. Bu durum Newton'un nasıl yapılacağını bize parlak biçimde gösterdiği işle belirgin bir tezat içindedir: Fizikte genellikle bütün olasılıklar dizisini, yani evre uzayını 6nceden belirtirtebilir, ardından yasalara, başlangıç ve çevre koşullarına başvurabilir ve parçacığın kendi evre uzayında ileriye doğru gidiş y6r6ngesini hesaplayabiliriz.

Biyosferde evre uzayını, olasılıklar uzayını belirtilemeyeceğimiz kanısındaayım. Eğer bir fizikçiyiseniz, şöyle diyebilirsiniz: "Efendim, sistemi klasik yaklaşımla ele alırsanız, [bir şekilde yalıtılmış] sistemdeki parçacıkların bütün konumlarının ve hızlarının klasik n-boyutlu evre uzayı her zaman vardır." Bu doğru olabilir; ama biyosferin gelişimi açısından 6nem taşıyacak değişkenler niteliğindeki uygun kolektif değişkenlerin (Gertrude'un kanatlarının) nasıl seçildiğini yine de 6ğrenmiş olmazsınız. Dolayısıyla bilgi konusunda daha 6nce farkına varmadığımız bir sınırlamayla karşı karşıya geldiğimiz s6ylenebilir. Evrim içindeki biyosfer 6nceden belirtilemeyecek bir şey yapıyor; bunun için gerekli kategoriler yok. Aynı şey, sanırım, teknolojik evrim için de geçerli: Bir y6zyıl kadar 6nce hiçkimse interneti 6ng6rmemişti.

İşin ilginç tarafı, eğer doğruysa, teknolojik olasılıkları 6nceden belirtilememe durumumuz, iktisatta g6n6m6z6n geçerli teorisinin 6z6n6 yok edecek niteliktedir. "Rekabete dayalı genel denge" denen bu teori, b6t6n olası mal ve hizmetlerin 6nceden belirtilebileceği varsayımından yola çıkar ve ardından piyasaların bunları takas ettiğini, yani b6t6n malların pazarlıkla belirlenmiş fiyattan alıcılara satıldığını ka-

nıtlar. Oysa bütün olası mal ve hizmetleri önceden belirte-medigimiz için, geçerli teori daha başından yanlıştır. Piyasa takasına odaklanırken, bu teori küresel ekonomiyle ilgili başat bir olguyu gözardı eder. Tıpkı canlı türlerinin çeşitliliği gibi, mal ve hizmetlerin çeşitliliği de bir patlama göstermiş bulunuyor. Niçin?

Fiziğin temel yasaları zaman-tersinirdir. Bize benimsetilen inanişa göre, termodinamiğin ikinci yasasının tersinmez oluşundan dolayı zaman devreye girer. Farklı görüşte değilim, ama biyosferde Darwinci ön-uyarlanmalardan dolayı, geçmiş ile gelecek arasındaki ayırmda örtük zaman okunun varlığına şaşıyorum. Görüldüğü kadarıyla bu durum ikinci yasadandır değil, Darwin'in değişkenlik ve seçim kurallarından kaynaklanıyor.

Son bir nokta. Evren büyük ölçüde tekrardan uzaktır, yani ergodik değildir. Sözelimi, 200 amino asit uzunluğundaki proteinlerin sayısını ele alalım. Toplam 20 amino asit bulunduğuna göre, 200 uzunluklu olası proteinlerin sayısı 20^{200} üzeri 200, yani kabaca 10^{260} 'tır. Şu anda bilinen evrendeki parçacıkların sayısı yaklaşık 10^{80} 'dir. Yaklaşık 13 milyar yıl önceki Büyük Patlama'dan beri, bütün olası proteinlerin yapılmış olup olmadığını soralım kendimize. Hızlı bir kimyasal tepkime bir femtosaniyelik (10^{-15} saniyelik) süreyi alır. Böylece Büyük Patlama'dan bu yana bir femtosaniye zaman ölçeğinde, eşleşebilir parçacıkların olası çarpışma sayısı $10^{80} \times 10^{80} \times 10^{33}$, yani 10^{260} üzeri 193'e eşit olur. Bu büyük bir rakamdır; ama 200 uzunluklu proteinlerin sayısı ile (10^{260}) karşılaştırıldığında ufak sayılır. O halde protein yapımı dışında hiçbir şey yapmamış olsa bile, evrenin 200 uzunluklu bütün olası proteinlerin yapımı için 10^{67} hayat tekrarına girişmesi gerekir. Dolayısıyla, atom çekirdeği dü-

zeyinin yukarısına çıkararak, organik moleküllerin (organizmaları, hukuk sistemlerini ya da Chevy kamyonlarını bir yana bırakalım) karmaşıklık düzeyine varıldığında, evren büyük ölçüde tekrardan uzaktır. Bunun anlamı şudur: Gertrude ilk uçuşunu başardığında, evrenin fiziksel ve moleküler gelişimini değiştirmiştir. Özerk etkenlerin girdiği eylemlerin birçoğu ya da büyük bölümü için de bu geçerlidir. Benzersiz bir yörüngede giden yolcularız ve yarattığımız somut fiziksel sonuçlar var. Öyle olmadığını mı sanıyorsunuz? Ay'a ulaşmak için Sovyetler Birliği'yle yarıştık, orada bir yığın şey bıraktık ve böylece güneş sistemi yörünge dinamiğini değiştirdik.

Ne tür bir sistemin kendi başına hareket edebildiğine dönük merakla başlayan çıkış noktamdan epeyce uzun bir yol almış durumdayız. Hayata ilişkin yeterli bir tanıma vardığıma emin olmamakla birlikte, pekala varmış olabileceğimi sanma eğilimindeyim. Dahası, önümüzdeki elli yılda böyle sistemlerin kuruluşunu deneysel olarak göreceğimize eminim. Bunlar birlikte evrim gösterirken, hayretle izleyeceğiz ve neler olup biteceğini önceden söyleyemeyeceğiz. *Jurassic Park* filminde “kaosçu” şu ünlü yoruma varır: “Hayat bir yol bulur.” Genellikle elimizde bu yolun ne olacağına dair pek fazla bir ipucu olmadığını eklemeyiz. Hayat doğası gereği açık uçludur ve hayatın anlaşılması fizik ve kimyanın yeni düzeylere, geleceğin önceden belirtilmiş kategorilerle kestirilebilir olmaktan ziyade açık olacağı düzeylere çıkarılmasını gerektirecektir.

STUART KAUFFMAN Pennsylvania Üniversitesi'nde ders vermeye devam eden emekli bir biyokimya profesörüdür. Bir teorik biyoloji uzmanı olarak, hayatın kökeni ve moleküler düzenin kökenleri üzerinde çalışmaktadır. MacArthur Vakfı'ndan destek almaktadır ve Santa Fe Enstitüsü'nde konuk öğretim üyesidir. Yirmi beş yıl önce geliştirdiği Kauffman modelleri, "özgürleştirici düzen" olarak nitelendirdiği kendi kendini düzenleme özelliğini gösteren rastlantısal şebekeleri açıklamaya yöneliktir. Karmaşıklık bilimini işletme yönetimi sorunlarına uygulayan The Bios Group adlı şirketin kurucu genel ortağı ve bilim kurulu başkanıdır. *Origins of Order* [Düzenin Kökenleri]; *Investigations* [İncelemeler] ve *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization* [Evrende Ev Sahibi: Kendini Düzenlemenin Yasalarını Aramak] (George Johnson'la birlikte) adlı kitapları vardır.

İKİNCİ BÖLÜM

PRATİK AÇISINDAN GELECEK

RICHARD DAWKINS

Moore Yasası ocuğu

İleriye giderek büyük başarı kazanmış kişiler bazen aşırı ileri giderek eğlenirler. Peter Medawar *The Double Helix* [İkili Helis] kitabını eleştirdiği makalesinde şunları yazarken ne yaptığını biliyordu: “Bu buluşlar kompleksinin [moleküler genetik] bilimin yirminci yüzyıldaki en büyük başarısı olduğunu kavrayamayacak kadar kalın kafalı biriyle tartışmanın hiçbir yararı yoktur.” Eleştirdiği kitabın yazarı gibi, Medawar küstahlığını alabildiğine haklı gösterebilir; ama onun görüşüne katılmamak için kalın kafalı olmanız gerekmez. Yeni-Darwinci Modern Sentez olarak bilinen şu önceki Anglo-Amerikan buluşlar kompleksine ne demeli? Fizikçiler görelilik ya da kuantum mekaniği için, kozmologlar genişleyen evren için sağlam bir gerekçe gösterebilir. “En büyük” şey sonuçta görüş birliğine varılamayan bir konudur. Ama moleküler genetik devrimi hiç tartışmasız bilimin yirminci yüzyıldaki –bir anlamda insan soyunun şimdiye kadarki– en büyük başarılarından biriydi. Önümüzdeki elli yılda onu nereye götüreceğiz veya o bizi nereye götürecektir? Yüzyılın ortasına vardığımızda, tarih Medawar’ın hakikate çağdaşlarının –ve hatta kendisinin– teslim ettiğinden daha yakın olduğu hükmünü verebilir.

Moleküler genetiği tek bir kelimeyle özetlemem istensey-

di, “dijital” kelimesini seçerdim. Hiç kuşkusuz Mendel’in genetiği soyağaçları yoluyla genlerin bağımsız tasnifi bakımından parçacıklı olması itibariyle dijitaldi. Ama genlerin iç yapısı bilinmiyordu ve fenotipik etkileriyle ayrılmaz biçimde iç içe geçmiş ve sürekli değişen niteliklere, güçlü yanlara ve çeşnilere sahip maddeler olmaları hâlâ mümkündü. Watson/Crick genetiği baştan başa dijitaldir, omurgasını oluşturan ikili sarmala varıncaya kadar dijitaldir. Bir bilgisayar sabit sürücüsünün büyüklüğünü gigabaytla belirlemedeki aynı duyarlılıkla, bir genomun büyüklüğü gigabazla ölçülebilir. Nitekim, iki birimi sabit değer çarpımıyla birbirine çevirmek mümkündür. Genetik günümüzde saf enformasyon teknolojisidir. Bir kutup balığından kopyalanan bir antifriz geninin bir domatese aktarılmasını sağlayan şey işte tam olarak budur.

Watson ve Crick’in kıvılcımını çaktığı patlama, ünlü ortak kitaplarından bu yana yirminci yüzyılın ikinci yarısı boyunca, her iyi patlama gibi katlanarak büyüdü. Bence kelimenin gerçek anlamında doğru olan bu saptamayı, alışılmış anlamıyla enformasyon teknolojisinden alınma ve daha iyi bilinen bir patlamaya benzetmeyle destekleyeceğim. Moore Yasası bilgisayar gücünün her on sekiz ayda bir ikiye katlandığını belirtir. Görüş birliğiyle benimsenmiş teorik dayanaktan yoksun bir ampirik yasadır bu. Yine de Nathan Myhrvold nükteli bir ifadeyle kendinden menkul bir dayanak sunar: “Nathan Yasası” yazılımın Moore Yasası’ndan daha hızlı geliştiğini ve bu yüzden Moore Yasası’na sahip olduğumuzu belirtir. Temelde yatan sebep ya da sebepler kompleksi ne olursa olsun, Moore Yasası yaklaşık elli yıl geçerliliğini korumuştur. Birçok analizci bir o kadar süre daha geçerli kalacağını ve insan ilişkilerine şaşırtıcı et-

kilerde bulunacağını öngörüyor –ancak burada beni ilgilendiren şey bu değil.

İlgilendiğim şey şu: DNA enformasyon teknolojisi için Moore Yasası'na eşdeğer bir şey var mı? En iyi ölçü hiç kuşkusuz ekonomik bir gösterge olacaktır; çünkü para, saat başına işin ve donanım maliyetinin iyi bir bileşik endeksidir. Aradan yıllar akıp giderken, standart miktarda bir paraya dizilişi çıkarılabilen DNA kilobazının kıstas rakamı nedir? Bu katlanarak büyüyor mu? Eğer öyleyse, katlanma süresi nedir? Bu arada (DNA biliminin enformasyon teknolojisinin bir dalı olduğunu gösteren bir başka veçhe olarak) şuna dikkat çekmeliyim ki, DNA'nın hangi hayvan ya da bitkiden sağlandığı hiçbir farklılık yaratmaz. On yıllık bir dönemde dizme teknikleri ve maliyet büyük ölçüde aynı kalır. Aslına bakılırsa, bizzat metin mesajı okunmadığı sürece, DNA'nın bir insandan mı, bir mantardan mı, yoksa bir mikroptan mı geldiğini anlamak olanaksızdır.

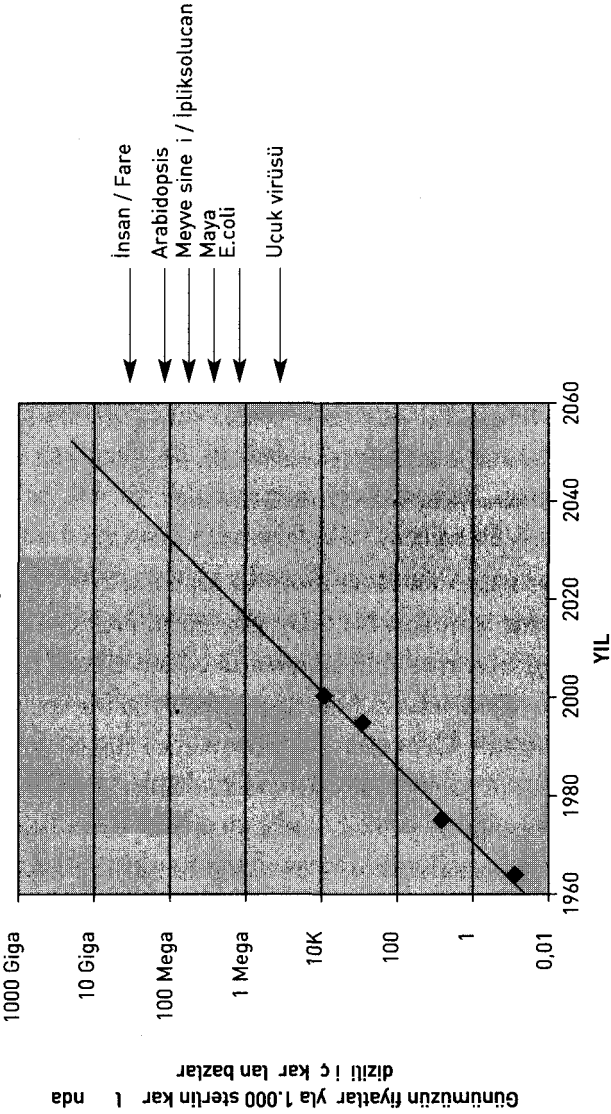
Ekonomik kıstasımı seçtikten sonra, pratikte maliyeti nasıl ölçeceğimi bilmiyordum. Bunu Oxford Üniversitesi'nde genetik profesörü olan meslektaşım Jonathan Hodgkin'e soracak kadar sağduyulu olduğum için şanslı sayılırdım. Kısa bir süre önce eski okulundaki bir konferansın metnini hazırlarken tam da bu konuyla uğraştığını memnuniyetle öğrendim. Dizilişi çıkarılabilen her baz çifti (yani DNA kodunun her "harf"i) için aşağıda sterlin cinsinden aktaracağım maliyet tahminlerini bana gönderme inceliğini gösterdi. DNA değil, ama RNA maliyetleri benzer bakterilerden alınmış 5S ribozomal RNA'yı dizmenin harf başına maliyeti 1965'te yaklaşık 1.000 sterlindi. 1975'te .X174 virüsünden alınmış DNA'yı dizmek harf başına yaklaşık 10 sterline mal olmaktaydı. Hodgkin 1985 için iyi bir örnek bula-

mamıştı; ama 1995'te *Caenorhabditis elegans* adlı ufak ipliksolucanın DNA'sını dizmenin harf başına maliyeti 1 sterlindi. (Moleküler biyologlar bu canlı türü karşısında haklı olarak öylesine büyülenirler ki, onu "şu" ipliksolucan ve hatta "şu" solucan diye anarlar.) İnsan Genomu Projesi'nin sonuçlandığı 2000 dolaylarında, dizme maliyeti harf başına yaklaşık 0,1 sterline indi. Pozitif büyüme eğilimini göstermek üzere, bu rakamları tersyüz edip sabit bir parasal miktar karşılığında dizilişi çıkarılabilen DNA niceliğine çevirdim ve enflasyon açısından gerekli düzeltmeyi yaparak, 1.000 sterlin tutarını seçtim. Ortaya çıkan 1.000 sterlin başına kilobaz değerlerini, katlanarak büyümenin düz bir çizgi görünümü kazanmasından dolayı elverişli olan bir logaritmik ölçeğin üstüne çizdim (karşı sayfadaki grafiğe bakınız).

Profesör Hodgkin'in bana belirttiği gibi, söz konusu dört veri noktasının yaklaşık hesaplamalar olduğunu vurgulamalıyım. Bununla birlikte inandırıcı ölçüde düz bir çizgiye yakın düşüyorlar ve bu da DNA dizme gücümüzdeki artışın katlamalı olduğunu gösteriyor. Katlanma süresi (ya da maliyetin yarılanma süresi) Moore Yasası'nın on sekiz ayıyla karşılaştırılabilir bir orantıyla yirmi yedi ayı buluyor. DNA dizme çalışmalarının (oldukça büyük ölçüde) bilgisayar gücüne dayanması bakımından, bulduğumuz yeni yasa muhtemelen Moore Yasası'nın kendisine epeyce şey borçlu olması, ki bu da şaka yollu başlığım "Moore Yasası Çocuğu"nu haklı kılıyor.

Teknolojik ilerlemenin mutlaka bu katlamalı şekilde sürmesini kesinlikle beklememek gerekir. Gerçi rakamsal bir döküm çıkarmış değilim, ama sözgelimi uçak hızının, arabalarda yakıt tasarrufunun ya da gökdelen yüksekliğinin katlamalı şekilde ilerlediğinin ortaya çıkmasına şaşardım

MOORE YASASI ÇOCUĞU



Dört veri noktasına uydurulan ve daha sonra elde edilen verilerden yapılan çıkarımla 2050'ye kadar uzatılan doğrusal regresyon

doğrusu. Bunların sabit bir sürede hep iki katına çıkmak yerine, aritmetik eklemeye daha yakın bir hızda ilerlediğini sanıyorum. Nitekim, rahmetli Christopher Evans daha 1979'da, Moore Yasası'nın henüz yeni boy gösterdiği sırada şunu yazmıştı:

Bugünün arabaları savaşın hemen sonrasındaki arabalara göre bir dizi farklılık taşıyor. ... Ama bir an için otomobil sanayisinin aynı dönem boyunca bilgisayarlarla aynı hızda geliştiğini varsayalım: Şimdiki modeller ne kadar daha ucuz ve daha randımanlı olurdu acaba? ... Günümüzde 1,35 sterline alabileceğiniz bir Rolls-Royce beş milyon kilometrelik yolu bir galon benzinle alırdı ve "Queen Elizabeth II" gemisini çalıştırmaya yetecek gücü sağlardı. Ve de minyatürleştirmeye meraklı olmanız halinde, yarım düzinesini bir topluğne başına yerleştirmeniz mümkün olurdu.

Uzay araştırmaları da bana motorlu arabalar gibi eklemeli mütevazı artış için olası bir aday gibi görünmekteydi. Derken, geleceği kestirme ehliyeti gözardı edilemeyecek bir kişi olan Arthur C. Clarke'ın belirttiği büyüleyici bir spekülasyon aklıma geldi. Gelecekte uzak bir yıldıza doğru yol alan bir uzay aracını gözünüzde canlandırın. Mevcut son teknolojinin elverdiği en yüksek hızda gitse bile, uzak hedefine varması yüzyılları alacaktır. Yolculuğunun daha yarısını tamamlamadan, bir yüzyıl sonraki teknolojinin ürünü olan daha hızlı bir araç ona yetişecektir. O halde, denebilir ki, ilk gemi yola çıkma zahmetine hiç girmemeliydi. Aynı gerekçeyle, ikinci uzay gemisinin dahi böyle bir işe kalkışmaması gerekir; çünkü mürettebatının bir üçüncü gemiyle yanlarından vınlarak geçen torunlarının çocuklarına el sallaması kaçınılmaz olacaktır. Bu iş böyle sürüp gider. Paradoksu

çözmenin bir yolu, daha yavaş öncelleri için girişilen araştırma ve geliştirme çabaları olmaksızın, sonraki uzay gemilerini geliştirecek teknolojiye ulaşılmayacağı itirazında bulunmaktadır. Bütün İnsan Genomu Projesi'nin şimdi sıfırdan başlatıldığında daha önce fiilen yürütüldüğü sürenin küçük bir diliminde tamamlanabileceği görüşünden hareketle, ilk girişimin uygun bir şekilde ertelenmiş olması gerektiğini ileri süren herkese aynı cevabı vereceğim.

Dört veri noktamız kabul edildiği üzere kaba tahminlerse, düz çizginin eldeki verilere göre 2050 yılına kadar uzatılması kesinlikten daha da uzaktır. Ama Moore Yasası'yla bir benzetme kurulursa ve özellikle Moore Yasası Çocuğu babasına gerçekten bazı şeyler borçluysa, bu düz çizgi muhtemelen savunulabilir bir gelecek tahminini temsil ediyor. En azından izleyip bizi nereye götüreceğini görelim. Yasa 2050'de bugünün değerleriyle 100 sterline eksiksiz bir tekil insan genomu dizisini çıkarabileceğimizi öngörüyor. Şu bildiğimiz İnsan Genomu Projesi yerine, her birey kendi kişisel genom projesinin giderlerini maddi olarak karşılayabilecek. Nüfus genetikçileri insan çeşitliliği konusunda en uç verilere sahip olacak. Dünyadaki bir kişiyi başka herhangi bir kişiye bağlayan akrabalık ağaçlarını çıkarmak mümkün olacak. Bu bir tarihçinin en çılgınca düşüdüdür. Tarihçiler genlerin coğrafi dağılımını kullanarak, yüzyıllarca sürmüş büyük göçleri ve istilaları ayrıntılı biçimde inceleyecek, uzun Viking gemileriyle yapılan yolculukların izlerini sürecek, genlerine göre Amerikan Yerli kabilelerini Alaska'dan Tierra del Fuego'ya kadar ve Saksonları bütün Britanya boyunca takip edecek, Yahudi diasporasını belgeleyecek ve hatta Cengiz Han gibi yağmacı militaristlerin şimdiki torunlarını saptayacak.

Günümüzde bir göğüs röntgeni akciğer kanserine ya da vereme yakalanıp yakalanmadığınızı bildirir. 2050’de ise bir göğüs röntgeni parasıyla, genlerinizden her birinin tam metnini öğrenebileceksiniz. Doktor elinize aynı şikayetle gitmiş ortalama bir kişiye verilen reçeteyi değil, sizin genomunuza tam olarak uyan reçeteyi tutuşturacaktır. Bu hiç kuşkusuz iyi bir şeydir; ama kişisel çıktınız dehşet verici bir kesinlikle doğal sonunuzu da öngörecektir. Böyle bir bilgiyi isteyecek miyiz? Kendimiz için istesek bile, DNA çıktımızın sigorta hesap uzmanlarınca, babalık davası avukatlarınca, devlet makamlarınca okunmasını da isteyecek miyiz? Tehlikesiz bir demokraside bile, herkes böyle bir olasılıktan mutlu değil. Gelecekteki bir Hitler’in bu bilgileri nasıl kötüye kullanabileceğini düşünmeye gerek yok.

Bu tür endişeler ne kadar önemli olsa da, yine makalemin ilgi alanına girmiyor. Fildişi kuleme ve daha akademik tasarıma geri çekiliyorum. Eğer 100 sterlin bir insan genomu dizisini çıkarmanın bedeli haline gelirse, aynı para başka herhangi bir memelinin genomunu satın almaya da yetecektir. Hepsi gigabaz büyüklük kertesine göre aynı boydadır ve bu durum bütün omurgalılar için geçerlidir. Birçok insanın Moore Yasası’nın başına geleceğine inandığı gibi, Moore Yasası Çocuğu’nun 2050’den önce geçerli olmaktan çıkacağını varsaysak bile, her yıl yüzlerce tipik omurgalı türünün, binlerce böcek ya da diğer omurgasız türünün, yüz binlerce bakterinin, milyonlarca virüsün ve şaşırtıcı ölçüde değişken sayıda amfibiye ve çiçek açan bitkinin genom dizilerini çıkarmanın ekonomik bakımdan uygun hale geleceğini hâlâ güvenle öngörebiliriz. Böyle bir bilgi karmaşasına sahip olmak bir şeydir. Peki, bununla ne yapabiliriz? Bunu nasıl sindireceğiz, ayıklayacağız, karşılaştıracacağız ve kullanacağız?

Nispeten mütevazı bir hedef filogenetik ağacın toplam ve nihai olarak bilinmesi olacak. Ne de olsa, gerçek bir hayat ağacı var ve somut olarak ortaya çıkmış olan evrim dallanmasının benzersiz örüntüsüne dayanıyor. Böyle bir şey mevcut ve bilinmesi ilke olarak mümkün; ama henüz bilmiyoruz. 2050'ye doğru bunu herhalde öğrenmiş olacağız; eğer öğrenemezsek, sadece uç sürgünlerde takılmış, yani düpedüz canlı türleri sayısının yüksekliğinden dolayı tökezlemiş olacağız. (Meslektaşım Robert May'ın belirttiği gibi, en yakın bir ya da iki büyüklük kertesine kadar bilinmeyen bir sayı bu.)

Asistanım Yan Wong'a göre, 2050'de doğa bilimcileri ve ekoloji uzmanları küçük bir saha taksonomisi alet takımını taşıyacak ve bu takım tür saptaması için uzman bir müzeye örnekler gönderme gereğini ortadan kaldıracak. Taşınabilir bir bilgisayara bağlı ince bir sonda, bir ağacın ya da yeni yakalanmış bir tarla faresinin ya da çekirgenin içine yerleştirilecek. Bilgisayar dakikalarla ölçülebilir bir sürede birkaç kilolit DNA dilimini incelemeyi geçirecek, ardından türün adını ve kayıtlı veritabanında yer alabilen diğer her türlü ayrıntıyı bildirecek.

DNA taksonomisi daha şimdiden bize bazı sarsıcı sürprizler yaşatmış bulunuyor. Gelenekçi zoolog aklım suaygırlarının domuzlara oranla balinalarla daha yakın akraba olduğuna inanmamızın neredeyse gına getirecek şekilde istenmesine isyan ediyor. Bu konu hâlâ tartışmalı. Benzer başka sayısız görüş ayrılığıyla birlikte, 2050'ye kadar şöyle ya da böyle sonuca bağlanacak. Çünkü Suaygırı Genomu Projesi, Domuz Genomu Projesi ve (eğer Japon dostlarımız o zamana kadar hepsini yiyerek bitirmezse) Balina Genomu Projesi tamamlanmış olacak. Aslında, taksonomi belirsizliğini te-

melli gidermek için bütün genomların dizilişini belirlemek gerekemeyecek.

En büyük etkisini belki de ABD’de gösterecek bir yan yarar, hayat ağacını tam olarak bilmenin evrim olgusundan kuşkulanmayı zorlaştıracak olması. Fosiller tartışma açısından nispeten anlamsızlaşacak; çünkü halen yaşayan ve genom dizilişini belirleyebildiğimiz birçok canlı türündeki yüzlerce ayrı gen her birinin tek gerçek hayat ağacına dair öyküsünü doğruluyor.

Yavan bir söz haline gelecek ölçüde sık söylenmiş olsa bile, şunu tekrar belirtmemde yarar var: Bir hayvanın genomunu bilmek, o hayvanı anlamak anlamına gelmez. İnsanların şimdiye kadar bir Nobel Ödülü alamayışını diğer herkese göre daha fazla yadırgadığını duyduğum Sydney Brenner’ın yolunu izleyerek, genomundan bir hayvanı “çıkarsama” konusunu gittikçe artan güçlükteki üç adım çerçevesinde ele alacağım. Zorlu olmakla birlikte artık tamamen çözülmüş olan birinci aşama, bir genin nükleotit dizilişinden bir proteinin amino asit dizilişini çıkarsamaktır. İkinci adım bir proteinin tek boyutlu amino asit dizilişinden üç boyutlu gelişim örüntüsünü çıkarsamaktır. Fizikçiler ilke olarak bunun başarılabilceği kanısında; ama zor bir iş ve çoğu durumda proteini yapıp neler olacağını görmek daha hızlı bir işlem olabilir. Üçüncü adım gelişim sürecindeki embriyonu genlerinden ve kendi ortamlarıyla etkileşimlerinden çıkarsamaktır –söz konusu ortamlar büyük ölçüde diğer genlerden oluşur. Bu her ne kadar en zorlu adım olsa da, embriyoloji (özellikle de Hox ve benzer genler üzerindeki çalışmalar) öylesine bir hızla ilerliyor ki, 2050’ye kadar muhtemelen çözülecek. Bir başka deyişle, 2050’de bir embriyoloğun bilinmeyen bir hayvanın genomunu bir bilgisis-

yara aktaracağını ve bilgisayarın yetişkin hayvanın tam anlaşılmasını sağlayacak bir embriyo simülasyonu sunacağını sanıyorum. Bu başlı başına özellikle yararlı bir başarı olmayacak; çünkü bir rahim ya da yumurta elektronik bir bilgisayara oranla her zaman daha ucuz bir bilgisayar olacak. Ama böyle bir yöntem anlayışımızın eksiksizliğini göstermenin yollarından birini sağlayacak. Ve de teknolojinin belirli uygulamaları yararlı olacak. Sözelimi, bir kan lekesi bulan dedektifler bir zanlının simasına ilişkin bir bilgisayar görüntüsü çıkarabilecek –daha doğrusu, genlerin yaşla birlikte olgunlaşmaması nedeniyle, bebeklikten bunaklığa kadar bir dizi sima!

Ölümlerin Genetik Kitabı düşümün de 2050’ye doğru bir gerçekliğe dönüşeceğini sanıyorum. Darwinci akıl yürütme bir türe ait genlerin günümüze kadar ulaşmalarını sağlayan geçmiş ortamların bir tür betimlemesini oluşturduğunu gösteriyor. Bir türün gen havuzu, doğal seçilimin şekil verdiği kil tablettir. *Unweaving the Rainbow* [Gökkuşağını Bozmak] kitabımda bunu şöyle ortaya koymuştum:

Çöl rüzgarlarının garip şekiller oyduğu kum uçurumları gibi ve okyanus dalgalarının şekillendirdiği kayalar gibi, deve DNA’sına da çağımız develerinin ortaya çıkışına kadar eski çöllerde ve daha da eski denizlerde varlığını sürdürmenin izleri işlenmiştir. Deve DNA’sı deve atalarının değişen dünyalarını anlatır –yeter ki dilini sökebilelim. Yazıldığı dili sökmemiz halinde, orkinosun ve denizyıldızının DNA’sında metne işlenmiş “deniz”i bulacağız. Köstebeklerin ve solucanların DNA’sı “yeraltı dünyası”nı dile getirecek.

Bu dili 2050’ye doğru sökebileceğimiz kanısındayım. Bilinmeyen bir hayvanın genomunu aktaracağımız bir bilgisayar

yar, sadece bu hayvanın biçimini değil, (onu ortaya çıkarmak üzere doğal seçimden geçen) atalarının yaşadığı ayrıntılı dünyayı tasarlayacak. Bu dünya onun karşılaştığı yırtıcıları veya avları, asalakları ya da konakları, yuva kurduğu yerleri, hatta duyduğu umutları ve korkuları kapsayacak.

Jurassic Park tarzında ataların daha doğrudan tasarımları olabilir mi acaba? Kehribardaki DNA'nın bozulmadan korunması ne yazık ki pek olası değil; Moore Yasası'nın hiçbir çocuğu ve hatta torunu onu geri getiremeyecek. Ama daha 2050'ye varmadan sahip olacağımız modern DNA'nın bereketli veri bankalarını kullanmamızı sağlayacak ve henüz birçoğunun ancak düşünüyorduk kurulabildiğimiz yollar muhtemelen var. Şempanze Genomu Projesi daha şimdiden uygulamaya girmiş bulunuyor ve Moore Yasası Çocuğu sayesinde, insan genomunu çıkarmanın aldığı sürenin küçük bir diliminde herhalde tamamlanacak.

Sydney Brenner milenyum falcılığı için yazdığı "Üçüncü Milenyumda Teorik Biyoloji" başlıklı makalesinin (1999, *Philosophical Transactions of the Royal Society, B*) sonunda gelişigüzel bir değinmeyle şöyle bir şaşırtıcı öngöründe bulunur. Şempanze genomu tam olarak bilindiğinde, insan genomuyla sofistike ve biyolojik bakımdan akıllıca bir karşılaştırma yaparak, ortak atamızın genomunu tasarlamak herhalde mümkün olacaktır. (İkisinin DNA harfleri arasında ancak yüzde 1 dolayında bir farklılık var.) "Kayıp halka" olarak anılan bu hayvan günümüzden 5-8 milyon yıl kadar önce Afrika'da yaşamıştı. Brenner'ın atılımını benimsedikten sonra, bu akıl yürütmeyi her alana taşımak ayartıcıdır ve ben de böyle bir ayartmaya karşı koyacak biri değilim. Kayıp Halka Genomu Projesi tamamlandığında, sonraki adım bazdan baza bir karşılaştırma yapmak açısından kayıp

halka genomunu insan genomuyla yan yana getirmek olabilir. İkisi arasındaki farklılığın (daha önce embriyolojik bakımdan işlendiğı tarzda) sökölmesi, Lucy'nin timsali haline geldiğı *Australopithecus* cinsine ilişkin bir genel tahmini yapıyı verecektir. Lucy Genomu Projesi'nin tamamlandığı sırada, embriyoloji tasarımıyla oluşturulan genomun yerleştirildiğı bir insan yumurtasının bir kadının rahmine konduğu ve yeni bir Lucy'nin günümüz dünyasına doğduğu noktaya herhalde varmış olacaktır. Bu hiç kuşkusuz etik kaygıları gündeme getirecektir.

Tasarımla yaratılan *Australopithecus* bireyinin mutluluğu açısından endişe duymakla birlikte (ki bu "Tanrı rolüne soyunma" konusundaki ahmakça kaygıların tersine en azından tutarlı bir etik meseledir) deneyden çıkacak bilimsel yararların yanısıra olumlu etik yararları görebiliyorum. Halihazırda aşık soyculuk suçumuzdan paçayı kurtarıyoruz, çünkü insan ile şempanze arasındaki ara evrim konakları tamamen yok olmuş durumda. Avustralyalı seçkin ahlak felsefecisi Peter Singer'ın öncülük ettiği Büyük Maymun Projesi'ne katkı olarak sunduğum yazıda, böyle bir yok oluşun tesadüfi olma ihtimalinin, insan hayatını bütün diğer hayatlardan üstün tutan mutlakçı değerlendirmeleri yıkmak için yeterli gerekçe olması gerektiğini belirttim. Örneğin, kürtajla ya da kök hücre araştırmasıyla ilgili tartışmalarda, "hayattan yana olma" tutumu makul biçimde ifade edilmiş bir sebep olmaksızın her zaman insan hayatından yana olma anlamına gelir. Soluk alıp veren canlı bir Lucy'nin aramızdaki varlığı, kendini beğenmiş insan-merkezci ahlak ve siyaset anlayışımızı sonsuza kadar değiştirecektir. Lucy insan kabul edilmeli midir? Aynen belirli bireyleri "beyaz kabul etme" konusunda karara varmaya çalışan Güney Afrika

mahkemelerinde görüldüğü gibi, bu sorunun abesliği apaçık olsa gerek. Bir Lucy'nin tasarımıyla yaratılmasının etik bakımından doğruluğu bu tür bir abesliğin gözler önüne serilmesiyle kanıtlanacaktır.

Etikçiler, ahlakçılar ve (korkarım ki 2050'de hâlâ varolacak) ilahiyatçılar Lucy Projesi'ni önlemek için var güçleriyle uğraşırken, biyologlar görece bir dokunulmazlıkla dişlerini gösterip daha da iddialı bir şeye girişebilirler: Dinozor Projesi. Ve de bunu, başka şeylerin yanı sıra, kuşların 60 milyon yıldan beri yapmadıkları şekilde diş çıkarmalarına yardımcı olarak yürütebilirler.

Günümüz kuşlarının soyu dinozorlara (veya en azından dinozor gibi soyca tükenmeleri halinde şimdi keyifle dinozor olarak anacağımız atalara) dayanır. Şimdiki kuşların genomlarına ve timsah gibi diğer yaşayan *Archosauria* sürüngenlerinin genomlarına ilişkin sofistike bir “evrim-gelişim” yorumu, 2050'ye doğru genelleştirilmiş bir dinozor genomunu tasarlamamızı sağlayabilir. Bir tavuk gagasının deneysel olarak diş tomurcuğu çıkarmaya (ve yılanların bacak çıkarmaya) yönlendirilebilmesi, çok eski genetik becerilerin hâlâ sürdüğünü gösterdiği için, daha şimdiden cesaret vericidir. Dinozor Genomu Projesi başarıya ulaşırsa, belki bu genomu bir devekuşu yumurtasına koyabilir ve bundan müthiş bir canlı kertenkelenin çıkmasını sağlayabiliriz. *Jurassic Park*'ı bir yana bırakırsak, tek endişem ömrümün bunu görmeye yahut kısacık kolumu yeni bir Lucy'nin uzun koluna doğru uzatmaya ve gözyaşına boğulmuş halde onunla tokalaşmaya yetmesinin pek muhtemel olmaması.

RICHARD DAWKINS Oxford Üniversitesi Charles Simonyi Halkın Bilimi Anlamasını Sağlama Kürsüsü'nde ders veren bir evrimci biyoloji profesörüdür. Kitapları arasında *The Selfish Gene* (*Gen Bencildir*, çev: Asuman Ü. Müftüoğlu, 3. baskı, Ankara: Tübitak Yayınları, 2001); *The Extended Phenotype* [Genişletilmiş Fenotip]; *The Blind Watchmaker* (*Kör Saatçi*, çev: Feryal Halatçı, 6. baskı, Ankara: Tübitak Yayınları, Ağustos 2002); *River out of Eden* (*Cennetten Akan Irmak: Yaşama Darwinici Bir Bakış*, çev: Sinem Gül, İstanbul: Varlık Yayınları, 1999); *Climbing Mount Improbable* [İmkansızlık Dağını Tırmanmak] ve *Unweaving the Rainbow* [Gökkuşağını Bozmak] sayılabilir. İngiliz Kraliyet Derneği ve İngiliz Kraliyet Edebiyat Derneği üyesidir, bilimin yanı sıra edebiyatta onursal doktora diplomaları vardır ve Oxford Alıntılar Sözlüğü'ne girebilmiş az sayıdaki yaşayan bilimcilerden biridir. 1997 Uluslararası Kozmos Ödülü'nü ve 2001 Kistler Ödülü'nü kazanmıştır.

PAUL DAVIES

İkinci Bir Yaratılış Var mıydı?

“Mars’ta şu ya da bu türden varlıkların yaşaması ne kadar kesinse, bu varlıkların ne olabileceği de o ölçüde belirsiz.” Amerikalı astronom Percival Lowell Kızıl Gezegen’de bulunduğunu sandığı bir kanal şebekesiyle ilgili görüşünü dünyaya bu dramatik sözlerle bildirmişti. Tahmini-ne göre, Mars ölmeye yüz tutan ve kuruyan bir gezegendi; gördüğü şey de sakinlerinin kutup takkelerinden kurak ekvator bölgelerine erimiş buz suyu getirmek için kurduğu kanallardı. Teorisini destekleyecek ayrıntılı haritalar bile çıkardı.

Bu olay 1906’da, yani Mars’ta hayat fikrinin tamamen akla yakın görüldüğü bir dönemde yaşandı. H. G. Wells 1898’de yazdığı *The War of the Worlds* (*Dünyaların Savaşı*, çev: Ali Kaftan, İstanbul: İthaki Yayınları, 2001) adlı son derece başarılı kitabında bu inanıştan ustalıkla yararlanmıştı. Birçok astronom Mars’ın bazı yaşam biçimlerini barındırma olasılığına en azından görünüşte katılıyordu. Derken, 1960’larda Mars’a gönderilen “Mariner” uzay sondaları çokça tartışılan kanallara ilişkin herhangi bir belirti ortaya çıkaramadı. Mars’a 1976’da inen iki NASA uzay aracı ıssız ve ölgün bir arazi yapısıyla karşılaştı. Araçların kepçeyle aldığı topraklar, mikroplar ve organik bileşik izleri açısından

analiz edildi. Hiçbir şey bulunamadı. Kızıl Gezegen öldürücü morötesi ışınlar içinde yüzen donuk-kuru bir çöl gibiydi. Kısacası, Mars cansız, hem de çok cansız görünüyordu.

Ne var ki, yakın dönemde bu kanı değişmeye başlamış bulunuyor. Bir hayat sığınağı olma açısından, Mars'ın üstünü çizmekte belki çok acele ettik. "Mariner" serisi araçların çektiği ilk yüzey fotoğrafları, kurumuş ırmak mecralarını göstermekteydi. "Mars Global Surveyor" yörünge aracının son birkaç yılda elde ettiği çok daha ayrıntılı resimler ise taşkın ovalarına, kurumuş göl yataklarına ve hatta çok eski bir okyanusun izine benzer yapıları ortaya koyuyor. Besbelli ki Mars bir zamanlar sıcak ve ıslaktı, yani gezegenimizden pek farklı değildi. Acaba orada uzak geçmişte hayat serpilmiş olabilir miydi? Gizli bir kovukta bugün hâlâ tutunuyor olabilir miydi?

Önümüzdeki elli yılda bu soruların cevaplarını öğrenmemiz için iyi bir şans var. Yeni gelişen astrobiyoloji konusu önümüzdeki yıllarda çarpıcı ilerleme sağlayacakmış gibi görünüyor ve NASA'nın Kökler Programı gibi araştırma projeleri Yer'in ötesinde hayat arayışımıza uygun teknolojiyi sağlama umudunu veriyor. Böylece şu köklü soruya eğilebileceğiz: Evrende yalnız mıyız? Güneş sistemimizde insanın keşif araştırmasına açık tek gezegen olarak, Mars özel ilgi görecek. Oraya gitme güdüsü güçlü. İkinci bir yaratılışı, evrende hayatsızlıktan hayatın doğduğu başka bir yeri incelememiz için tek şans bu olabilir.

Mars'ta hayat için tam olarak nereye bakmalıyız? Yüze-yi sıvı suyun zorunlu olduğu bildik yaşam biçimleri için ha-şın denecek kadar elverişsiz. Kutuplarda bol miktarda su buzunu var, ama sıcaklık erimesine elvermeyecek kadar düşük. Erise bile, bu sıvı hızla buharlaşacaktır; çünkü Mars'ta-

ki atmosfer basıncı Yer'dekinin yüzde 1'inden daha az. Geçmişte Mars karbondioksit gibi sera gazlarıyla yüklü çok daha kalın bir atmosferle kuşatılmış olmalı; bu durumun sıcaklığı yükseltmiş ve sıvı suyun uzun dönemler boyunca yüzeyde kalması için yeterli basıncı sağlamış olması gerekir. Daha sonra tek tük ısınmalar yaşanmış olsa bile, tahminler bu "Cennet Bahçesi" evresinin 3,5 milyar yıl önce son bulduğuna işaret ediyor. Bu süre hayatın Mars yüzeyinde uykuya yatmış halde kalması açısından uzundur; bu nedenle günümüzde orada hayat belirtisi bulmak için en sağlam umut yüzey-altı kuşaktadır. Geçen yirmi yılda, Yer kabuğunun derinliklerinde barınan mikropların bulunması bilimcileri şaşırtan bir gelişmedir. Deniz yatağının epey altında da organizmalar saptanmıştır. Bu gizli biyosferin derinliği bazı yerlerde birkaç kilometreye varıyor. Derinlikle birlikte sıcaklığın yükselmesi nedeniyle, derinde yaşayan organizmalar genellikle sıcaktan hoşlanan, yani termofil olarak bilinen organizmalardır; bunlar bazı durumlarda suyun normal kaynama noktasının yukarısındaki sıcaklıklarda yaşar. Yüzey-altı yaşamın birçok türü için enerji kaynağı güneş ışığına değil, kimyasal ve termal enerjiye dayanır. Bazı mikrop-lar yerkabuğundan süzülen gazları ve mineralleri kaparak doğrudan biyokütleyle dönüştürebilir; bu da yüzey yaşamından tamamen bağımsız bir besin zincirini destekler.

Güneş ışığı olmaksızın varlığını sürdürebilen yüzey-altı yaşamın keşfedilmesi Mars'ta hayat umutlarını büyük ölçüde arttırmıştır. Tıpkı Yer gibi, Kızıl Gezegen'in de iç kısmı sıcaktır; bazıları hâlâ aktif olabilecek yaygın yanardağların varlığı bunun belirtisidir. Mars'ın yeraltında hiç kuşkusuz sıcak noktalar vardır; volkanik ısının donmuş tabakayı eritmesiyle ortaya çıkan sıvı hazneleri ilkel yaşamı barındırıyor

olabilir. Mars'ın yüzey-altı yaşamı yüzeye sızan metan gibi kaçak gazlar aracılığıyla varlığını belli edebilir. Gelecekteki uzay sondaları Mars atmosferinde bu tür biyojenik gazların ufak yoğunluklarını arayabilecektir. Olası yeraltı Mars mikroplarını tam anlamıyla incelemek için, yüzeyin altında derinlere doğru sondaj yapmak gerekecektir. Ne kadar derine inmek gerektiğini henüz kimse bilmiyor; tahminler birkaç metre ile birkaç kilometre arasında değişiyor. Avrupa Uzay Ajansı'nın Haziran 2003'te fırlatılması öngörülen "Beagle 2" gibi araçların planlı uzay seferlerinde yarıcı ve delici aygıtlar yer alacak; ancak bunların belki hâlâ mevcut organizmalara ulaşmaya yetecek derinliğe inmesi pek olası değil.

Yüzeyden alınıp analiz için dünyamıza getirilecek taş örnekleri, Mars'ta geçmişteki hayata dair ipuçları verebilir. En iyi kanıt mikro-fosillerin bulunması olacaktır. 1996'da NASA uzmanları en az 16 milyon yıl önce asteroit çarpmasıyla Mars'tan kopup Antarktika'ya düşen bir meteorda fosilleşmiş mikropları andıran ufak şekiller saptandığını bildirdi. ALH 84001 olarak bilinen bu meteor sıkı bir incelemeden geçirilmiş bulunuyor. Henüz kesin karara varılmamış olmasına karşın, ağır basan görüş ALH 84001'in Mars'ta hayata ilişkin kesin kanıtlar sunmayacağı yönündedir.

NASA örnekle dönülecek ilk Mars uzay seferini 2000'lerin sonunda düzenlemeyi planlıyor. Bir robot sonda Mars yüzeyinden analiz için dünyamıza geri getirilmek üzere ilginç görünümlü taşlardan oluşan bir seçkiyi toplamaya çalışacak. Mutlak güvenlik açısından, taşlar sıkı karantina altına alınacak –sadece dünyamızın biyotasının bulaşmasından uzak tutmak için değil, tehlikeli bir Mars bakterisinin dışarıya salınmasına karşı bir tedbir olarak da. Ama

Mars'tan gelen öldürücü bir salgının hepimizi yok etmesi son derece uzak bir olasılıktır. Dünyaya her ay ortalama bir Mars meteoru çarpar; jeolojik tarihimiz boyunca milyarlarca ton Mars kayası bize gelmiştir. Bu malzeme trafiği göz önünde tutulursa, getirilecek örneklerde şimdiki olası Mars mikroplarının ataları çoktan bir yolunu bulup bize bulaşmış olmalıydı. Top mermileriyle ve santrifüjlerle yapılan deneyler mikropların Mars'tan fırlatılma şokuna kolayca dayanabileceğini göstermiş bulunuyor. Uzaya girişten sonra, soğuk vakum koşulları koruyucu bir etken işlevini görür. Bazı bakteriler baskı altında sert sporlar oluşturur ve uykuya yatmış halde çok uzun bir dönem boyunca varlığını sürdürebilir. Gezegenler arası uzayda yol almanın en büyük tehlikesi radyasyondur; ama birkaç metre enindeki taşlarla koza gibi sarılmış mikroplar güneşin morötesi ışınlarından, güneş parlamalarından ve çok yüksek enerji yüklü olanlar dışındaki bütün kozmik ışınlardan korunacaktır. Hesaplamalar uygun bir kaya içine yerleşmiş dayanıklı bakterilerin güneş etrafındaki yörüngede milyonlarca yıl kalabileceğini gösteriyor. Dünya atmosferine yüksek hızla girmeye bağlı son tehlikenin bir sorun çıkarması söz konusu değildir; çünkü sürünme ısısı meteorun iç kısmına sızmak için yeterli zamanı bulamayacaktır. Sonuçta, yaşayabilir Mars organizmalarının dünyamıza başarıyla taşınmasının önünde önemli bir engel yokmuş gibi görünüyor.

Örneklerle dönülecek sonraki uzay seferleri halen planlama aşamasında; robot teknolojisinin işe yaradığı kanıtlandıktan sonra, iniş yeri daha dikkatle göz önüne alınacak. Araç-üstü süper bilgisayarların, sinir ağlarının ve gelişkin algılama teknolojisinin devreye girişiyle, yüzey araçlarının önemli ölçüde geliştirileceği söylenebilir. NASA'nın 1997

“Pathfinder” uzay seferindeki “Sojourner” yüzey aracı gibi ağır aksak ve hantal araçlar yerine, akıllı yüzey araçları kendi başlarına keşfe çıkabilecek ve kumanda merkezinin yardımı olmaksızın, arazi yapısı, taş örnekleri ve buna benzer konularda hemen yerinde gerekli kararları alabilecektir. Kıraç yüzeyin üzerinde alçalıp süzülebilen bir Mars uçağının geliştirilmesi, halihazırda yörünge araçlarıyla sınırlı inceleme tekniklerini büyük çapta ilerletecektir.

Bu teknolojik ilerlemeler Mars yüzeyindeki materyalin çok ayrıntılı biçimde incelenmesini sağlayacaktır herhalde. Bununla birlikte, (canlı mikroplar bir yana) 3,5 milyar yaşımda fosilleri barındıran Mars kayalarını bulmak kolay olmayacaktır. Dünyada bu yaşta fosillerin bulunduğu ancak bir avuç yer vardır –üstelik çok titiz bir ayıklamadan sonra. İnsansız bir sondanın fosiller barındıran bir Mars kayası bulma şansı zayıftır. Yıllarca süren yoğun araştırmadan sonra, Mars’ta geçmişte ya da bugün hayat bulunup bulunmadığı meselesi çözülmemiş olarak kalabilir. Böyle bir durumda karara varmak için son umut mürettebatlı bir uzay seferine bağlı olacaktır.

İnsanları Mars’a ulaştırmak ucuz olmayacaktır. Dört astronot göndermenin bedeli en az on milyarlarca doları bulacaktır. Ancak, bazı yaratıcı maliyet kısıntıları mümkündür. Serbest çalışan mühendislik danışmanı Robert Zubrin 1996’da çıkan *The Case for Mars* [Mars’taki Durum] kitabında, bir Mars seferindeki giderlerin önemli bir kısmının dönüş yolculuğu için gerekli yakıtı taşımaktan kaynaklandığını belirtmiştir. Oysa buna gerek kalmayabilir. Mars’ta hem su, hem de karbondioksit vardır; bunlar bir araya getirilerek, iyi bir itici gaz olan metana dönüştürülebilir. Zubrin Mars yüzeyine önceden bir kimyasal reaktör göndermeyi ve

seferi başlatmadan önce, tam dolu bir yakıt tankı üretmesini beklemeyi öngörüyor. Astronotlar her iki yönde birkaç ayı bulacak olan gezegenler arası yolculukta birçok tehlikeyle karşı karşıya kalacaktır; ne var ki, iniş yaparak bir üs kurmalarından sonra, hayatlarının çok tehlikede olması söz konusu değildir. Zubrin'in belirttiği gibi, Mars'ın yüzeyi güneş sistemindeki ikinci güvenli yerdir.

Zubrin'in tasarısında, astronotlar gezegen yüzeyinde iki yıl kalarak, yüzey araçlarında kapsamlı araştırmalar yürütecek ve hayat belirtilerini arayacak. Sondaj donanımının ekipten önce gönderilmesiyle, derin yüzey-altından kaya örneklerinin çıkarılması sağlanabilir. İdeal düzenlemeye göre, ilk sefer ekibi görevi devralmak üzere yeni bir birimin varmasından sonra Yer'e dönecek; böylece gezegende kesintisiz bir insan varlığı kurulmuş olacak.

Bir Mars seferi "Apollo" araçlarıyla Ay'a inişlerden çok daha iddialı olacaktır. Öncelikle birçok teknolojik sorunun üzerinde durulması gerekir. Örneğin, ağırlıksız ortamda uzun süre kalmayla bağlantılı tıbbi sorunlar ciddi olabilir; uluslararası uzay istasyonundan yararlanmak değerli tecrübeler sağlasa gerek. Planlama süreci yılları alsa da, erkeklerin ve kadınların 2050'ye kadar Mars'a gitmesini engelleyecek çok az sebep görüyorum.

Peki, ya Mars'ta gerçekten hayat bulursak? Keşfin önemi Mars hayatının Yer hayatıyla aynı olup olmamasına can alıcı bir düzeyde bağlı olacak. Mars ve Yer'in çapraz-bulaştırmaya girmiş olma olasılığı göz önünde tutulunca, bu önemli bir nokta. Sadece Mars'tan Yer'e doğru değil, (Yer'in ara sıra büyük asteroit ve kuyruklu yıldız çarpmalarına maruz kalması nedeniyle) karşı yönde de önemli bir madde trafiği var; ancak, Yer'in daha derin kütleçekiminden dolayı diğer

yöne doğru daha az taş gidiyor. Bu süreçle mikroplar yönlerden birine ya da her ikisine doğru taşınmış olabilir. İki biyosferin bu şekilde birbirine karışmış olması, tabloyu hatırı sayılır ölçüde çapraşık hale getirir. Bir ikinci yaratılışın ortaya çıkmasından önce, hayatın bir gezegende başlayıp sonra diğerine yayılmış olması tamamen mümkündür. Böyle bir durumda dışarıdan aktarılan hayatın bütün elverişli yerlere ve besin kaynaklarına hızla el koyarak ikinci bir yaratılışın önünü mü tıkayacağı, yoksa iki farklı biyolojik sistemin aynı gezegende birlikte mi varolacağı tartışmaya açık bir noktadır.

Mars hayatın başladığı yer olmaya daha uygun gezegenmiş gibi görünüyor. Yer'e oranla daha küçük olduğundan daha hızlı soğumuştur ve daha 4,4 milyar yıl önce hayata hazır hale gelmiş olabilir. Buna karşılık, Yer 3,9 milyar yıl önceye kadar barınmaya elverişli bir yapıya bürünmemiş olabilir. Güneş sisteminin 4,5 milyar yıl önce oluşmasını izleyen en az 700 milyon yıl boyunca gerek Mars, gerekse Yer dev asteroidlerin ve kuyruklu yıldızların azgın bir bombardımanına maruz kaldı. En büyük çarpma olaylarının şiddeti bütün gezegeni 3.000°C sıcaklığındaki akkor bir kayaç bularıyla sarmalayarak kısırlaştıracak düzeydeydi. Bu küresel fırının bir kilometre kadar içeriye bir ısı nabızı yayarak, epeyce aşağıda olmayan herşeyi yok etmesi kaçınılmazdı; öte yandan yaşamaya elvermeyen aşırı sıcaktan dolayı, organizmaların çok derinlere yerleşmesi de söz konusu olamazdı. Böylece aşağıda gezegenin iç ısıısıyla, yukarıda büyük çarpmaların ısı nabızlarıyla sınırlı bir rahatlık kuşağı ortaya çıkmış olmalıydı. Dipte yaşayan mikroplara uygun böyle bir kuşağın Mars'ta daha kısa sürede ve daha derinde oluşması, bu gezegende hayatın erken belirme olasılığını arttı-

ran bir unsur olsa gerek.

Dünyamızda hayat karşılıklı ilişki içindedir –yani, ortak bir atadan gelir. Biyosferimizde yaşayan çeşitli canlı türleri tek bir evrensel hayat ağacının farklı dallarıdır. Eğer hayat Mars’ta başlayıp sonradan Yer’e yayılmışsa, Mars hayatının her türlü uzantısı ya da kalıntısı bu ağacın başka bir dalını temsil ediyor olmalı –belki daha alçak ve daha yaşlı, ama yeryüzü hayatıyla ortak kökeni paylaşan bir dal. Gen dizilişini belirleme teknikleri 2050’ye gelindiğinde son derece otomatikleşecek ve donanım da taşınabilir hale gelecektir. Böylece Mars üssünde gerekli analizlerin yürütülebilmesi, karantina prosedürlerine başvurma ihtiyacını ortadan kaldıracak.

Mars hayatının bizdeki hayatla aynı olduğunun anlaşılması durumunda, Mars ısrarla aradığımız ikinci hayat örneğini sunamamış olacak. Hayatın kökeninin garip bir tesadüf, evrende benzersiz bir olay olduğunu öne sürmek yine mümkün olacak. Hayatın benzersiz mi, yoksa her yerde mevcut mu olduğu konusunu sonuca bağlamak için çok daha öteye bakmamız gerekecek. Güneş sisteminde önemli miktarda sıvı su barındırdığı sanılan diğer tek gökcismi Jüpiter’in uydusu Europa’dır. Bu uydunun buzlu kabuğunun altında muhtemelen bir sıvı okyanusu yatıyor ve dev gezegenin yörüngesindeki dolanımına bağlı gelgit sürtünmesi bu okyanusu ısıtıyor. Çok uzak olması nedeniyle, Europa’nın biyolojik bakımdan Yer ya da Mars’ın bulaşmasına uğraması pek olası değil. Önümüzdeki elli yılda bile, öngörülebilir bir teknolojiyle Europa’ya mürettebatlı bir uzay seferi de malesef söz konusu değil. Ancak, önümüzdeki otuz yılda insansız bir sonda büyük olasılıkla gönderilecek. Asıl güçlük buzlu katmanın içine girmek olacak. Çözümlerden biri son-

dayı küçük bir nükleer reaktörle donatmak ve böylece buzu eritip aşmasını sağlamak olabilir. Daha sonra dipteki karanlık okyanusu araştırmak üzere küçük bir denizaltı gönderilebilir.

Astrobiyologlar güneş sisteminde basit bakterilerden daha gelişkin bir dünya dışı hayat bulma şansının çok düşük olduğu konusunda hemfikirdir. Karmaşık yaşam biçimleri için, karbondioksit gibi atmosfer gazlarının geri-dönüşümünü sağlayacak kalın atmosfer, sıvı su, ozon tabakası ve levha tektoniği özellikleriyle Yer'e çok benzer bir gezegene gerek vardır herhalde. Diğer yıldız sistemlerinde bizimkine benzer gezegenlere dönük arayış, önümüzdeki yıllarda önemli bir araştırma teması olacak. Yıldızlar bizden öylesine uzak ki, elli yılda bile yıldız keşfine çıkmak son derece ihtimal dışı. İtici güç teknolojisinde bir devrim olmaksızın, güneş sisteminin ötesine gönderilen bir aracın hedefine ulaşması binlerce yılı alacaktır; öngörülebilir gelecek açısından başka dünyalara dönük arayış gözlem teknolojisini geliştirmeye dayanmak zorunda. Astronomlar son yıllarda yer-merkezli optik teleskopları kullanarak güneş ötesindeki onlarca gezegeni bulmuştur; ama şimdiye kadar kullanılan teknikler Yer'le aynı büyüklükte olan ve başka bir yıldızın çevresinde benzer bir yörüngede dolanan bir gezegeni saptamaya yetecek duyarlılıkta değildir. Bunu başarmak için gezegenin yansıyan zayıf ışığını ana yıldızın parıltısından ayırt edebilecek ve daha sonra gezegen atmosferinde oksijen gibi hayat belirtilerini yakalamak üzere ışık tayfını analiz edecek uzay-merkezli, son derece dakik ve büyük bir optik sisteme gerek vardır. NASA'nın Kökler Programı'nın kilit hedeflerinden biri budur.

Öneriler arasında uzak gökcisimlerini emsali görülme-

miş ayrıntılarla çözebilecek devasa bir girişimölçer yaratmak üzere sıkı senkronize düzende uçan dört optik teleskoptan oluşacak bir sistem yer alıyor. “Dünya-Benzeri Gezegen Kaşifi” denen bu sistem 2016’ya doğru güneş yörüngesine girebilecek. Eğer başarıya ulaşırsa, onu 360 kilometre genişliğindeki tek bir teleskopunkine eşdeğer çözünürlük gücüne sahip daha da büyük bir girişimölçer “Gezegen Görüntü Avcısı” izleyecek. Bu araç dünyaya benzediği saptanan güneş ötesi gezegenlerin yakın çekim resimlerini sağlayarak, yüzeydeki olası yaşam belirtilerini açığa çıkaracak. Lowell’ın bir Mars kanal şebekesine ilişkin özenli, ama yanıltıcı gözlemlerinden yüz elli yıl sonra, birçok ışık yılı ötede başka bir yıldız sisteminde böyle yapıları görüntüleyebilecek olmamız akıllara durgunluk verici bir düşüncedir.

Yakın galaksi komşumuzda karmaşık, zeki hayat bulursak, elbette son derece şanslı sayılırız. Diğer yıldız sistemlerinde hayatın bakteri düzeyine saplanıp kaldığı gezegenler pekala bulunabilir. Dünyamızdaki karmaşık hayatın varlığı muhtemelen güneş sistemimizin oldukça özel belli özelliklerine dayanıyor. Örneğin, gezegenimizin uzaydaki deviniminin kararlı olmasına katkıda bulunan ve büyük çaplı iklim değişkenliklerini önleyen olağandışı büyük bir uydusu var. Ay büyük olasılıkla güneş sisteminin oluşumu sırasında, Mars büyüklüğünde bir cismin sıyrıp geçen bir darbesiyle Yer’in dış katmanından koparak ortaya çıkmıştır –herhalde sıkça yaşanmayan tesadüfi bir olaydır bu. Jüpiter gezegeni de, Yer’e çarparak sıkça toplu imhalara yol açabilecek kuyrukluysıldızları süpürerek can alıcı bir rol oynar. Bu olgular ve gezegenimizin kimyasal bileşimi, güneşin kararlılığı gibi diğer koşullar, galaksimizde dünyamıza benzer ve barınmaya elverişli gezegenlerin oldukça nadir olduğuna işaret ediyor.

Yer ötesinde hayat arayışı başarı eşiği açısından dengede duruyor. Dengenin yönü büyük ölçüde sonuca bağlı; çünkü başka yerlerde hayat arayışı aynı zamanda kendimize –yani, kim olduğumuza ve büyük kozmik tasarıdaki yerimize– dönük bir arayış. Eğer hayat evrende bulunduğumuz ufacık köşeyle sınırlı harikulade bir kimyasal talihse ve bize benzer başka zeki yaratıklar yoksa, Yer adlı gezegene karşı sorumlu vekilharçlığımız büsbütün önem kazanır. Eğer sahiden de ikinci bir yaratılış bulursak, bu durum bilimimizi, din anlayışımız ve dünya görüşümüzü temelli dönüşüme uğratacak. Doğa yasalarının biyolojiye dostça davrandığı bir evren hayatın arızı değil, temel bir özellik olduğu bir evrendir. Böyle bir evrende kendimizi gerçek anlamda rahat hissedebiliriz.

PAUL DAVIES Londra Imperial College’da ve Queensland Üniversitesi’nde konuk profesör olarak ders veren bir teorik fizikçidir. *About Time* [Zaman Hakkında]; *The Mind of God* [Tanrının Zihni] ve *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life* [Beşinci Mucize: Yaşamın Kökenini Aramak] gibi çok satılan popüler bilim kitapları vardır. Araştırmaları esas olarak kuantum kütleçekimi ve kozmoloji alanında olmakla birlikte, çok daha geniş olan ilgi alanı parçacık fiziğinden astrobiyolojiye kadar uzanmaktadır. Halen biyolojik türeme sorunu ve hayatın ilk gelişim evresinde kozmik etkilerin rolü üzerinde çalışmaktadır. Bilimin daha derin sonuçları üzerine yıllarca makaleler yazmış ve konferanslar vermiş, bu çalışmalarından dolayı 1995’te bir milyon dolarlık Templeton Ödülü’nü almıştır. [Ayrıca yazarın Türkçe’de yayınlanmış şu kitapları vardır: *Tanrı ve Yeni Fizik*, çev: Murat Temelli, İstanbul: İm Yayın Tasarım, Aralık 1995; *Son Üç Dakika: Evrenin Nihai Kaderi Hakkında Tahminler*, çev: Sinem Gül, İstanbul: Varlık Yayınları, 1999; *Bir Zaman Makinesi Yapmak*, çev: Ahmet Ergenç, İstanbul: Gelenek Yayıncılık, Haziran 2003 (ç.n.)]

JOHN H. HOLLAND

Bizi Bekleyen Gelişmeler ve Bunları Tahmin Etme Yolu

Uzun erimli tahminlere girişmek Prometheusvari bir uğraştır: Tahminleri bekleyen akıbet büyük olasılıkla mutsuzluktur; tahminciler için bu belki de daha doğrudur. Yine de tahmin sınavına aldırıışsız kalmak zordur. Olmamam gereken yerde dolaşma kararımdaki perçinleyici husus, bizzat tahmin sürecinin dayanaklarına yoğunlaşarak ve tahminleri bir tür örnekleme gibi ele alarak, hedefe varmanın dolambaçlı bir yolu bulunduğunu kavramamdı.

Doğru bir tahminde bulunmada başlı başına en önemli etken ayrıntı düzeyidir. Oyun tahtası üzerinde oynanan oyunlarda tecrübeli oyuncular gidişatın yengiye mi, yoksa yenilgiye mi doğru gittiğini çoğu kez ilk birkaç hamleden sonra tahmin edebilirler; ama oyunun sonunda bürüneceği şeklin ayrıntılarını tahmin etmeye nadiren girerler. Daha süzülmüş bir düzeyde, birçok biyolog evrim halindeki yaşam biçimlerinin dünyamıza benzer gezegenlerin ortak bir özelliği olacağına dair genel tahminde bulunur; ama evrim halindeki böyle bir ekosistemin kaçınılmaz olarak primata benzer bir organizma doğuracağına dair özgül tahminde bulunmayı sadece birkaçı göze alır. Neredeyse her tahmin girişiminde benzer bir durum geçerlidir.

Tahminde bulunmanın yaygın yordamı mevcut eğilimle-

rin uzantılarını incelemektir. Bu tekniği kullanarak, herşeyi tahmin ederiz –gayri safi yurtiçi hasıla ya da kişisel mali durum biçimine bürünmüş gelecekteki gelir düzeyinden, canlı türlerinin sayısındaki oynamalara ya da hastalık tahribatlarına bağlı nüfus değişikliklerine kadar. Böyle tahminler kısa vadede yararlı olabilir; ama nüfus artışı ya da sera gazı birikimi örneklerinde olduğu gibi, temelde yatan süreçler büyük “atalet” taşımadıkça, eğilimler daha uzun dönemler açısından yanılabilir kılavuzlardır.

Nüfus artışına ve sera etkilerine baktığımızda bile, elli yıl şimdiki teknolojik ve sosyal ölçekte uzun bir süredir. Dahası, bu zaman ölçeğinde geçerli özellikler karmaşık uyarlanma sistemleri dediğimiz yapılardan yoğun biçimde etkilenir. Karmaşık uyarlanma sistemleri (KUS) etken denen çok sayıda etkileşimli bileşenden oluşur; bu bileşenler etkileşime girerken birbirlerine ayak uydurur ya da birbirlerinden öğrenir. Borsalar ve bağışıklık sistemleri bildik KUS örnekleridir. Görece kısa zaman ölçeklerinde bile, KUS’lar eklemeli olmayan (doğrusal olmayan) bir dizi etkiyi sergiler: Kendi kendini düzenleme, kaos, fraktal çekerler, donmuş tesadüfler, kaldırkaç noktaları vs. Bunun bir sonucu olarak, bileşenlerin eylemleri genel bir eğilimi verecek şekilde toplanamaz. Dahası, KUS teorisi hakkında ancak bölük pörçük bilgilerimiz var. Kapsayıcı bir teoriden yoksun olduğumuzdan, eklemeli olmayan bu etkilerin tesirini belirleyecek genel, ilkeli bir yordama sahip değiliz. Dolayısıyla KUS’lar devreye girdiğinde, tahmin tehlikelerle dolu olur.

Bu uyarıya rağmen, akla yakın bazı alternatif gelecekleri açığa çıkarmanın mümkün olduğunu düşünüyorum. Bu imkan modeller kurma becerimize bağlıdır. Bilgisayar temelli modeller halihazırda alması tarihleri incelemek için elimiz-

deki en güçlü araçtır. Modeller, bir uzman pilotun yeni bir uçak tasarımının “teknik sınırlarını test” etmek üzere bir uçuş simülatörünü kullanmasına benzer bir tarzda, farklı eylem dizilerinin sonuçlarını görmemizi sağlar. Modeller aracılığıyla tahminler üretmenin birkaç bariz avantajı vardır:

- 1) Tahminlerin temelinde yatan varsayımlar açıkça ortaya konur; böylece başkaları varsayımların anlamlılığını ve tahminlerin akla yakınlığını değerlendirebilir. Haliyle, onların kendi tahminlerini ortaya koymak üzere bu varsayımları kullanma ya da değiştirme olanağını bulması, genel girişimi zenginleştirir.
- 2) Sağlam kurgulu modellerin yapısı modüler olur. Böylece hataların izini sürerek ilgili modüllere ve eksik çözümlere varılabilir; iyileştirmeye dönük gözden geçirmeler ya da yeni modüller önerilebilir.
- 3) Modeller tahminlerin sağlamlığını göstermek amacıyla farklı koşullar ve eylemler altında yeniden işletmeyi (teknik sınırları test etmeyi) özendirir.

Modelleme avantajlarının her tahmin girişimi için önemli olmasına karşın, yaklaşımın bu makalenin amaçları açısından bariz bir dezavantajı vardır: Bilgisayar temelli modelleri kurmak fazla zaman alan bir uğraştır; bu süre birkaç aydan onlarca yıla kadar varabilir. Bunu anlamak için, iklim değişimi modeli oluşturma çabalarına bakmak yeterlidir. Bu makaleyi hazırlamak için ayrılan süre, kapsamlı bir modelleme yaklaşımına elvermiyor. Yine de, böyle bir model kurmada ilk adımları oluşturacak yapı taşlarından bazılarına ilişkin kaba betimlemeler ortaya yığılabilir. Kaba betimlemeler video oyununa benzer imgeler sağlar ve insan

sezgisi çoğu kez böyle imgelerle iyi çalışır.

Animasyon tasarımında olduğu gibi, video oyununa benzer bir model kurmada da hareket noktası yavaş değişen ya da hiç değişmeyen şeyleri belirlemektir. Sabit nicelikler ve yavaş değişen nicelikler, tahminleri destekleyen bir çerçeve sağlar. Böyle bir çerçeveyi kurduktan sonra, denetlenmesi ya da kestirilmesi daha kolaymış gibi görünen unsurları buna katmak isteriz. Sosyal değişimlere oranla teknolojik değişimleri tahmin etmek genellikle daha kolaydır; ancak bazı bilimkurgu yazarları –ilk akla gelen isimler olarak Jules Verne, H. G. Wells ve Arthur C. Clarke– uzun süreli sosyal tahmine dönük sağlam girişimlerde bulunmuşlardır. Verne’in 1863’te çıkan ve 1960’ın Paris’ini konu alan *Yirminci Yüzyılda Paris* (çev: İsmet Birkan, Ankara: Tübitak Yayınları, Temmuz 2001) adlı romanı, araya önceden kestirilemeyecek siyasal inançların, savaşların ve sınır değişikliklerinin girmesine rağmen, dikkate değer sayıda “isabetli” tahminde bulunur. Bununla birlikte, uzun erimli sosyal kehanetlerde başarı ender görülür. Gordon Moore’un bilgisayar donanımı kapasitesiyle ilgili on sekiz ayda ikiye katlanma tahmini uzun yıllar geçerliliğini korurken, Moore’un bu tahminini belirttiği dönemde Amazon.com ya da e-Bay gibi sosyal fenomenleri öngörmüş bir kimseyi bilmiyorum.

Bu bakımdan konuya daha kolay gibi görünen bir işle, yani birbirine sıkı sıkıya bağlı birkaç alanda yaşanmasını muhtemel gördüğüm teknolojik değişimlerden bazılarını anlatarak başlayacağım: Bilgisayarlaşma ve robotbilim, biyoloji, ulaşım ve uzay araştırmaları. Ardından nüfus, planlama ve eğitim, özel yaşam, tıp ve yeni bir keşif çağı üzerindeki etkilerini ele alarak, bu değişimlerden bazı sosyal sonuçlar çıkaracağım.

Teknolojik Bir Çerçeve

Bilgisayarın ve internet gibi dallarının geleceğini on ila yirmi yıllık bir ölçekte ana hatlarıyla öngörmek nispeten kolaydır. Donanımda ilerlemeye ilişkin Moore Yasası geçerliliğini korumaya devam edecek; yazılım becerisinin şu anda sümüklüböcek temposunda –on ila yirmi yıl arasında– olan ikiye katlanma hızı da öyle kalacak gibi görünüyor. İkincisinin yavaş temposu en azından ilkinin hızlı temposu kadar önemlidir. Günümüzde bilgisayarları basit ve görev yönelimli öğrenmeyle donatma gücüne bir ölçüde sahip olmamıza karşın, konu esnek kalıp tanıma (karışık bir doğal ortamda bildik nesneleri tanıma) ya da dil anlama (örneğin bir romanı anlama) gibi daha kapsamlı insan yetilerini kazandırmaya gelince, geçen yüzyılın ortalarına göre çok az ilerlemiş durumdayız. Bilgisayarları yaratıcılık, benzetme ve sağduyu yoluyla akıl yürütme, hipotezlerde bulunma vb. yetilerle donatma yönünde sadece kabataslak fikirlerimiz var hâlâ.

KUS sorunlarıyla karşı karşıya kaldığımızda Moore Yasası pek fazla işe yaramıyor; çünkü sorun boyutundaki küçük değişiklikler bazen karmaşıklıkta büyük artışlara yol açabiliyor. Basit bir örnek vermek gerekirse, Go oyununda 19x19'luk oyun tahtasına sırf yeni birer sıra ve sütun eklemekle, olası on hamle serileri sayısı beş kat arttırılabilir, hem de kuralları hiç değiştirmeden! Altı kuralla tanımlanmış bir oyunda durum böyleyse, kaba modellerin bile etkileşimleri açıklayıcı onlarca “yasa”yı gerektirebileceği piyasalar ve devletler gibi KUS’lar için durum kim bilir nasıl olur? Böyle sorunlar, Derin Mavi’nin Garry Kasparov karşındaki zaferinde örneği görüldüğü gibi, donanım ve yazı-

lım oyunları yaklaşımına boyun eğmeyecektir. Buna karşılık insanlar rutin bir temelde ve çoğu kez gayet mahirce KUS'ların üstesinden gelir. Yapay zeka öncülerinden Marvin Minsky'nin sözlerini biraz değiştirerek belirtmek gerekirse, hayret verici olan şey Derin Mavi'nin bir dünya ustası düzeyinde satranç oynaması değil, sözgelimi on hamle ötesine dönük arama becerisi çok daha düşük olan insanların böyle bir düzeydeki bilgisayara kafa tutabilmesidir. Düşünmeyi ve bilinci doğuran mekanizmaları bulma çabası insanoglunu yazılı tarihin başlangıcından beri uğraştırmıştır. Günümüzde çoğu psikolog bilincin merkezi sinir sistemindeki nöronların etkinliğine bağlı olduğu kanısında; ama bilinç ile sinir etkinliği arasındaki ilişki konusunda hâlâ şaşırtıcı derecede az şey biliyoruz. Bu ilişkiyi açığa çıkarmanın çetin bir iş olduğu anlaşılmıştır ve önümüzdeki elli yılda birdenbire bulunacak “çözümler” beklemiyorum.

Sosyal Bir Çerçeve

Sosyal tahminlerde bulunurken, en azından insan doğasının binlerce yıl yavaş değiştiğini, hatta belki hiç değişmediğini biliriz. Roma'nın “tahıl ambarı” Kartaca'nın ürün rekoltesinde bir düşünüş olacağı yolunda erken bir uyarıyı resmi kuryeler aracılığıyla alınca tahıl piyasasını ele geçirerek yüklü servetler edinen Romalı senatörler vardı. Gerek açgözlülük, gerekse böyle kısa vadeli tahminlerin kullanılmasına vesile olan fırsatçılık izleyen iki bin yılda çok az değişmiş bulunuyor.

İnsan doğasının sağladığı değişmezliğin yanı sıra, yüksek atalet taşıyan süreçlerin yarattığı sorunlar da vardır. Nüfus

büyüklüğü ve sera gazları birikimi gibi nüfustan etkilenen süreçler birincil örnekleri sunar. Temelde yatan kuşak sürelerinden dolayı, yavaş bir devir hızı bunların doğasından gelen bir özelliktir. Sosyal gündemimizin büyük bir bölümü, çabuk bir düzeltmeye bağlı olmayan sorunlardan etkilenir. Bu alandaki düzeltmeler mevcut girişimlerin uzun süreli etkilerine ilişkin akla yakın tahminleri gerektirir.

Biyolojik süreçleri anlama düzeyimizi yükseltmeye dönük sürekli ve kapsamlı çaba, bağlantılı sosyal ve finansal yararların çok büyük olmasından dolayı muhtemelen sürececek. Ne var ki, bu çabanın ayrıntılarının –nelerden yararlanacağımızın ve nelerden yararlanmayacağımızın– geniş yelpazeli siyasal, ekonomik ve kişisel düşüncelere bağlı olduğu bir durum söz konusudur. Kısa erimli yarar ve uzun erimli araştırma güdüsü arasındaki çatışma bu alanda özellikle serttir.

Teknolojik Değişim

Moore Yasası'nın süren hükmü yirminci yüzyıl sonlarının birkaç yaygın aygıtını daha da minyatürleştirmeyi ve bir araya getirmeyi mümkün kılıyor. Kol saati boyutunda ve dünya genelinde kullanılabilir bir iletici/video kamera/bilgisayar/canlandırıcı/küresel konum belirleyici/not defteri aygıtı kavuşacağız. *Yıldız Savaşları* filminde R2D2'nin kullandığı projektöre benzer üç boyutlu projeksiyon gösterimi, tetikte ve katılımcı bir denetime olanak verecek. Bu aygıt bir kol saati kadar yaygın hale gelecek; video oyununa benzer arayüzleriyle ve kullanıcı yönelimli öğrenme özelliğiyle, sonunda sahiden de bir not defteri kadar kolay kullanılabilir olacak.

Karmaşık uyarlanma sistemleriyle özerk bir işleyişle başa çıkacak bilgisayarlara sahip olmak için, insan düzeyinde esnekliği ve zekayı rutin ve etkili şekilde uygulayan yazılıma gerek duyacağız. Bunun ancak öğrenebilen ve evrim gösterebilen yazılımla başarılabileceği görüşündeyim. KUS'ların devreye girdiği sorunlar önemli ve yaygındır; şehir merkezlerinin bozulması ya da küresel ticarete dalgalanmalar gibi sosyal fenomenlerden, egzotik organizmaların istilaları ya da ekosistemlerin sürdürülebilirliği gibi çevre konularına kadar uzanır. Dolayısıyla söz konusu becerilere sahip yazılımlara gittikçe artan bir ağırlık verilecektir. Şimdiki yavaş gelişme temposuyla bile, bireysel kullanıcıların özgün ihtiyaçlarını tanıma temelinde kendisini değiştirebilen yazılımların kullanımı her geçen gün artacaktır. Elli yıl içinde, beklenmedik durumlar karşısında kırılğan olmakla birlikte eğitilmiş yardımcıları gibi hareket edebilen robotlara muhtemelen sahip olacağız. Her ne kadar sonunda gerçekleşeceği görüşünde olsam da, “bilinçli” robotlara elli yıl içinde kavuşacağımızı sanmıyorum.

Hayatı ve yaşayan organizmaları anlama düzeyimiz, bilgisayarlar ve otomatik laboratuvar donanımı sayesinde büyük ölçüde yükselmiş bulunuyor. Yirmi birinci yüzyılın ortasına varıldığında, yirminci yüzyılın ikinci yarısında uygulanan şekliyle tıbbın büyük bir kısmı –örneğin, kanseri ameliyat, kemoterapi ve radyasyonla iyileştirme– önceki yüzyılların hacamat yöntemi kadar etkisiz görülecek. Basit ve cansız biyokimyasal maddelerden yola çıkarak bir test tüpünde hayat yaratmayı büyük olasılıkla başaracağız; bu da hastalıklar için düzenlenmiş çözümler açısından önemli sonuçlar doğuracak. Hem canlı virüslere, hem de bilgisayar virüslerine karşı koyabilecek yapay bağışıklık sistemleri yaratmayı

da neredeyse kesinlikle başaracağız. Doğuştan gelen bağışıklık sistemimizin gücü çoğu kez küçümsenir; oysa büyük çeşitlilik gösteren sinsi saldırganlara karşı öylesine verimli bir mücadele yürütür ki, çoğumuz uzun süre hastalıklardan kurtuluruz. Vücut hücresi kuşakları açısından hastalıktan uzak kalma sürelerinin, ortaçağ ile günümüz arasındaki insan kuşaklarının sayısına yakın düzeyde olduğunu kavradığımızda, bunun ne kadar olağanüstü olduğu daha iyi anlaşılır. Yapay bağışıklık sistemlerinin tanı yetileri de dizilişi belirlenmiş genomları temel karmaşık iletilici molekül şebekeleriyle, yani biyolojik hücrelere tutarlılık ve esneklik kazandıran biyolojik devrelerle ilişkilendirmedeki güçlüklerden bazılarını çözmemize yardımcı olacaktır.

Değişimin uzun süre geciktiği bir teknolojik alan var: Kara ulaşımı. Yirminci yüzyılda otomobil, gelişmiş ülkelerdeki yurttaşlara olağanüstü hareket serbestliği sağlayarak, yaşanan yere bir serf gibi bağılıktan kurtulmayı sağladı. Ama hâlâ Roma yollarının izdihamıyla mahsur kalmış durumdayız. Bu statüko şirketlere ve lobilere ait muazzam bir altyapı tarafından desteklenmesine karşın, yoğun enerji dağıtımı açısından ufukta köklü değişimler görülüyor. Bilgisayar kılavuzluğu ve küresel konum belirleme, rota çizerken yollarda mahsur kalmaya fırsat vermeksizin, esnek bireysel ulaşımı mümkün kılıyor. Elli yıl içinde kara, su ve havada gidebilen bir tür sessiz bireysel taşıtın geliştirilme olasılığının yarı yarıya olduğu söylenebilir. Bu yeni tür ulaşım için onaylı geçiş hakları gerekli olsa da, otoyol ve köprü bakımı gibi altyapı maliyetlerinden büyük tasarruf sağlanacak.

Son olarak, uzay araştırmalarında girdiğimiz uzun sapa yoldan çıkacağımızı sanıyorum. Bundan kırk yıl önce “X serisi” ve “Blackbird” araçlarıyla uzayın kenarına kadar *uç-*

bilecek durumdaydık. Ama itici roketlere yakıt tankları takmayı öngören iyi tasarlanmış, ama çıkmaz yolu tuttuğumuzdan, bütün bu girişimleri bir yana bıraktık –üstelik çoğu kez kritik üretim tesislerini ve hatta planları yok ederek. Bununla birlikte, sapa yolun sonuna vardığımızı gösteren çeşitli sebepler var:

- 1) Bizi uzaya uçurabilecek SCRAM jetleri gibi itici güç sistemlerini yeniden araştırmaya başlıyoruz.
- 2) Gezegenler arası uzayda serbestçe dolaşabilen ülkelerin elde edeceği açık bilimsel, askeri ve ekonomik avantajlar var –on beşinci ve on altıncı yüzyıllarda engin okyanusları aşabilen ülkelerin kazandığına epeyce benzer avantajlar.
- 3) Yirminci yüzyılın sonlarındaki astronomi, Hubble Uzay Teleskopu’nun takdire şayan katkısıyla, “uzaklarda” bizi bekleyen harikaları göstermiş bulunuyor.

Sosyal Değişim

Elli yıllık ölçekte birinci öncelik, dünyanın insan nüfusunu yenilenebilir kaynaklarla uyumlu bir düzeye indirmektir. En ciddi ve büyük çaplı sorunlarımızdan bazıları –yetersiz gıda üretimi, orman tahribatı, küresel ısınma, enerji sıkıntısı– sonuçta kaynaklara oranla insan fazlalığına bağlanabilir. Omuzların sürtünmesine varacak kadar yüksek insan sayısı, teknolojik çözümlerle giderilemeyecek fiziksel ve psikolojik stres yaratıyor. Çin örneğinde görüldüğü gibi, bir bütün olarak ülkeler bu soruna büyük öncelik veriyor. Bu bakımdan elli yıl içinde, veba salgını ya da küresel savaş gibi

toplu felaketler olmaksızın, nüfusun denetim altına alınacağını sanıyorum.

Aslına bakılırsa, bu türden uzun erimli diğer sorunlara daha duyarlı hale gelerek, seçeneklere ve alternatiflere daha dikkatli bakıyoruz. Geçmişte alternatifleri araştırma becerilerini bilemeyi oyun tahtası üzerinde oynanan oyunlar, savaş oyunları ve buna benzer araçlar sağladı; ama bağlam her zaman sınırlı olurdu. Video oyunları bu bağlamı genişletmiş bulunuyor; “SimCity” ve “Civilization” gibi oyunlar çapraşık sosyal-siyasal etkileşimlere duyarlılığımızı önemli ölçüde artırıyor. Arayüzlerin çok daha gerçekçi olması, sıradan yurttaşın seçenekleri kolaylıkla incelemesine olanak veriyor. Bu eğilim iklimden yapay zekaya kadar uzanan her alandaki sofistike simülasyonlarla daha sıkı bir biçimde bağlantılı hale geldiğinde, ilkeli bir tarzda gelecek seçeneklerini rutin olarak irdeleyen insanların sayısında bir büyüklük kertesini düzeyinde artış olacaktır. Daha önce sözünü ettiğim –ve “planlayıcı” adını verebileceğimiz– genel amaçlı minyatür aygıt bu sürece ivme kazandırarak, “ileriye bakış”ları günlük durumlara bağlayacak. Aynen video oyunlarında olduğu gibi, programlama uzmanlığına gerek duyulmayacak; tecrübenin işaret ettiği sezgiler ve yoklamalar yeterli olacak. “Planlayıcılar” video oyunları sonrası kuşağın, kullanıcı yetilerine uyum sağlamış gerçekçi ve denetlenebilir üç boyutlu arayüzleri kullanarak, bildik eylemlerin sonuçlarını incelemesine olanak verecek. Uygulamada, sosyal ve siyasal kararların “sınırlarını test etme”yi sağlayan uçuş simülatörlerimiz olacak.

Bu planlayıcıların beraberinde getireceği sosyal sorunlar elbette vardır. Bu sorunlardan biri daha şimdiden yaşanıyor: Planlayıcıların doğal bir yardımcı araç olduğu meslek-

lere ya da disiplinlere giren insanlar ile buna heves etmeyen ya da gücü yetmeyen insanlar arasında gittikçe açılan bilgi ve gelir düzeyi uçurumu. Gelişmiş ülkelerde yirmi birinci yüzyılın ortasına doğru telefonun dengine dönüşecek olan planlayıcılar neredeyse herkes tarafından seçenekleri yoklamak üzere kullanılacak; başka yerlerde ise bilgi ve gelir düzeyi uçurumu hızla açılacak. Halihazırda Güney Amerika'da dokuzuncu sınıfa ya da daha ötesine kadar okula gidebilenlerin oranı yüzde 15'in altında; bunların birçoğu düzenli telefon kullanmıyor ve düzenli planlayıcı kullananların sayısı daha da az olacak.

Hepimizin başına bela kesilecek daha geniş çaplı başka bir sorun da var: Özel yaşamı ve sürekli gözetim altında olmaksızın davranma özgürlüğünü korumak. Planlayıcının video kamera/hızlı iletişim kapasitesi, herkesi bir muhabire dönüştürecek. Bunun iyi bir tarafı var: Gelişen bir durum anında yayınlı iletilebildiğinde, gizlilikten ve delil yetersizliğinden güç alan tecavüz, yol kesicilik, soygunculuk ve diğer benzer suçları işlemek gittikçe zorlaşacak. Öte yandan, çok daha önemli bir nokta olarak, özel ilişkilere karışma potansiyeli medyanın "kamu yararı" adına herşeyi (facialar, insan zaafı vb.) haber konusu yapma yönündeki mevcut eğilimini bile gölgede bırakacak. Özel yaşam ve bunu zoraki girişimlerden koruma özgürlüğü ("ev dokunulmazlığı") aydınlık bir demokrasinin özünde yatar. Bu haklar yürürlükten kaldırıldığında, tiranlık çarçabuk ortaya çıkar. Yirmi birinci yüzyılın ortasına doğru, her bireyin hareketlerini ayrıntılı olarak izlemek teknolojik bakımdan mümkün hale gelecek. En yakın köyün ötesine yolculuk etmeleri izne bağlı olan ortaçağ serfleri kadar dış güçlerin boyunduruğu altında olacağız. İfade özgürlüğü sınırlarında (örneğin, kala-

balık bir tiyatroda “Yangın var!” diye bağıramamada) olduğu gibi, burada asıl güçlük devletin ve bireylerin zorla karışma haklarını ciddi biçimde kısıtlayan bir yasa ve görenek harmanını yaratmaktır. Bu çaba başarıya ulaşip ulaşamayacağımız ucu açık bir sorudur –yazılışından yüz yıl sonra, 1984 kitabının gölgeleri başımızda dolaşıyor.

Biyolojiyi daha iyi anlamamız hastalık ve yaralar üzerinde emsali görülmemiş bir denetim kurmamızı ve buna bağlı olarak ağırlardan kurtulmamızı sağlayacak. Öte yandan, biyolojik savaşlara girişme ve genetik mühendisliğinde hatalar yapma yönünde fırsatlarımız da artacak. Ama bana göre, bu alanda savunma saldırıya ayak uyduracak ve hatta belki onun önüne geçecek. Yapay bağışıklık sistemleri hem doğal, hem de yapay sistemlere karşı güçlü koruma sağlayacak düzeydedir. Yapay bağışıklık sistemlerinin olağandışı antijenlere karşı koyan biyolojik molekülleri bulma yeteneği, ilaç tasarımı ve üretimindeki teknoloji otomasyonu ile birlikte, sonunda küçük pazarlarda (ender hastalıkların tedavisinde) bile ilaç maliyetlerini aşağıya çekecek –ucuz CD üretiminin çok sınırlı dinleyici kitleleri için müzik kaydını mümkün kılmasına oldukça benzer biçimde. Tedavi maliyetindeki bu düşüş, yapay bağışıklık sistemlerinin tanı koyma yetenekleriyle birlikte, sağlık giderlerindeki yükselişi sonunda tersine çevirecek herhalde.

Son olarak, yakın gelecekte gezegenler arası uzayda doğuşa gücümüz, bir keşif ve heyecan çağını açma bakımından, “Yenidünya” bulma arayışıyla çekişecek. Elli yıl içinde Ay’da, Mars’ta ve Jüpiter çevresinde üslerimiz olacak büyük olasılıkla. Bu üsler aşağı yukarı on beşinci ve on altıncı yüzyıllarda Yenidünya’daki ilk Avrupa ileri karakollarına benzer bir işlev görerek, hayal gücümüzü ve merak duygu-

muza kamçıl原因 harika şeylere ilişkin düzenli bir bilgi akışı sağlayacak. “Uzaklarda” bulunmak galaksidaki diğer uygarlıkların (SETI tarzında) belirtilerini elde etme şansımızı büyük ölçüde arttıracak. Eğer gerçekleşirse, böyle bir gözlemin etkileri en azından klasik çağ Yunan eserlerini yeniden keşfetmenin ortaçağ Avrupa’sı üzerindeki etkileri kadar büyük olacak.

JOHN H. HOLLAND Ann Arbor’daki Michigan Üniversitesi’nde psikoloji, bilgisayar bilimi ve mühendisliği dersleri vermektedir. Ayrıca Santa Fe Enstitüsü’nün konuk profesörlerinden ve mütevelli heyeti üyelerinden biridir. İlgilendiği başlıca araştırma alanları karmaşık uyarlanma sistemleri (doğal ve yapay), bilişsel süreçlere ilişkin bilgisayar temelli modeller ve bilgisayar temelli düşünme deneyleri için modellerdir. Geniş bir çevrede “genetik algoritmasının babası” olarak tanınmaktadır; Genetik ve Evrim Hesaplaması Uluslararası Derneği’nin yönetim kurulu üyesidir. En son çıkan iki kitabı: *Emergence: From Chaos to Order* [Ortaya Çıkış: Kaostan Düzene] ve *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity* [Gizli Düzen: Uyarlanma Nasıl Karmaşıklık Yaratır].

RODNEY BROOKS

Beden ve Makine Kaynaşması

En azından son beş yüz yıl boyunca, bilim ve teknoloji kendimize ve benzersiz sandığımız dünyamıza dair anlayışımızı aşındıran genelleşmeleri karşımıza çıkarmış ve bizi çeşitli biçimlerde tedirginliğe, kızgınlığa ve hatta şiddete yöneltmiştir. On yedinci yüzyıl başlarında, kendisini destekleyecek neredeyse elli yıllık titiz gözlem verilerine dayanarak, Galileo dünyanın göksel şemadaki yeri konusunda kilişle çatışmaya girdi. Dinsel uzlaşmazlık karşısında taktik olarak geri adım atmasına karşın, dünyanın evrenin merkezinde yer alan benzersiz bir gökcismi olmadığı, güneşin yörüngesinde dolanan çeşitli gezegenlerden sadece biri olduğu çok geçmeden açık seçik ortaya kondu. Daha sonra güneşin birçok yıldızdan sadece biri ve çok sonra da galaksimizin birçok galaksiden sadece biri olduğu anlaşıldı pek tabii ki. Günümüzde bu kibir kırıcı kavrayışın evrenimiz için de geçerli olup olmadığını belirlemenin düşünsel uğraşı içindeyiz.

Kendi döneminde Charles Darwin insanları soy bağıyla doğrudan akraba olduğu hayvanlar âleminin sırf bir parçası olarak genelleştirdi –ABD’nin çorak düşünsel alanlarında bugün bile siyasal kabadayılık konusu olan bir olgu. Crick ve Watson’ın çalışmalarının ardından, en temel genlerimizden birçoğunun maya ya da meyve sineği genlerinden çok az

farklılık taşıdığının açık seçik ortaya konmasıyla, yirminci yüzyıl bu fikre küçük süslerin eklenmesine sahne oldu. Yüzyılın sonunda bu türden iki genelleşmeyle daha yüz yüze geldik: Hayat versiyonumuz yaşadığımız Yer’de ortaya çıkmamış ve başka bir gezegendeki bir hayat kaynağından tohumlanmış olabilir. Ve sonunda insanların beklediğimiz kadar çok sayıda gene sahip olmadığı ve aslında diğer birçok hayvandan, hatta patatesten daha az gen taşıdığını saptadık. Anlayacağınız, o açıdan da benzersiz değiliz.

Bu genelleşmelerin her biri kendimize bakış açımızı zorlamış bulunuyor. Daha büyük bir gerçekliğin parçası olarak, daha az özel hale gelmiş durumdayız. Özel konum yitimine katlanmada çok güçlük çektik; ama açığa çıkan her gerçeğin bize verdiği yeni dünya görüşüne ayak uydurmaya usulca başardık. Bunların hiçbirisi birdenbire olmadı. Eğer gerçekleşirse, dünya dışı zekanın bulunması ani bir düşünsel sarsıntı gibi gelebilir ve bazı bakımlardan öyle de olacaktır; ama dünya dışı zeka arayışını (SETI) yeterince anlayarak, atıl bilgisayar çevrimlerini bu çabanın hizmetine verenlerin sayısının sürekli artmasıyla birlikte, bu alanda bile yavaş yavaş duyarlılaşmaktayız. Canlı türleri genelindeki bütün bu kavrayışlara varışımız hazırlayıcı nitelikte birçok buluş, sav ve tartışmanın sonucudur. Doruk anları belki dramatik olabilir, ama belirtiler her zaman ortadaydı.

Şimdi, yirmi birinci yüzyılın başında, önümüzdeki elli yılın bu türden başka bir genelleşmeyi vaat ettiğinin belirtilebilirini görebiliyoruz. Bizzat insanlığımız tehdit altına girdiğini hissedecektir; bu durumun esasen düşünsel ve dinsel inançlar konusunda şiddetli savaflara yol açması pekala mümkündür. Bu savafların daha şimdiden tanık olduğumuz ilk çatışmaları hiç de hoş değil. Bu genelleşme insanların birer

makine olduğu ve bu bakımdan rutin biçimde makinelere uyguladığımız teknolojik yönlendirmelere aynen tabi olduğudur. İşleri biraz daha karmaşıklaştıran bir etken, teknolojik altyapımızın tıpkı son elli yılda olduğu gibi tamamen değişecek olmasıdır. Bedenlerimizin ve imalat sürecimizin teknolojisi aynı şey olarak genelleşecektir.

Modern moleküler biyolojinin açıkça belirtilmeyen kilit ilkesi, bizler de dahil canlı sistemlerle ilgili herşeyin molekül etkileşimlerinin bir ürünü olduğudur. Modern biyoloji katı materyalizm üzerine kuruludur. Çeşitli kuvvetlerin bileşimine göre etkileşime giren, sıcaklığın ve kuantum etkilerinin yol açtığı rasgeleleştirmeye tabi moleküller dışında hiçbir şey yoktur. Hayat iksiri yoktur, hayat gücü yoktur, maddi temele dayanmayan zihin yoktur, ruh yoktur. Bilimciler arasında bu tutumlar tartışma konusu değildir –aynen bizlerin ve patateslerin ortak bir atadan evrimle ortaya çıktığı görüşünün tartışma konusu edilmemesi gibi. Bu ilkelerden birinin, hayatımızın moleküler temele dayandığı ya da biyolojik sistemlerin evrimle ortaya çıktığı görüşünün yanlış çıkması halinde, bütün tarım sektörümüz, tıp bilimimiz, kimya sanayilerimiz, ilaç sanayilerimiz, epidemiyolojimiz ve doğayı koruma çabalarımız varsayımlara dayanacak ve sırf şans eseri işliyormuş gibi bir duruma düşecektir. Canlı sistemler konusunda çözülmesi gereken bazı ayrıntılar hâlâ vardır; önümüzdeki on-yirmi yılda birkaç düşünsel sıçramanın ve uyumsuzluğun daha yaşanacağına hiç kuşku yoktur. Bunlar kuantum mekaniğinin fiziğe ya da bilgi işlemin matematiğe yaptığı gibi, biyolojiyi karışıklığa itebilir. Ama mevcut anlayışlarımız toptan bir kenara atılmayacaktır. Kilit ilke, yani trilyon üssü trilyon miktarda ve zihinden yoksun moleküler etkileşimlerin ürünü olduğumuz görüşü ayakta kalacaktır:

Bu öyle flojiston ya da esir gibi bir şey değil, yılın her haftası ve haftanın her günü binlerce yeni deneyle doğrulanan bir olgudur.

Çoğu kimse mutlu bir şekilde moleküler biyolojinin elli yıldaki sonuçlarından habersiz kalmayı başarmış bulunuyor. Bu çevreler işin farkına daha yeni varmaya başlıyorlar. Çok uzak olmayan bir geçmişte, ABD başkanının etik ve siyasal düşüncelerden hareketle, devletin ne tür kök hücre araştırmalarına kaynak sağlayacağına dair kararını ulusal televizyonda duyururken, biyolojik araştırmaların ince nüanslarına girdiğini gördük. Bu hiç kuşkusuz başkanlarımızı böylesine şaşkın halde gördüğümüz son sefer olmadığı gibi, tartışmanın her iki cephesindeki savunucuların geleneksel ayırım çizgisini şaşırtıcı biçimde aşmasını gördüğümüz son sefer de olmayacak. Bazıları sert olmak üzere daha birçok gösteri olacak elbette —şu anda olduğu gibi sadece genetik bakımdan değiştirilmiş gıdalara karşı değil, bizi kendi yaptığımız ve yönlendirilebilir araçlarla aynı sınıfa koyarak alçalttığı düşünülen teknolojilere karşı da.

Moleküler biyolojinin son elli yılda geliştirilen analitik araçlarını mühendislik araçlarına dönüştürmeye daha şimdiden başlamış durumdayız. Bu gelişmeyle birlikte, işleyişinin en temel düzeyinde bizzat hayatı —özellikle de insan hayatını— yönlendirme gücümüzün farkına varıyoruz.

Elli yıl önce, İkinci Dünya Savaşı'nın hemen ardından mühendislikte bir dönüşüm yaşandı. O zamana kadar mühendislik zanaata dayalı bir uğraştı; ama 1950 dolaylarından başlayarak fizik bilimine dayalı bir disipline dönüştü. Şimdi mühendislikte bir başka dönüşümün başlangıcına tanık oluyoruz; fizik geçmişinin katılığını feda etmemekle birlikte, bu sefer büyük ölçüde biyolojiye dayalı bir disipline

dönüşüyor. Müdürlüğünü yaptığım MIT Yapay Zeka Laboratuvarı'nda, bu dönüşümün belirtilerini her gün görüyoruz. Eskiden silikon çipleri yaptığımız temiz odaları yıkıyoruz ve bunların yerine kurduğumuz ıslak laboratuvarlarda, bakteriyel robotlar yetiştirmek amacıyla programları derleyip DNA dizilişlerine ve bunları da uç uca ekleyerek genomlara çeviriyoruz. Otuz yılda varmak istediğimiz hedef, canlı sistemlerin genetik yapısı üzerinde ince bir denetim kurmak; böylece yetiştirilen bir ağacı keserek kerestesinden bir masa yapmak yerine, masanın kendisini yetiştireceğiz. Silikon ve çelik robotları monte etmeye alıştığımız laboratuvarları, silikon, çelik ve canlı hücrelerden robotlar monte ettiğimiz laboratuvarlara dönüştürmüş durumdayız. Elde ettiğimiz kas hücrelerini, sakat insan bedenlerine düzgünce takılacak protezlerin öncü biçimleri olan bu basit aygıtlarda erişim düzeneği olarak kullanmaktayız. Yapay Zeka Laboratuvarı'nda makinelere öğrenme yeteneği kazandırma yolu üzerinde çalışan bazı uzmanlar daha iyi web arama motorları kurmayı bir yana bırakarak, insan genomundaki karşılıklı ilişkileri öğrenebilecek ve böylece hastalıkların genetik sebepleri konusunda öngörülerde bulunabilecek programlar geliştirmeye başlamış bulunuyor. Bir zamanlar mekanik CAD (bilgisayar destekli tasarım) sistemlerini barındıran odaları, insanların beyin motor denetimini ölçtüğümüz odalara dönüştürmüş durumdayız; böylece beyin hastalığı olan insanlar için sinir protezleri yapabileceğiz. Soğuk savaş döneminde Rus tanklarını saptayacak algoritmalar kurmakla uğraşan görme duyusu uzmanlarımız şimdi sinir cerrahisi işlemlerinde kılavuzluk sağlayacak özel görüş sistemleri kuruyor. Sadece MIT'de değil, dünyanın her yanındaki bütün mühendislik bölümlerinde benzer dönüşümler yaşanıyor.

Bu perspektif değişikliklerinin ortaya çıkardığı ilk kuşaklar, silikon ve çelik teknolojisinin bedenlerimizce özüm-senmesini hızlandırıyor. Böyle uğraşlara başlangıçta katı-lanlara somut klinik gerekçeler yön vermekteydi; çabaları insan bedenindeki yaralanmaları ya da bozulmaları telafi etmeye yönelikti. Kalp pilleri ve yapay kalçalar çoktan, ya-pay kalpler de bir süreden beri kullanılıyor. Ama şimdi da-ha karmaşık sinir protezleri yaygınlaşıyor. Köklü işitme kaybına uğramış on binlerce insanın kulak salyangozuna kalıcı olarak takılan aygıtlar var; bu takma araçlar sağlıklı bir kulağın duyarlı olacağı bir noktada doğrudan sinir uya-rımı niteliğinde yarım düzine frekans bandı sağlıyor. Böyle insanlar elektronik devrelerinin çevrel nöronlarını doğru-dan uyarmasıyla –daha spesifik ifadeyle, silikon ve “ıslak” sinir devrelerinin bir bileşim aracılığıyla– sesleri işitebiliyor.

Benzer düzeyde etkili takma görsel araçlar kusursuz hale getirildiğinde, retina leke bozukluğundan mustarip insanlar başlıca müşteriler olacak. Dünyanın dört bir yanında ekip-ler, insan retinasına bir silikon kamera çipi yerleştirmeye ve resim unsurlarını retinadaki sinirlere doğrudan bağlamaya ya da bunları başın arka tarafında görsel girdilerin işlem-den geçirildiği ilk alanlara kabloyla ya da kablosuz göndermeye yönelik tasarımlar üzerinde çalışıyor. Böyle aygıtların kısa sü-reyle takılmasına dayalı bir dizi deney yapılmış bulunuyor. Bu makalenin yazıldığı sırada, bir yılı aşkın bir süreden beri takma retina araçları taşıyan üç hasta vardı –ancak sonuçlar konusunda şimdiye kadar herhangi bir şey yayımlanmış de-ğil. Başarılı takma görsel araçlara kavuşmamız, takma ku-lak araçlarına oranla, teknik bakımdan çok daha zordur; çünkü bir avuç bağlantı sıradan konuşmaları iletmeyi sağ-larken, kamera çipi ile nöronlar arasında doğru yerleştiril-

miş binlerce bağlantıya gerek vardır. Ne var ki, takma retina araçlarının zamanla kulak salyangozu çeşidi kadar rutin hale geleceğine inanmak için her türlü sebep var.

Elleri ve ayakları tutmayan bazı kötürüm kişiler, omurganın üst kısmında meydana gelen ve hatta beyin sapına da taşan zedelenmelerden dolayı, konuşamaz ya da nefeslerini denetleyemez duruma düşerler ve bir solunum aygıtına gerek duyarlar. İşte böyle insanlar şimdi beyinlerindeki takma sinir araçlarını kullanarak, sadece düşünme yoluyla bir bilgisayar faresini yönlendirebiliyor. Bu arabirim dış dünyayla yeniden iletişime girmelerini ve böylece bir ölçüde denetim kurmalarını sağlıyor. En azından, bilgisayar ekranlarında görmek istedikleri şeyleri seçmeleri ve biraz zahmetli de olsa, komutlar yazmaları, mesajlar iletmeleri ve e-postayla haberleşmeleri mümkün. Bazı deneylerde günlük işlerde kendilerine yardımcı olacak robotları idare edebildikleri saptanmıştır. Yatalaklara köklü biçimde incinmiş temel insan onurunu yeniden kazandırmaya başlamış olan bu tür teknikler üzerindeki çalışmaların süreceği, söz konusu aygıtların kapsamının ve esnekliğinin zamanla gelişeceği varsayılabilir.

Tıbbi sorunları olan kişilerin bedenlerine silikon ve çelik yerleştirmeye dönük başka birçok deney var. Bunlar inme mağdurlarının ve omurga zedelenmesi mağdurlarının kaslarını çalıştıracak sistemlerden, Parkinson ve benzeri hastalıklara yakalanmış kişilerde sinir sinyallerinin yönünü değiştirecek tasarımlara kadar uzanıyor. Böyle girişimler ve kötürümler üzerindeki deneyler, kritik beyin bölgelerimizin uyum sağlama yeteneği konusunda umutlar doğurmuştur.

Böyle klinik prosedürler çok geçmeden isteğe bağlı olarak kullanılmaya başlayacaktır. Önümüzdeki on-yirmi yıl-

da, dünyada yapabileceğimiz ve anlayabileceğimiz şeyleri arttırmak amacıyla bedenlerimize robot teknolojisinin, silikonun ve çeliğin girmesini benimseyeceğimiz bir kültürel değişim yaşanacaktır. Kör olmayan insanlar gözlerinden birine kızılötesi ya da morötesi ışınlarla duyarlı bir düzenek yerleştirilmesini tercih edebilir. Belki hepimiz doğrudan beyinlerimize takılmış bir kablosuz internet bağlantısına sahip olabiliriz –ancak böyle bir durumda tarayacağımız web sayfalarının nasıl bir “görüntü” ya da “duygu” uyandıracığını henüz bilmiyoruz.

Ayrıca, bu yüzyılın yaklaşık bir çeyreğini geride bıraktığımızda, daha biyolojik bir doğanın getireceği benzer gelişmelerden yararlanabileceğiz. Bu zaman diliminde, genetik mühendisliğinin gerçekten büyük ölçekte –halen araştırmaların sürdüğü tarım ve tıp alanlarının ötesinde– kullanılması yaygınlaşacak. Genetik mühendisliği petrol sanayisinde, plastik eşyaların ve başka malzemelerin üretiminde, geridönüşüm süreçlerinde, pillerde, yenilenebilir enerji kaynaklarında ve şimdi bulunduğumuz noktadan hayal edilmesi zor öbür uygulamalarda kullanılacak. 2025’e doğru bu teknolojileri güvenle kendi bedenlerimize uygulamak için yeterli açık denetime de kavuşmuş olacağız. Böyle bir çıkışma sürpriz olmasa gerek –çünkü dikey doğrultularda uygulanan aynı bilim ve teknoloji buna olanak verecektir.

Bedenimize yapılan ilk biyolojik eklemelerin bazıları, beyin kabuğumuzdaki nöron sayısını arttırmayı gerektirebilir. Halihazırda bu tür deneyler fareler üzerinde yürütülüyor. Gelişiminin kritik bir evresinde bir farenin beynine ilave nöron katmanları yerleştirildiğinde, bu eklemenin uygulanmadığı farelere oranla zeka düzeyi yükseliyor. Çocuklukta beynimizin gelişimini denetleyen hormon dengelerini daha iyi

anlamamızla birlikte, yetişkin beyinlerimize belki nöron katmanları ekleyerek, IQ düzeyimizi birkaç puan yükseltebileceğiz ve daha gençken sahip olduğumuz bellek yetilerini yeniden kazanabileceğiz. Büyük olasılıkla eklemenin karman çorman ortamında bazı hatalar ve korkunç öyküler yaşanacak, ama hiç kuşkunuz olmasın, teknoloji ara sıra keşintiye uğrayarak yolunda ilerleyecektir.

Yirmi birinci yüzyılın ortasına vardığımızda, birçok yeni biyolojik yetiye sahip olacağız. Bunlardan bazıları bugün bize hayali gelebilir –tıpkı bugünün bilgisayarlarının hızına, belleğine ve fiyatına ilişkin projeksiyonların 1950’de ilk dijital bilgisayarlar üzerinde çalışan mühendislerle hayali görünmüş olacağı gibi. 2050’ye doğru, daha gebeliğin başladığı anda müdahalede bulunup bir bebeğin sadece cinsiyetini değil, pek öyle sıradan olmayan şeyleri, beden, zihin ve kişilik özelliklerinin birçoğunu da seçebileceğimizi varsaymak makul gibi görünüyor. Sırf bir ceninin cinsiyetini belirleyebilmenin bile Çin ve Hindistan’da cinsiyet oranlarını nasıl fena halde bozduğunu görmüş bulunuyoruz; bu yeni yeteneklerin dünya nüfusunun bileşimine köklü ve (bu aşamada) temelde öngörülemez etkilerde bulunmasını bekleyebiliriz.

Halihazırda varolan bedenleri de değiştirebileceğiz. Ameliyatla düzeltme ve biyokimyasal yolla (örneğin botoks kullanarak) değiştirme yöntemleri Batı dünyasında son yirmi yılda yaygınlaşmıştır; elli yıl sonra, genetik modifikasyon yoluyla insan bedenlerinde radikal değiştirmeler görmeyi bekleyebiliriz. Bu modifikasyonların birçoğu elbette insan ömrünü uzatmaya yönelik olacak; ama birçoğu da eğlence amaçlı ve hayat tarzıyla ilintili olacak. İnsan çeşitliliği bugün hayal edemeyeceğimiz yönlerde genişleyecek.

Bedenimizde değişiklik sağlamak amacıyla geliştirilen teknikler sanayi altyapımızda da kullanılacak. şu anda imal ettiğimiz şeylerin büyük bir bölümü gelecekte dijital denetimimiz altında moleküler yönlendirmeyi yürüten ve genetik bakımdan düzenlenmiş organizmaları kullanarak yetiştirilecek. Bedenlerimiz ve fabrikalarımızdaki malzemeler aynı olacak. şu anda kendi koşullarımızı modern çiftliklerde yetiştirdiğimiz tavukların koşullarından zihinsel olarak nasıl ayırıyorsak, bunları da belki zihnimizde ayrı tutmayı başaraacağız. Ama böyle düşüncelerin gölgesinin bizi kendi sınırlı varoluşumuza kafa yormaya yönlelmesine benzer biçimde, bir canlı türü olarak kendimize bakışımızda bir başkalaşma olacak; kendimizi sanayi altyapısının bir parçasından ibaret görmeye başlayacağız.

Bütün bilimsel ve teknik çalışmalar sürerken, aynı rahatsız edici sorular yığınyla defalarca karşı karşıya geleceğiz. Canlı olmanın anlamı nedir? Bir varlığı “insan” yapan şey nedir? Bir varlığı “insandan aşağı” kılan şey nedir? İnsanüstü olmak nedir? İnsanlık aısından hangi değişiklikleri kabul edebiliriz? İnsan hayatıyla oynamak etik midir? Belirli “düzeltici” yollarla olsa bile, insan hayatıyla oynamak etik midir? Kimin “düzeltici” yorumu? Kimin “hayat” ve “insan” yorumu? Birey olarak bilimci yönlendirdiği ya da yarattığı yaşam biçimleri konusunda nasıl bir sorumluluk taşır?

Üstelik, bu sorular sadece iyi niyetli bilim çevrelerinde sorulmayacak; vandallıktan terörizme ve doludizgin savaşa kadar herşeyin eşlik ettiği bir ortamda, toplumun genelinde de tartışılacak.

Son beş yüz yılın ilk başta tedirgin edici eski genelleşmeleri sadece kozmostaki yerimize dair anlayışımızı değiştirdi.

Önümüzdeki elli yıl boyunca, yeni genelleşmeler bizzat yerimizi değiştirme gücünü verecek bize. Hayatın ve şeylerin düzeninin pasif gözlemcileri olma rolünden sıyrılarak, hayatın ve şeylerin düzeninin yönlendiricileri haline geliyoruz. Kendimizi artık Darwinci evrimle sınırlanmış olarak görmeyeceğiz. Hem bireyler, hem de bir canlı türü olarak bu evrime açıkça katılma seçeneğimiz olacak. Nükleer fizyon alanındaki serüvenlerimiz, o dönemle karşılaştırılınca çocuk oyunu gibi görünecek. Soyumuzdan gelenlerin günün birinde galaksimizin başka bir kesimindeki bir SETI girişiminin neşeli buluşunun nesneleri olmasını istiyorsak, kibir duygumuzu çok dikkatlice gözlemlememiz ve yumuşatmamız gerekecek.

RODNEY BROOKS Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde Yapay Zeka Laboratuvarı'nın müdürü ve Fujitsu Bilgisayar Bilimi Kürsüsü'nde profesördür. Ayrıca oyuncak, petrol, tüketim malları ve savunma sektörlerinde köklü şirketlerle ortaklıkları bulunan iRobot Corporation adlı şirketin yönetim kurulu ve teknik kurul başkanıdır. Adını *Journal of the British Interplanetary Society* dergisindeki bir makalesinden alan ve Errol Morris'in 1997'de çektiği *Fast, Cheap, and Out of Control* [Hızlı, Ucuz ve Kontrol Dışı] filminde dört ana karakterden birini canlandırmıştır. Kitapları arasında *Model-Based Computer Vision* [Modele Dayalı Bilgisayar İmgesi]; *Programming in Common LISP* [Common LISP'te Programlama], *Cambrian Intelligence* [Kambriyen Zekası] ve en son çıkan *Flesh and Machines: How Robots Will Change Us* [Beden ve Makineler: Robotlar Bizi Nasıl Değiştirecek] sayılabilir.

PETER ATKINS

Maddenin Geleceği

Kimyacılar maddeyle sihirbaz gibi oynarlar. Toprak, hava ve sudan elde edilmiş malzemeleri işleyerek, belki de evrenin başka yerlerinde bulunmayan madde formlarını üretirler. Ancak, sihirbazlığın tersine, icra ettikleri meslek rasyoneldir; işleme sürecini atomların birbirlerine nasıl bağlandığına ve tavına getirilip yeni bileşimlere sokulabileceğine ilişkin derin bir anlayışa dayandırırılar. Maddeye ilişkin bu anlayış, yani onlara böyle bir güç veren anlayış on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda yapılan deneylerden çıkarılmış ve yirminci yüzyılda kuantum mekaniğinin kimyaya uygulanmasıyla niceliğe dökülmüştür. Yirmi birinci yüzyılın başında, kimyacılar artık maddeye tam hâkim durumda.

Kimyanın yaratışı iki yönlüdür. Yeni ürünleri ve yeni konuları ortaya çıkarır. Son elli yılda kimyanın yarattığı ürünler bizi çepeçevre sarıyor: Ömrü uzatan, hayatı daha hoş hale getiren ve ölümü daha az ağırlı kılan ilaçlar; günlük sahnelere canlılık katan kumaşlar ve boyalar; tahta ve demirin yerini alan, yapıları hafif ve sağlam hale getiren, yeni ve ilginç şekillere ulaşmayı sağlayan plastik ve seramik malzemeler; toplumu dönüştürmüş olan yarı-iletkenler ve toplumu bir daha dönüştüreceğini öngördüğümüz süper-iletkenler; dilediğimiz gibi yaşamamızı sağlayan yakıtlar. Ama

kimya yeni konuları da ortaya çıkarır. Bu konular ayrı adlar alır, ama özünde kimya olarak kalır. Malzeme bilimi kimyadır –özgül mekanik, elektriksel ve manyetik özelliklerle yeni malzemelerin üretilmesine uygulanan kimya. Yirminci yüzyılın olağanüstü yaratımı ve yirmi birinci yüzyıl açısından biyoloji ve tıbbın temeli olan moleküler biyoloji, hayatı yaratan korkunç karmaşıklıkta moleküllere uygulanan kimyadır. Yaran, kesen ve biçen kısımları bir yana bırakılırsa, modern tıp uygulamalı kimyadır; geçmişte tüyler takarak ve dualar okuyarak uygulanan, ama gittikçe kavrayış temelinde başarıyla uygulanan kimyadır. Maddenin özellikleri ve dönüşümleriyle uğraşan herşey, o madde ister canlı, ister cansız olsun, köken itibarıyla kimyadır.

Önümüzdeki elli yıl kimyacıların atomları yönlendirme ve yeni örüntülerle birbirine bağlama becerisinin pekişmesine sahne olacak. İleriye açılan üç yol var. Bu yollardan biri, kimyanın klasik tekniklerinin olgunlaşmasıdır: Çeşitli süzölmüş biçimleriyle simyadan doğan ve laboratuvarlarımızda yüksek bir incelik derecesine ulaşan çalkalama, ısıtma ve karıştırma işlemleri. Özellikle organik kimyacılar, yani esas olarak karbondan yapılmış bileşiklerle uğraşan kimyacılar, atomların özgül örüntülerle birbirlerine nasıl bağlanacağı konusunda çok büyük bir bilgi birikimi sağlamışlardır. Bu bilgi birikimi hiç kuşkusuz akıllı sistemler alanına taşınacaktır. Sentez stratejileri gittikçe genişleyen bir uygulamayla, en iyi ilerleme yolunu saptamak için sinir ağlarını kullanan bilgisayarlarca tasarlanacak. Kimyacıların daha gelişkin yapıların –sadece proteinlerin ve nükleik asitlerin değil, bilgi işleme ve veri saklama için organik malzemelerin– sentezine yönelmesiyle birlikte, bilgisayar destekli kimya her geçen gün daha zorunlu hale gelecek. Önümüzdeki elli yıl-

da, bilgisayarların bizzat kendi ardılları için gerekli çapraşık ürünleri elde etmeye yönelik sentez yollarını tasarladığına tanık olacağız. Bilgisayarlar daha küçülmek zorunda. Bu süreçte mümkün olan en küçük bileşenlerden yapılmaları gerekir. Yani moleküllerden yapılmaları gerekir; çünkü daha küçük hiçbir şey ona bir yapı niteliğini kazandıracak karmaşık mimariye sahip olamaz. Bu nedenle kimyacılar daha az çapraşık molekülleri yaparken edindikleri becerileri kullanarak, moleküler bilgisayarlar yapacaklardır.

Organik kimya yalnız canlı organizmalarca üretildiği sanılan bileşiklerin incelenmesiyle ortaya çıktı. Organik bileşiklerin ancak doğal yoldan üretilebileceği görüşü, kimya tarihinin erken bir evresinde yıkıldı. Organik kimyanın olağanüstü canlılığı, bu yıkılışa tanıklık eden bir durumdur. Beklenen sonuçlardan biri, organik kimyacıların sıfırdan başlayarak hayatı sentez yoluyla yaratmalarıdır. Bunu başarmak için, sentez yoluyla DNA ya da eşdeğer bir moleküler veri saklama sistemi yapabilmeleri ve bunu sentetik zarlarla korunan ve kopyalama enerjisini sağlayacak sentetik metabolizma sistemleriyle donatılan yapay zigot sistemleri içinde sarmalamaları gerekiyor. İlk başta, sentetik ve doğal bileşenlerin bir karışımını –doğal bir yumurtanın içine konmuş yapay bir DNA şeridini– kullanacaklardır; ama tam bir yapay sistem sağlamak için gerekli bileşenlerin çoğunu daha şimdiden sentezle elde edebiliyorlar ve önümüzdeki elli yıl içinde bir dizi uygun sentetik protein yapmış olacaklar. Gerçek anlamda organik kimyanın –canlı organizmaları ve özelliklerini sentezle elde etme dalının– şimdiki organik kimyada elli yıl içinde çıkmasını beklemiyorum; ama bu dönem işlerliğe sahip proteinlerin ve hücre zarlarına yakın iyi bir sentetik yapının üretimine sahne olacaktır. Tam sentetik

hayata ilişkin bölük pörçük bilgiler, yüzyılın ortasına doğru yerli yerine oturacak ve parçalar zamanla bir araya getirilecektir. Daha uzun vadede karbonda ısrar etmeye gerek kalmayacak ve canlı şeylere en azından kısmen silikon ve germanyum katma ve tamamen yeni bir hayat türü yaratma yönündeki spekülatif düş gerçekleştirecek. Böyle uğraşlarda başarıya ulaşılması hiç kuşkusuz köklü etik soruları uygun biçimde gündeme getirecek; ama başarı olasılığı öylesine uzak bir gelecekte duruyor ki, şu an için böyle sorunları ciddiye almaya gerek yoktur.

Bileşiklerini üretmek için organizmaların zorunlu olduğu görüşünün organik kimya tarafından yerle bir edilmesine karşın, bazı moleküller o kadar çapraşıktır ki, sahiden de ancak canlı organizmalarca üretilebilir. Kimyacılar böyle malzemeleri üretmek için organizmaları kullanacak ve kendi ürünleri için fiilen bu organizmaları yetiştirecek. “Tarımsal kimya” terimi yeni bir anlam kazanacak. Bu bakteri sağma işi daha şimdiden yapılıyor, ama genetik mühendisliğinin daha etkili hale gelmesiyle önemi artacak. Taşıtlar için hidrokarbonlar ve petrokimya sanayisi için ham ürünler gibi daha basit molekülleri de elde etmeye dönük bakteri ya da bitki yetiştirmemek için hiçbir sebep yok. Depolanmış hidrokarbon kaynaklarımızın tükenmesine ve fosil yakıt benzerlerini üretmek zorunda kalmamıza bağlı olarak, bu uygulamalar önümüzdeki elli yılda büyük önem kazanacak.

Klasik tekniklerden ve mikrop yetiştirmeden sonra, senteze yönelik üçüncü yaklaşım kimyacıların tekil atomları yönlendirme becerisine dayanacak. Halihazırda atomları yüzeyler üstünde dolandırarak, önceden seçilmiş yerlere taşımak mümkün; gelecekte atoma atom ekleme yoluyla moleküller yapılacaktır. Eskiden havada veya eriyik halinde ola-

ğan varoluşun kargaşasına dayanamadıkları için elde edilemeyen yeni tekil yapılar kurulacak. Bu tekniklerin sanayi ölçeğinde kullanılabileceğini hayal etmek zor; ama sanayi daha sofistike hale geliyor ve böyle ısmarlama molekül üretimi olasılığı yok sayılamaz.

ısmarlama üretim kavramı akla nano-fabrikasyonu ve genel anlamda nano-teknolojiyi getiriyor. Kimya hiç kuşkusuz çok ufak bileşenlerin fabrikasyonuna katkıda bulunacak ve halen (uygulamada) dilimlerden oyulması gereken şeyleri yapma yollarını bulacak. Moleküler mühendislik daha şimdiden tek molekül ölçeğinde mekanik bileşenlerin benzerlerini üretiyor ve kimyacıların dişleri, çarkları, dingilleri, kayışları, köprüleri ve mühendisliğin diğer bütün donatılarını nano-fabrikasyon düzeyinde yapma yollarını bulmalarıyla birlikte, bu yapılar daha incelikli hale gelecek. Nanoteknolojinin ilk savunucuları, kimyacıların makroskobik makinelerin mikroskobik versiyonlarını monte edebileceği görüşündeydi: Moleküler rulmanlı moleküler dingiller üstünde dönen moleküler disk frenli moleküler çarklar. Bu tür spekülasyonların çoğu, atom özelliklerinin büyük ölçüde yabana atılabileceği ya da isteğe göre değiştirilebileceği varsayımına dayalıydı: Yani, moleküller arası kuvvetler zayıflatılabilir ya da güçlendirilebilir, bağlanma eğilimleri gözardı edilebilirdi. Kimyacıların bileşen atomların gerçek özelliklerini gözardı etmek yerine hesaba katarak, makroskobik makinelerin moleküler benzerlerini geliştirmeleri çok daha akla yakındır. Çekici bir olasılık bakterilerin bütün halinde dişli çarklar, pistonlar, yaylar ve hatta bütün halinde makineler salgılayacak şekilde genetik bakımdan düzenlenmesidir; mutlaka saf organik olması gerekmeyen böyle bir salgılama başka unsurları da içerebilir.

Halihazırda karbon ve bor nitrür nano-tüpleri kullanmaya dayalı nano-fabrikasyon yönünde yüksek umutlar (ama az sayıda başarı) var. Bir atom çapında yalıtık teller –uç noktada bilgisayar nano-fabrikasyonunu geliştirecek teller– üretmek üzere, daha şimdiden karbon nano-tüplerin içine atom zincirleri yerleştirilmiş bulunuyor. Uzmanlaşmış bilgisayarların boyutlarının bir toz zerresi büyüklüğüne indirilebileceğine ve bir asıltı gibi püskürtülebileceğine dair her türlü ihtimal var. Ne de olsa, bir karıncanın beyni bundan ancak biraz büyük olmasına karşın, dikkate değer ölçüde uzmanca işleri yerine getirebiliyor.

Karbon nano-tüpler asma köprü ve kubbe gibi makroskobik yapılarda da muazzam önem kazanacak. Bu tüplerin umut verici bir özelliği ağırlıklarına oranla olağanüstü bir güç taşımalarıdır. Saf karbon nano-tüplerden payandalar üstünde kurulan ve saf elmas levhalarla örtülen jeodezik kubbelerin ileride bizi bu gezegende yarattığımız ekolojik belalardan koruyacak habitatlar, çölleri canlandırmak için kalkanlar, Mars'ta ve hatta gezegenler arası uzayda koloni kuracak alanlar sağlaması akıl almaz bir ihtimal değildir. Elli yıl belki de karbon nano-tüplerin bir sanayi ürününe dönüşeceği zaman aralığı içindedir.

Buna karşılık, önümüzdeki elli yılda bizzat kimyada çok az yeni şeyin anlaşılabileceğini itiraf etmek gerekir. Konu zaten son derece olgun düzeydedir ve temel ilkelerle bağlantılı çok fazla sürpriz pek olası değildir. Bundan kimyanın güvenle öngörülebilir olduğu anlamı çıkmaz. Yirminci yüzyıl sonlarının büyük sürprizlerinden biri, fullerenlerin –futbol topu biçimli karbon-60 molekülünün ve karbon nano-tüpleri de kapsayan benzerlerinin– bulunmasıydı. Bunların öngörülmesine karşın, kimse öngörüğü ciddiye almamıştı. Gözlem-

leri kuantum teorisi ve istatistiksel mekanik çerçevesinde rasyonelleştirmede teorik kimya çok iyidir; kestirimde bulunmada ise o ölçüde iyi değildir. Bu bakımdan başka sürprizler bekleyebiliriz; ama böyle buluşların mevcut kavrayış düzenimizin sınırları içinde kalacağına emin olabiliriz.

Bu durum teorik incelemelerin yararsız ya da tamamen akademik olduğu anlamına gelmez. Kimyada bilgisayar kullanımı daha şimdiden büyük önem taşıyor ve önümüzdeki elli yılda kesinlikle daha önemli hale gelecek. Bilgi tabanının genişlemesiyle, kimyacıların kılavuzluk için sinir hücrelerini gittikçe daha fazla kullanmasıyla ve tekil moleküler yapılardan esas özellikleri çıkarmanın daha güvenilir düzeye ulaşmasıyla, bilgisayarlar da gittikçe yanılmaz danışmanlara dönüşecek. Günümüzün başlıca uygulamalarından biri, moleküllerin özelliklerini belirleme ve umut verici olup olmadıklarını saptama yoluyla, bileşikleri farmakolojik etkinlik açısından taramaktır. İlke olarak, böyle taramalar ilaç geliştirme süresini yıllara varacak düzeyde aşağıya çekebilir. Daha şimdiden dünya çapında yürütülen ve (dünya dışı zeka arayışında olduğu gibi) şebekeye bağlı bütün bilgisayarların atıl sürelerini farmakolojik bakımdan etkin olabilecek molekülleri incelemek üzere kullanmaya dayanan bir tarama işlemi var. Özellikle İnsan Genomu Projesi'nin başarıyla tamamlanmasının böyle zengin verilere erişmeyi sağlaması nedeniyle, bilgisayarların bu şekilde kullanılması hiç kuşkusuz daha da artacaktır.

Bilgisayarlar başka bileşiklerin sentezlerine yol göstermek üzere, kimyada gittikçe daha fazla kullanılacaktır. Bu bileşiklere katalizörler, yani kendileri tüketilmeksizin belirli tepkimelerin sezilebilir hızda ilerlemesini sağlayan maddeler de girer. (Çince'de "katalizör" için kullanılan karakterlerin

“çöpçatan” anlamına da gelmesi bu özelliği gayet güzel yansıtır.) Katalizörler sanayinin hormonlarıdır ve kimya sanayisi onlar olmadan düpedüz varolamaz. Çoğu petrokimya sanayisindeki başlıca araştırma çabası daha verimli, daha ucuz, daha uzun ömürlü ve daha seçici katalizörleri bulmaya ve geliştirmeye yöneliktir. Sanayi kimyasalları üretildiği sürece, katalizörlerin devreye girmesi gerekecektir. Demir topakları ya da platin ve rodyumdan yapılmış tüller gibi ilk katalizörler görünüşte oldukça basitti; ama katalizörler gittikçe karmaşık hale geliyor. Önümüzdeki elli yıl boyunca, kimyacılar katı katalizörlerin yanı sıra, sıvılarda eriyen ve eriyik içinde etkisini gösteren yeni homojen katalizör kuşakları geliştirecek. Katı katalizörler gittikçe mikro-gözenekli malzemeler biçimine bürünecek; bunlar molekül büyüklüğünde delik, tünel ve kafeslerden oluşmuş bir labirentin kapladığı katılardır. Mikro-gözenekli malzemelerin asıl büyük üstünlüğü, çok geniş bir yüzey alanı sunmaları (neredeyse tamamen yüzeyden oluşmaları) ve içlerinden geçebilecek moleküllerin tiplerine ve boyutlarına karşı son derece seçici olmalarıdır. Böyle malzemelerin işlevlerini bulmak ve onları yeni baştan tasarlamak için bilgisayarlar gittikçe daha fazla kullanılıyor. Önümüzdeki elli yıl bu malzemelerin rasyonel tasarım ve kullanımında bir atılıma ve ilgili sanayilerden yeni ve daha ucuz malzeme akışına sahne olacak.

Kimya uğraşının belki daha geleneksel kanadı, yani içeriğini öğrenmek üzere malzeme analizi hakkında şimdiye kadar hiçbir şey söylemedim. Son elli yılda kimyasal analizin yetkinleşmesi neredeyse bütünüyle üç yaklaşımın sonucudur: Birinci olarak, maddelerin uzun ve ince bir tüpten geçerken farklı hızlarda hareket ettiği kromatografi vardır. İkinci yaklaşımı oluşturan kütle spektrometrisinde, mole-

küller patlatılır ve saçılan parçalardan çıkarsamayla kimlikleri saptanır. Büyük duyarlılık taşıyan ve çoğu kez birlikte kullanılan her iki teknik, malzemenin daha ufak miktarlarını saptamayı sağlamak açısından, kesinlikle daha da yetkinleşecektir. Üçüncü olarak, elektromanyetik radyasyonun farklı türlerinin (morötesi, görünür, kızılötesi, mikrodalga vs.) soğuruluşunu izlemeye dayanan ve spektroskopi olarak sınıflandırılan teknikler öbeği vardır. Bu teknikler içinde açık arayla en yararlısı, tıpta çok verimli biçimde kullanılan manyetik rezonans görüntüleme tekniklerine de temel oluşturan nükleer manyetik rezonanstır (NMR).

NMR'nin şaşırtıcı ölçüde en uyarlanabilir kimya aracı olduğu anlaşılmıştır. Yaklaşık elli yıl önce tekniğin ilk kullanıldığı dönemde, prosedür bir hidrojen çekirdeğinin güçlü bir manyetik alanda yönelimini tersine çevirdiği sırada telsiz dalgalarının soğuruluşunu izlemeye dayanmaktaydı. O dönemden bu yana konuyla ilgili elektronığın daha sofistike hale gelmesiyle ve bütün hidrojen atomu grupları ile diğer çekirdek türlerinin topluca yönelimlerini tersine çevirmelerinin sağlanmasıyla birlikte, teknik olgunlaşmış bulunuyor. Vurgulamak istediğim asıl nokta, tekniğin aradan geçen yıllarda neredeyse organik olarak gelişmesi ve önümüzdeki elli yılda daha da karmaşık yapıya bürünme yönünde belirtiler göstermesidir. Canlanmanın ancak daha fazla karmaşıklık katarak sağlanabileceği bir durgunluk evresine varılmış gibi görünüyor. Karmaşıklıkta her artışla birlikte, kimyacılar örnekteki moleküller hakkında daha fazla bilgi elde edebiliyor; yakın dönemdeki başlıca başarılar doğal habitatlarını, yani hücrelerin sıvı iç ortamlarını andıran koşullarda proteinlerin yapılarının saptanması alanındadır. Tekniğin uyarlanabilirliği öylesine yüksek ki, kuantum bilgisa-

yarları kurmayı sağlayacak bir araç olarak kullanılması da araştırılıyor. Kim bilir, gelecek kuantum bilgi işlemine kavuşacağımız bir aşamada, bir NMR spektrometresi incelemekte olduğu moleküller üzerinde düşünmeye başlayacak belki de!

Kimya bileşim kadar yapıyla da ilgilidir. Kimyacılar moleküllerin özelliklerini içerdikleri atomların düzenlenişinin yanısıra şekilleri ve boyutları çerçevesinde de anlamaya çalışırlar. Böylece suyun birçok özelliğini moleküllerinin V şekline bağlayabilirler. Proteinlerin özelliklerini sarmalları, tabakaları, kıvrımları ve dönüşleri çerçevesinde anlama yoluna giderler. Bu alanda da önümüzdeki elli yılda çözülmesini bekleyebileceğimiz teorik ve deneysel sorunlar vardır.

Günümüzde epeyce ilgi çeken bir teorik sorun şudur: Bir polipeptit zincirini (yani bir protein molekülünün omurgasını) oluşturmaya yönelik amino asidin dizilişi göz önünde tutulduğunda, bu zincir kendi doğal ortamında nasıl bir şekil alır? Bu, moleküler biyolojide can alıcı bir sorudur; çünkü bir protein molekülünün şekli fiilen işlevini belirler. Bileşimi izleyerek işlevi belirlemeyle elde edilen olağanüstü ilginç saf bilgiler bir yana bırakılsa bile, işlev belirleme İnsan Genomu Projesi'nin temel bir bileşeni olarak görülebilir. Bu projenin esası kodladıkları proteinler aracılığıyla DNA'daki bilgilerin izini sürmek, ardından bileşimlerinin ve şekillerinin bir sonucu olarak yerine getirdikleri işlevlere varmaktır. Protein açılımı sorununa bir yaklaşım bilgi işlem yöntemidir; ama uzun bir polipeptit zincirinin kıvrılabileceği ve daha sonra kısırılabilen bükülmeleri analiz etmek için olağanüstü güçte bilgisayarlara gerek vardır. Yavaş bir tempoyla çözülen bu sorunun önümüzdeki yıllarda kimyanın geniş bir alanını ve çok sayıda kimyacıyı meşgul etmesi bek-

lenebilir. Eğer yerine getireceği işleve uygun doğru şekli almayacaksa, oldukça kolay bir iş olmasına karşın, bir polipeptit zincirini sentezle elde etmenin bir anlamı yoktur.

Şekil belirlemeyle ilgili deneysel sorun, röntgen dağılımının devreye girmesiyle büyük ölçüde çözülmüş durumdadır. Şu anda yüz yaşında olan bu teknik, yirminci yüzyıl ortalarında DNA'nın ve lizozim, insülin, hemoglobin gibi bir dizi önemli proteinin yapısının belirlenmesiyle geçici putlaştırılma düzeyine vardı. Önümüzdeki yıllarda gelişiminin temelini oluşturma umudunu veren en son ilerlemeler, sözgelimi senkrotronlardan elde edilen çok yoğun röntgen kaynaklarının kullanılması alanındadır. Bu kocaman aygıtlarda kısıtlanan elektronlar yüksek hızla bir çember içinde hareket eder ve yön değiştirirken röntgen ışınları üretir. Senkrotronlar ABD'de federal yönetime bağlı tesislerdir ve dünya genelinde de bir dizi merkezde devreye girmektedir; ürettikleri yüksek yoğunluklu röntgen ışınları röntgen dağılım örüntülerinin çok daha hızlı ve çok daha ayrıntılı elde edilmesini sağlar. Gelecekte eriyik halindeki moleküllerin yapılarının belirlenmesine ve hatta belki tepkimelerin gelişim sürecinde gözlemlenmesine tanık olmaya başlayacağız.

Sentez, analiz ve yapı kimyanın başta gelen üç bileşenidir ve hepsine değinmiş bulunuyoruz. Son olarak, bir maddenin değişerek başka bir maddeye dönüştüğü asıl süreç olan tepkime vardır. Spektroskopide atımlı lazerlerin kullanılmasına dayanan son ilerlemeler, kimyacıların tepkime olaylarını femtosaniye (10^{-15} saniye, yani bir saniyenin katrilyonda biri) düzeyinde ölçülen zaman ölçeklerinde incelemelerine olanak vermiştir. Uçuşan bir atom bu zaman ölçeğinde neredeyse hareketsiz gibidir. Şimdiye kadar ancak çok basit tepkimeler böyle bir zaman ölçeğinde incelenmiş olsa da,

gerçek tepkimelerin, hatta belki enzimlerce katalize edilen tepkimelerin bu yoldan incelenmesini sağlayacak teknik gelişmeleri öngörmek mümkündür. O zaman gelişim sürecindeki tepkimelerin kareler halinde çekilmiş filmlerine sahip olacağız; atomları ve molekülleri varoluşlarının en mahrem anlarında izleyeceğiz. Bu da sihirli tekniklerle yönlendirdiğimiz madde biçimlerine dönük son gerçek ve derin kavrayışa varmamızı sağlayacak.

PETER ATKINS Oxford Üniversitesi'nde kimya profesörü ve Lincoln College'da öğretim üyesidir. Araştırmaları teorik kimya alanına, özellikle manyetik rezonansa ve moleküllerin elektromanyetik özelliklerine yöneliktir. Günümüzde neredeyse bütün zamanını yazmakla geçirmektedir. Çeşitli ders kitaplarının (*General Chemistry* [Genel Kimya]; *Physical Chemistry* [Fiziksel Kimya]; *Inorganic Chemistry* [İnorganik Kimya]; *Molecular Quantum Mechanics* [Moleküler Kuantum Mekanik]; *Quanta* [Kuantumlar]; *Concepts of Physical Chemistry* [Fiziksel Kimya Kavramları] yanı sıra *Molecules* [Moleküller]; *The Second Law* [İkinci Yasa]; *Atoms, Electrons, and Change* [Atomlar, Elektronlar ve Değişim] ve en son çıkan *The Periodic Kingdom* [Periyodik Krallık] gibi genel okur kitlesine dönük kitapları vardır.

ROGER C. SCHANK

Gelecekte Daha Akıllı Olacak mıyız?

Zeka mutlak mıdır? İnsanoğlu zaman içinde daha akıllı hale gelir mi? Bunun cevabı zekayla neyi kastettiğinize bağlıdır elbette. Kesinlikle daha bilgili hale geliyoruz. Veya en azından öyle görünüyor. Ortalama bir çocuğun erişebildiği bilgi zenginliği, elli yıl önce çocukların erişebildiği düzeyden hatırı sayılır ölçüde yüksek; buna karşılık çocuklarımızın elli yıl önceki kadar iyi eğitilmediğini ve okullarımızın beklentilerimizi boşa çıkardığını ileri süren insanlar da var.

Günümüzde akıllı olmanın ve eğitilmiş olmanın ne anlamı geldiğine dair sorular bilimsel sorgulamanın merkezinde yer almadığı gibi, popüler söylemin de merkezinde yer almıyor. Bununla birlikte hayatımızı zeka ve eğitim konusunda örtük olarak anladığımız fikirlere göre sürdürüyoruz. Bu fikirler önümüzdeki elli yılda ciddi sınavdan geçecek.

Yaklaşık on yıl önce, *Encyclopaedia Britannica*'nın yayın kuruluşuna katılmam istendi. Öteki üyeler çoğunlukla seksenli yaşlarda ve klasik bilgin tipli insanlardı. Hem bir fen adamı, hem de herkesten çok daha genç olmam nedeniyle, söylediğim şeylerin çoğu tuhaf bakışlarla karşılaştı. Kurul üyelerine, getireceği maliyetin aynı kalması halinde, şimdikinin on katı büyüklüğünde bir ansiklopedi çıkarmaktan mutluluk duyup duymayacaklarını sorduğumda, şimdiki

ansiklopedinin tam doğru miktarda bilgiyi içerdiği gerekçeyle hayır karşılığını verdiler. Her ne kadar “dünya çapında ağ” denen şeyin gelişini açıklamaya çalıştımsa da, neyi amaçladığımdan hiç haberleri yoktu. Daha sonraki bir toplantıda, gelecekle ilgili benzer savlarda bulunduğumu duymuş olan ve 1940’ların edebiyat kahramanları arasında yer alan Clifton Fadiman şöyle bir tepki gösterdi: “Öyle sanıyorum ki, bizden daha az eğitim görmüş kafaların çok geçmeden Encyclopaedia gibi kurumların başına geçeceğini hepimiz kabul etmek zorunda kalacağız.”

Encyclopaedia Britannica’nın o sıradaki yayın kurulu başkanı şimdi aramızda olmayan Mortimer Adler’di. “Batı Dünyasının Büyük Kitapları” denen ve şimdi olduğu gibi takım halinde satılan bir diziden sorumluydu. Kitaplar dünyanın bilgi birikiminin bütün büyük yazılı eserlerini temsil ediyor –en azından Adler ve meslektaşlarına göre öyle. Dizi çoğunlukla yirminci yüzyıldan önce yazılmış kitaplardan oluşmaktaydı. Diziye alınabilecek bazı yeni kitapları düşünüp düşünmediğini sordum Adler’e. Önemli düşüncelerden çoğunun zaten yazıya dökülmüş olduğu cevabını verdi.

Bütün büyük düşüncelerin önceden düşünülmüş olduğu kanısı, eğitim ve zeka konusundaki Amerikan anlayışına çok uzun bir süreden beri hâkim. İşte size, 1745’te Harvard College’a giriş şartları:

Eğer bir Talebe, Tullus veya onun gibi bir klasik Latin Yazarını *ex tempore* okuyabiliyorsa, sahih Latince manzum ve nesri *Suo* (*ut aiunt*) *Marte* yazıp konuşabiliyorsa, Yunan dilindeki isim ve Fiil paradigmalarının çekimlerini mükemmelce yapabiliyorsa, bu durumda Colledge’a alınabilir; aksi takdirde böyle bir ehliyeti kazanmadan kayıt müracaatında bulunmamalıdır.

“Büyük Kitaplar” dizisinin ve 1745’teki Harvard’ın ortak yanı, şu temel varsayımdır: İnsanı ve kurumlarını öğrenmede yeterli yetkinliğe eski çağlarda varılmıştır; dolayısıyla eğitim sizden önce gelenlerin düşüncelerini iyi okumanızı ve su gibi bilmenizi gerektirir. Bu bakış açısına göre, eğitilmiş kişi çeşitli tarihsel, felsefi ve edebi konuları bilgili bir şekilde tartışabilen insandır. Eğitilmiş –ve dolayısıyla akıllı– olmak, geçen yüzyıl ve ondan önceki yüzyıllar boyunca kafa da bilgi biriktirmeye, yani başkalarının fikirlerini aktarma ve belli fikirlere bir ölçüde aşına olma becerisine bağlanmıştır. Eğitim bilgi biriktirme anlamına gelmiş ve zeka da halkın tasavvurunda çoğu kez kişinin bilgi birikimini sergilemenin ötesinde pek bir anlam taşımamıştır.

Peki ama, bilgiler duvarlarda gömülü olursa ne olacak?

Elli yıl sonra, bilgi edinmek öylesine kolay hale gelecek ki, insanın öğrenmek istediği şeyi yüksek sesle söylemesi yeterli olacak. Duvarlardan anında gelen bir cevap duyacak –içine epeyce teknoloji yüklenerek güçlendirilmiş duvarlardan tabii. En yakınınızdaki aygıtla dönerek Freud’un üstbenlik konusunda ne söylediğini sorabildiğiniz, Freud’un (ya da görünüş ve ses bakımından ona çok benzeyen birinin) ağzından bunu dinleyebildiğiniz ve eğer kulak verip onlarla tartışmak isterseniz, geçmişteki beş karşıt görüş önderini alternatif fikirlerini sunmaya hazır halde bulabildiğiniz bir ortamda, Freud’un üstbenlik konusunda ne söylediğini şıp diye bilmenizin pek bir anlamı olmayacaktır.

Zeka sırf sorularınızın cevaplarını öğrenmiş olma becerisi midir, yoksa hangi soruları soracağınızı bilme becerisi midir? Cevapların değeri düştükçe, soruların değeri artar. Çok uzun bir süreden beri cevap temelli bir toplumda yaşıyoruz. Bunun belirtileri her yerde görülüyor: İnsanların izlediği

“Riziko” ve “Kim Milyoner Olmak İster?” gibi televizyon şovlarında; insanların oynadığı “Trivial Pursuit” gibi genel kültür oyunlarında; en çok da cevapların not getirdiği okullarda. Sınav yapmak gittikçe okullarımızın başlıca kaygısı haline geliyor. Okul soru sormayı öğrenmekten ziyade cevapları öğrenmeyi sağlayıcı bir rejime dönüşmüş durumda.

Yeni teknolojiler bu durumu bütünüyle değiştirecek. Cep hesap makinesi satışa çıktığında, insanlar hesap makinelerinin matematik sınavlarında da pekala kullanılabileceği görüşünü gündeme getirmişti. Ne de olsa böyle araçları artık her zaman bulundurmak mümkün olacaktı. Bunun bir sonucu olarak, matematik sınavlarında uzun bölme işlemlerinden daha özlü konulara ağırlık verilmeye başlandı. Yapay zekanın günlük araçlar arasına girişi aynı etkiyi gösterecek. Makinelerin her yerde ulaşılır hale gelmesiyle ve bizi ilgilendiren her türlü şeye dair sorulara cevap verebilmesiyle birlikte, her kişinin bir olgusal bilgi hazinesi olmasına yüklediğimiz değerler azalacak. Kasabadaki en bilgili kişinin aktarılacak bilgilere sahip olduğu ve geriye kalan bizlerin oturup bunları ezberlemeye mecbur olduğu anlayışına dayalı eski okul tasarımı, yerini bilgi edinmeye ilişkin yeni tasarımlara bırakacak. Bilgi artık edinilmeye değer bir meta olarak görülmeyecek. Kolay elde edilen herşey toplumun gözünde değer yitirir ve aynı durum bilginin de başına gelecektir.

Değer verilen şey güzel sorular olacak. *Bilgisayarla ancak buraya kadar*, sözlerini duyacağız insanlardan.

Şöyle bir şeyi hayal edin: Oturma odanızda oturmuş eşinizle sohbet ediyorsunuz ve bir konuda anlaşmazlığa düşüyorsunuz. Bir cevap için duvara dönüyorsunuz. “Kim haklı?” diye üsteliyorsunuz. Duvar sohbetinize katılmaya elverişli bir dizi sanal insan bulunduğunu belirtiyor. Daha önce

adını duyduğunuz ya da konuştuğunuz bazı karakterleri seçiyorsunuz. Bunu canlı bir tartışma izliyor. Zamanla bilgisayarın kolektif bilgi deposunun sınırlarına varılıyor. Duvarlar işe yarar daha fazla şey bilmiyor. “O halde bu heyecan verici bir soru!” diye sevinçle bağırıyorsunuz. Güzel bir soruyu bilmek, sizi diğer canlı insanlarla bir tartışmaya girmek için hazır hale getiriyor. Bunu duvarlara bildiriyorsunuz ve benzer sorulara ilgi duyan insanların, aynen sizin gibi yazılımların ötesine geçmiş insanların hepsi birdenbire oturma odanızda (sanal olarak) toplanıyor. Bunun mümkün olduğu bir dünyada, eğitilmiş olmak ne anlama gelir? Akıllı olmak ne anlama gelir?

Eğitimi bu soru çerçevesinde düşünmek için, böyle bir dünyada bir çocuğun hayatının nasıl olacağını sormamız gerekir. Şu anda bildiğimiz şekliyle okul, elli yıl sonra ilgisizlik yüzünden kuruyup gitmiş olacak. Sanal deneyimlere kolayca ulaşma olanağı varken ve dünyanın en iyi öğretmenleri her an sanal ortamda hazır dururken, olgusal bilgileri öğrenmek için ne diye okula gidilsin ki? Eğitim –daha iki yaşımdan itibaren– sorularınıza cevaplar vermeye ve yeni sorular yöneltmeye hazır akıllı kılavuzlarla birlikte ilginç dünyaları keşfe çıkmak anlamına gelecek. Meraklı çocukların önüne dünya üstüne dünya çıkacak. Böyle bir toplumda eğitim hangi sanal (ve daha sonra gerçek) dünyalara girdiğinizle ve söz konusu dünyalarda ne kadar şey öğrendiğinizle ilgili bir konu olacak.

Fadiman’ın yukarıda aktardığım dokundurmasına, kafaların daha az eğitilmeyeceği, sadece farklı eğitileceği karşılığını verdim. Onun dünyasında eğitilmiş bir kafa Harvard’da (veya eşdeğeri bir okulda) yetişmiş ve Batı düşüncesindeki başlıca fikirlere aşina kişi demekti. Onun eğitim anlayışı

sözgelimi JAVA’da program yazabilmeyi ya da nörolojinin temel ilkelerini anlayabilmeyi kapsamıyordu. Önümüzdeki elli yılda hâlâ Harvard olacak, ama yayın onayının değeri muazzam ölçüde değişmiş olacak.

En derin anlamıyla eğitim her zaman bilmekten çok yapmakla ilgili olmuştur. Tarihte Aristoteles’ten (“Yapabilmek için öğrenmemiz gereken şeyleri yaparak öğreniriz”) Galileo’ya (“Bir kişiye hiçbir şey öğretemezsiniz; ancak içindekini keşfetmesine yardımcı olabilirsiniz”), A. S. Neill’dan (“Duyarım ve unuturum; görürüm ve unuturum; yaparım ve anlarım”) Einstein’a (“Bilginin tek kaynağı deneyimdir”) kadar birçok bilge kişi buna işaret etmiştir. Ne var ki, okullar bu bilgeliği gözardı etmiş ve John Dewey’nin sözleriyle, “bilgi bombardımanına tutarak öğretme” yolunu seçmiştir.

Mevcut kurumların yerini almak üzere ortaya çıkan sanal okullar, verdikleri diplomalardan çok sundukları deneyimlerden dolayı öğrencileri çekecek. Bir öğrenci bu deneyimleri öğrenmeye karar verdiğinde bunlar elinin altında olacağından üniversiteye on sekiz yaşından çok önce başlayacak. Çeşitli sanal deneyimlerdeki başarı bizi yenileriyle karşılaşmaya özendirecek, aşağı yukarı video oyunlarının şimdi yaptığı gibi. Diploma veren kuruluşlar aldığınız dersler yerine, daha çok yapabildiğiniz şeyler –elde ettiğiniz sanal meziyet rozetleri– üzerinde titizlenecek.

Uğraş alanları kendilerine özgü deneyimler yaratacak. Harvard ya da Columbia’nın fizik dersleri sunması yerine, dünyanın dört bir yanından fizikçiler sanal-eğitim-dünyası tasarımcılarıyla birlikte çalışarak, fizik deneyimleri yaratmaya yönelik yazılımlar hazırlayacak. Bu deneyimler herkeşe açık olacak. En akıllı insanların, dersleri ne kadar iyi öğrendiklerini anlamak üzere sınavlar uygulayan okullarda en

iyi notları almış kişiler olduğu yolundaki eski anlayış; en akıllı öğrencilerin, yazılımlar için cevaplandırılmak üzere insanlara gönderilecek sorular yöneltten kişiler olduğu anlayışına dönüşecek. Zeka bir eğitim deneyiminin sınırlarına varma becerisi anlamına gelecek.

Bütün bu yenilikler sonucunda, bir toplum olarak kolektif düzeyde daha akıllı olacak mıyız? Düşünmeye dönük ham kapasite açısından, insanlar geçmişte olduğu veya gelecekte olacağı kadar akıllıdır. Ama zeki bir mağara insanı, dünyaya ilişkin sınırlı bilgilere ve geçmiş çağlardan kalma sınırlı bilgi birikimine ulaşabilecek durumda olduğu için, ancak bildiği araçların parametresi içinde iş görebilirdi. İnsanların ve yarattıkları kurumların doğasını kendisinden sonra gelen Yunanlar kadar iyi anlamış olabilir. Daha sonra gelen Yunanların düzeyinde bir zekaya sahip olmuş olabilir. Ama mutlak anlamda pek akıllı değildi; çünkü yaşayarak öğrenmediği çok şey vardı.

Aynı şey bizim Yunanlara bakışımız için de geçerlidir elbette. Aristoteles günümüzde hâlâ uğraştığımız meselelerle uğraştığı ve bu meselelerde derin kavrayışlara vardığı için çok zeki görünür. Buna karşılık, çok az deneyim edindiği, bizim ise çok daha fazla deneyim kazandığımız konulara yaklaşımındaki toylukla bazen neredeyse gülünç duruma da düşer. Her kuşak bir sonrakine bıraktığı deneyimleri geliştirir. Ama önümüzdeki kuşakta olağanüstü boyutlarda bir sıçrama yaşanacak. Şu anda öğretmenlerin, sınıfların ve ders kitaplarının varolmasına elli yıl sonra neredeyse gülünecek. İnsanlar dönüp geriye baktığında, eğitim anlayışımızı değiştirmenin niçin o kadar uzun zaman aldığını, üniversiteye giriş sınavı puanlarına niçin o kadar önem verdiğimizi veya cevapları ezberlemeyi niçin bir zeka belirtisi saydığını-

mızı soracak. Eğitimin devletçe öngörölmüş görüşleri aşılması gerektiği anlayışı –1700’lerde cüretkarca belirtilen ve günümüzde çok az kabul gören bir fikir– ürkütücü görünecek. Bazı ölkelerde hâlâ yaygın olan ve bilgisayar erişimin-den yoksun ölkelerde hâlâ mümkün olan bilgi üzerindeki devlet denetimi arkaik bir anlayış haline gelecek. Çok fazla deneyime çok kolay ve çok ucuz ulaşılabilmesi nedeniyle, kişilerin herhangi bir deneyimi yaşaması önlenemeyecek. Devletler şu anda egemen oldukları eğitim alanında yer almanın hayalini bile kurmaktan vazgeçmek zorunda kalacak ve sanal deneyimlerin geniş çaplı dağıtımını denetim altında tutamayacak –şimdi birbiri ardı sıra ölkelerde devletlerin televizyonu ve bilgisayar erişimini denetleyemez duruma düşmelerine oldukça benzer bir şekilde.

Önümüzdeki elli yılda deneyimin ve ilgi alanını genişletme becerisinin esas zeka ölçüsü ve esas ifade özgürlüğü olduğunu anlamaya başlayacağız. Sanal deneyim yaratma önemli bir sanayiye dönüşecek; evlerimize sanal deneyimler egemen olacak; okullarımızın yerini sanal deneyimler alacak. Şimdi video oyunlarında ve bilimkurgu filmlerinde gördüğümüz şeyler gerçekliğimiz haline gelecek. Günümüzde “Everquest” gibi oyunlar yüz binlerce oyuncuyu çekiyor; bunlar statü kazanma, ilişkiler kurma ve çeşitli sanal nesneler edinme çabasıyla sanal dünyalarda yaşıyor. Bu oyunlar katılımcıların gözünde öylesine gerçek ki, kullandıkları sanal nesneler e-Bay sitesinde satışa sunuluyor, hem de yüksek fiyatlarla. Birçok oyuncunun tamamen bu oyunlara dayalı bir sosyal yaşamı var. Gelecekte sanal dünyalar çok daha karmaşık hale gelecek ve hatta gerçek dünyayla iç içe geçecek.

Herhangi bir günde istediğimiz her yere gerçekten de gidebileceğiz ve herkes bize nerede bulunduğumuzu ve orada

nasıl deneyimler yaşadığımızı soracak. Girdikleri sanal dünyalarda bizden daha fazla deneyim kazanmış kişileri arayacağız. Gerçek zeka ölçüsünde belirleyici etkenlerin, henüz cevabı bulunmamış sorular ve bunlar üzerine eleştirel düşünme yeteneği olduğunu anlayacağız. Haliyle bu son fikir üniversitelerde bugün iyi anlaşılıyor; ama iş dünyasında ve ya devlet katında gerçekten kavranmış. Politikacılar basit indirgeyici bakış açıları istiyor, öğretmenler doğru cevaplar istiyor, şirketler uygun çözümler istiyor, girişim sermayedarları kâr istiyor, medya ülke çapında ilgi görececek pembe diziler istiyor, diploma veren kuruluşlar not istiyor. Böyle bir toplumda akıllı sayılanlar, ona istediği şeyleri sunmayı başaranlardır. Bilgi ve zekaya arz-talep temelindeki böyle bir bakış karşısında, Clifton Fadiman bile kendisini açıkta kalmış hissedecektir. Yine de, o ve onun kuşağından kişiler kendilerini bütün bunların yukarısında tutabilir ve “Büyük Kitaplar” üzerine konuşabilirler.

Bir keresinde, nasıl öğretim verdiklerini anlamak üzere bazı meslek yüksekokullarını incelemem istenmişti. Geleceğin aşçıların okuduğu bir sınıfta, her öğrencinin kendi mutfak donanımı vardı ve hepsi yemek pişirmekle meşguldü. Bütün söyleyebildiğim şey, eklemeye değer başka ilginç hiçbir şey görmediğimdi. Okul öğrencilere iş yaptırarak, işi yapmayı öğretmekteydi. Böyle bir yaklaşım meslek yüksekokullarında radikal olmamakla birlikte, diğer yükseköğrenim kurumlarımızda radikal sayılır. İş yapmaya dönük daha fazla araç sunuldukça, iş yapmak önem taşıyacak. Benim çalıştığım Carnegie Mellon’da, yeni öğrenciler kampusa girer girmez kendi bilgisayarını monte etmek ve sonraki dört yıl boyunca o bilgisayarı kullanmak zorunda. Bu kurma işleminden sonra bilgisayarların nasıl çalıştığını an-

ladıklarına emin olabilirsiniz.

Gerçekçi performans ortamlarına dayanan bir eğitim sisteminde neler bildiğimiz değil, neler yaptığımız önem kazanır. Önemli düşünsel meseleler sanal eğitim dünyasındaki öğrencilerin etkileşimlerinden doğan sorular etrafında dönecek.

Eğitim ortamları sorular için üstelediğinde, sorulara nasıl varıldığını sorduğunda ve söz konusu soruların ortaya çıkardığı deneyimleri bilmek istediğinde, bilgisayarların sunduğu köklü değişim gerçekleşmiş olacak. Hepimiz yeni deneyimlerden korkmama anlamında akıllı, hem de çok daha akıllı olacağız. Bu deneyimleri bulma yollarını öğreneceğiz ve onlardan öğrendiklerimizle gelişeceğiz. Kafalarımız farklı biçimde eğitilecek ve düşünsel dünyamıza sosyal ya da fen bilimcileri değil, o ortamda bulunan ve dolayısıyla merak duyan deneyimciler yön verecek.

ROGER C. SCHANK yapay zeka alanında önde gelen bir araştırmacıdır. Carnegie Mellon Bilgisayar Bilimi Okulu'nda Bilişsel Sanatlar ve Seçkin Kariyer Kürsüsü'nün başkanı ve baş teknoloji sorumlusudur. Daha önce Bilim Öğrenme Enstitüsü müdürü olarak görev yaptığı Kuzeybatı Üniversitesi'nde fahri emekli profesör olarak ders vermektedir. Kitapları arasında *Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People* [Dinamik Hafıza: Bilgisayarlarda ve İnsanlarda Öğrenme Kuramı]; *Tell Me a Story: A New Look at Real and Artificial Memory* [Bana Bir Hikaye Anlat: Gerçek ve Yapay Hafızaya Yeni Bir Bakış]; *The Connoisseur's Guide to the Mind* [Uzmanlar İçin Zihin Kılavuzu]; *Virtual Learning: A Revolutionary Approach to Building a Highly Skilled Workforce* [Sanal Öğrenme: Son Derece Yetenekli Bir İşgücü Oluşturma Doğrultusundaki Devrimci Bir Yaklaşım]; *Coloring Outside the Lines: Raising a Smarter Kid by Breaking All the Rules* [Çizgilerin Dışına Taşmak: Bütün Kuralları Hiçe Sayarak Daha Akıllı Bir Çocuk Yetiştirmek] ve *Designing World Class E-Learning* [Dünya Standardında Elektronik Öğrenmeyi Tasarlamak] sayılabilir.

JARON LANIER

Karmaşıklık Tavanı

Genel bilgi işlemin kabaca yirminci yüzyılın ikinci yarısını kapsayan ilk elli yılına damgasını vuran özellik, uçarıca abartma ile tutukluğa yakın can sıkıcı tıkanma arasındaki aşırı savrulmalardı. Abartma alışkanlığını bilgisayar biliminin kurucuları başlattı: Alan Turing makinelerin, özellikle kendi soyut “evrensel makineleri”nin zamanla insanların manevi eşdeğerleri haline gelip gelmeyeceğini merak etti; benzer bir ruh haliyle, Claude Shannon “enformasyon” terimini bütün termodinamik süreçleri içine alan en uç genişlikte tanımladı.

Bütün hayatın kimyasal etkileşimlerden oluşmasından hareketle, her türlü kimyasal aparatın bir kişinin henüz olgunlaşmamış bir versiyonu olarak anlaşılabileceğini ileri sürmek de pekala mümkündü. Böyle bir savın ortaya atılmamasının sebebi, canlı şeylerin kimyası ile günümüz kimya laboratuvarlarında incelenen şeylerin kimyası arasındaki karmaşıklık farklılığının belirgin olmasıdır. Böyle bir ayrımı sezgiyle kavrarız. Buna karşılık, çeşitli enformasyon sistemi türleri arasındaki karmaşıklık farklılıkları konusunda açık seçik bir sezgimiz yoktur. Kendilerini “yapay zeka”yı inceleyen kişiler olarak nitelendiren ciddi ve akli başında bir araştırmacı topluluğu, bazı örneklerde daha

1950'lerin sonlarında, bilgisayarların çok geçmeden doğal dili akıcı biçimde konuşacağı kanısındaydı. Bu haliyle henüz gerçekleşmiş değil ve doğal dilleri anlamanın ne kadar büyük bir sorun olduğu ya da bu sorunu çözmenin ne kadar zaman alacağı konusunda hâlâ bir sezgimiz yok.

Abartma alışkanlığı sürüyor ve seçkin bilgisayar bilimi bölümlerinde, önümüzdeki yarım yüzyıl içinde ortaya çıkması beklenen kaçınılmaz bir “garabet”e inanan kişilere rastlamak bile olağan bir durum. Bu garabetin açıklaması şöyle: Bilgisayarlar öylesine akıllı ve güçlü hale gelecek ki, sadece başat yaşam biçimi olarak insanların yerini almakla kalmayacak, madde ve enerji üzerinde kurduğu üstünlükle efsanevi ya da tanrımsı diye nitelendirilebilecek, insan kavrayışının tamamen ötesinde bir tarzda yaşayacak. Her ne kadar bir önceki cümleyi yazmak dahi tuhaf gelse de, bu birçok meslektaşımın inancının doğru bir tarifidir.

Bazı okurlar “sanal gerçeklik” terimi açısından benim de benzer bir abartma suçlamasıyla karşılaştığımı hatırlayacaktır. Ne var ki, çoğu kez yanlış anlaşılan bir nokta var. Sanal gerçekliğin amacı fiziksel gerçekliği kapsamlı biçimde betimlemek ve yeniden üretmek değil (ki böyle bir proje pekala imkansız olabilir), evrim halindeki bir yanılsama oyununda insan sinir sistemine yer verecek şekilde insan kavrayışını yeterince anlamaktır. Sanal gerçeklik esas itibarıyla fiziksel gerçekliğin indirgenişi değil, sahne büyüsunün sınırlarını bilimsel yaklaşımla incelemektir.

Bilgisayarın teorik gücüne ilişkin aşırı romantik abartmalar geçidine eşlik eden bir şey de gerçek enformasyon sistemleri performansında küçültücü ve sonu gelmez hayal kırıklıkları dizisidir. Bilgisayar normal çalışma sırasında sıklıkla ve kestirilemez biçimde arıza yapması beklenen tek sa-

nayi ürünüdür. Enformasyon sistemlerinin bakım giderleri için düşük tahmin neredeyse değişmez bir olgudur; hatta günümüz iş dünyasının bir âdeti olduğu da söylenebilir.

Spesifik olarak belirtmek gerekirse, öngörülebilir bir fiyatla başa çıkılması olanaksız görünen şey yazılımdır. Ve de sadece belli yazılım türleri. Donanım ise Moore Yasası olarak bilinen katlamalı bir hızla daha küçük, daha çabuk ve daha ucuz hale geliyor; fanatik abartmaları körükleyen de zaten bu soluk kesici başarıdır. Arayüzlerin kesin belirlenebilecek ölçüde küçük ve sabit olduğu kapalı sistemlerdeki yazılımlar da pek ucuza olmasa bile, güvenilir hale getirilebilir. Bu yazılımların bir örneği Airbus gibi modern bir uçağı çalıştıran koddur. Başa çıkılmaz gibi görünen yazılım türünün çevresiyle karışık ve değişken bir arayüzü vardır. Verilebilecek bir örnek, azılı olmasıyla nam salmış olan kişisel bilgisayar yazılımıdır. İki yazılım türünü karıştırmamak önemlidir. Yirminci yüzyılın sonunda Y2K virüslerinin büyük çaplı bir yıkıma yol açacağı yönünde garip ve yaygın bir paranoya ortaya çıktı. Böyle bir şeyin meydana gelmemesinin sebebi, çoğu altyapı yazılımının devasa harcamalar pahasına da olsa başa çıkılabilir türden olmasıdır.

Bilgisayar biliminin önümüzdeki elli yılı açısından akla gelen bir olasılık, söz konusu iki eğilimin, yani potansiyel abartmanın ve düşük masraf tahmininin düpedüz sürmesidir. “Yardım Masaları Gezegeni” olarak adlandırılabilir bu senaryoda, insan soyu çok kapsamlı yazılım sistemlerinin bakımıyla uğraşacak büyük ölçüde. Bu tamamen tatsız bir durum sayılmaz; zira insanlığı kazançlı bir şekilde meşgul edecek. Ne var ki, böyle kasvetli bir gelecek kaçınılmaz değildir ve bilgisayar biliminde temelde taze olasılıklar sunacak yeni bir evreyi hayal etmekte yarar vardır.

Bir başlangıç olarak, bilgisayar bilimi köklerine dönmeli ve enformasyonun fiziksel süreçlerle ilişkisini yeniden düşünmelidir. Claude Shannon ölçülebilir bilgi iletim birimlerini bir fiziksel sistemin entropisine bağlama gibi çok zekice bir kavramsal atılımı sağladı. Ama bu formülasyon kopuk olarak ele alındığında yanıltıcıdır. Pratikte bilgi iletim birimlerinin hepsi ölçülebilir değildir ve dolayısıyla bazıları diğerlerinden daha önemlidir. Bir fiziksel sistemdeki ölçülebilir bilgi iletim birimlerinin pratikte bir istatistiksel dağılımlar denizinde kaybolması son derece yüksek bir olasılıktır. Yirminci yüzyıl sonlarındaki popüler bir mecaza göre, bir kelebeğin kanat çırpışları haftalar sonra yeryüzünün öbür ucunda kopan bir fırtınanın nihai sebebi olabilirdi. Bu görüşün sorunlu yanlarından biri şu ki, böyle bir şey ara sıra doğru olsa bile, çok sayıdaki kelebeklere bağlanacak kadar yeterli fırtına çıkmaz. Ölçülebilir bilgi iletim birimlerinin farklı “nedensel potansiyelleri”nin olduğu söylenebilir. Belki Shannon’un enformasyon terimini “potansiyel enformasyon” olarak yeniden adlandırmak gerekir. Ölçülebilir bir bilgi iletiminin önemli, yani yüksek nedensel potansiyele sahip olması için okunması şarttır; bir sistemin kritik bir parçası olmalıdır. Bu da bazen “semantik” denen şeyi, yani bilgi işlemin anlamlı olabildiği bağlamı gündeme getirir.

Bilgisayar biliminde (sadece ara sıra kabul edilse bile) her zaman bir gözlemci sorunu olmuştur. Bu sorunu ifade etmenin bir yolu, insanların dili, tarihi ya da kültürü hakkında hiçbir şey bilmeyen bir uzaylı soyunu göz önüne getirmektir. Böyle uzaylılar sözgelimi tek başına duran bir kişisel bilgisayarın anlamını ve işlevini güvenilir biçimde çıkarsamada, yıldızlar arası uzayda yalnız dolaşan bir Shakespeare baskısını anlamaya oranla daha başarılı olamayacaktır.

Bu öyle uzak bir teorik mesele değil, yakın bir pratik meseledir. Yazılımın karmaşıklığı halihazırda insan mühendislerin bunu açıkça analiz etme ve çekip çevirme becerisiyle sınırlı olduğuna göre, bildiğimiz yapıyla yazılımın karmaşıklık tavanına ulaştığımız söylenebilir. Yazılımı tasarlama ve yaratmada farklı bir yol bulamazsak, işlemcilerimiz ne kadar hızlı, verimli ya da alışılmamış olursa olsun, yaklaşık 10 milyon kod satırından daha büyük programlar yazamayacağız.

Bilgisayar biliminin doğduğu yirminci yüzyıl ortalarında, enformasyonun mevcut tek sezgi-oluşturma deneyimi kablolar üzerinden vurular göndermekti. Enformasyon teorisinin standart müfredatlara hâlâ damgasını vuran ilk versiyonları, kablonun ucundaki dünyanın tek-nokta örneklemeyle ilgiliydi. Dolayısıyla bildiğimiz biçimiyle bilgisayar mimarisi, simülasyonlu kablolar çerçevesinde tasarlandı. Kaynak kodu, bir kablo üzerinden ardışık olarak gönderilebilen ve değişkenler ya da iletiler olarak aktarılan vuruların bir simülasyonudur.

Tek bir kablodaki vuruları anlamlı kılmanın yolu, dizilişe göre anlam yükleyen bir protokole sahip olmaktır. Bilgisayar biliminin ilk yarım yüzyılının büyük bölümüne böyle protokoller ilham verdi. İnterneti mümkün kılan protokoller gibi başarılar elbette elde edildi. Ama doğal sistemlerin işleyiş biçimi böyle değildir. Beyin kabuğundaki görme alanının optik sinirden gelen sinyalleri nasıl işlediğini açıklamak için yirminci yüzyıl tarzında algoritmik protokolleri kullanmak teorik bakımdan mümkün olmakla birlikte, böyle bir girişim tamamen çürük bir ölçekteki karmaşıklığı beraberinde getirecektir. Besbelli ki protokole bağlılık, çok sayıda paralel girdiyi alan bir sistemi açıklamanın etkili bir

aracı değildir; ayrıca muhtemelen çok büyük sistemleri düzenlemenin yetersiz bir yöntemidir. Kablo kavramının yerine birçok noktada örneklenebilen yüzey kavramını geçirirsek, algoritmik protokollerden uzaklaşmamız ve kalıp sınıflandırma, örtük doğrulayıcı ve öngörücü modelleri otomatik sürdürme gibi bir dizi yeni tekniğe yönelmemiz gerekir.

İşte size, bu tasarımı yansıtacak mevcut bir pratik sorun: Belirli hastalara yönelik prosedürleri planlamalarına yardımcı olacak simülasyonları kurmak üzere cerrahlarla birlikte yıllarca çalıştım. Simülasyonlar günümüz standartlarına göre karmaşıktır. Her biri son derece vasıflı uzmanlardan oluşan ekiplerce uzun bir dönemde kurulur ve işler halde tutulur; kullanılabilir hale gelmesi için binlerce hasta üstünde test edilmesi gerekir.

Şimdi, bir tıp fakültesi ekibinin on yıl çalışarak harika bir sanal kalp hazırladığını ve bunun ameliyat sonuçlarını öngörmedeki yararlılığını ortaya koyduğunu varsayalım. Bu arada başka bir fakültede benzer bir ekip de sanal bir akciğer yaratmak için on yıllık bir uğraş vermiş olsun. Diyelim ki, bu iki ekip çalışmalarını bir sanal göğüste birleştirmek istiyor.

İki grubun bağdaşmaz protokoller kullanmış olması neredeyse kesin gibidir. Sadece temel makine, işletim sistemi, uygulama dili vs. seçiminde değil, kavramsal yaklaşımda da farklılıklar bulunması yüksek bir olasılıktır. Bir grup küresel, yukarıdan aşağıya, kısıtlı bakıma ağırlık verirken, diğeri aşağıdan yukarıya kurallara daha eğilimli bir yol izlemiş olabilir. Bir grup nesne semantiğine ağırlık verirken, diğeri sürekli bir sisteme yakın bir yapı oluşturmaya çalışmış olabilir. Mevcut teknik düzey iki grubu aralarındaki bir kablo aracılığıyla gönderilecek sinyallere ilişkin bir protokol üze-

rinde anlaşılmaya yöneltecektir. Böyle protokoller sorunludur; söz konusu örnekte karmaşıklık düpedüz engelleyici olabilir. Girişimin gündemde olması nedeniyle, bunu birkaç yıl içinde anlayacağız. Organlar arası bir protokolün mümkün olduğunun ortaya çıkması, organ simülasyonu alanında trajik bir ödünleşmeyi zorunlu kılacaktır. İşleyen bir protokol, bağlantıya girdiği her bir organ simülasyonunun geliştirilme şansını neredeyse kesinlikle azaltacaktır.

Bunun niye böyle olduğunu anlamak için, enformasyon sistemlerinde kalıtlar sorununu eşelememiz gerekir. Mevcut yazılımlarımızı tarif eden en iyi sıfat “kırılğan”dır. Yazılım bükülmeye fırsat bulmadan kırılır. Bu durum ödünsüz bir şart olan protokole bağlılığa verdiğimiz ağırlığın sonucudur. Temelde yatan bu kırılğanlıktan dolayı, yazılım katmanlar halinde gelişir; daha önce birçok kullanıcının farklı biçimlerde esas aldığı protokolleri deşip ortaya çıkarmak içinden çıkılmaz ölçüde karışık ve pahalı bir işlem olur. Böylece bazı yazılımların fiilen zorunlu hale geldiği “kilitlenme” fenomeni karşımıza çıkar. Yirminci yüzyıl sonlarında yazılım satıcıları kilitlemeden ustaca yararlanarak bütün zamanların en büyük servet sahipleri arasına girdiler.

Kilitlemenin ötesinde “tortulaşma” adını taktığım daha da can sıkıcı bir yazılım özelliği vardır. Yazılım tortulaşması sadece protokollerin değil, onların içine gömülmüş tasarıların da zorunlu hale gelmesini sağlayan bir süreçtir. Bir örnek “dosya” tasarısıdır. Yaklaşık olarak 1984 öncesinde, dosyaların iyi bir tasarı olup olmadığı konusunda bir tartışma vardı. Bazı bilgisayar bilimcileri paylaşılan enformasyon için daha ince dokulu bir yapının –uygulamada harf gibi ufak basit bileşenlerden oluşan tek bir küresel dosyanın– daha iyi olacağı kanısındaydı. Nitekim, Macintosh bilgisa-

yarının ilk deneme versiyonunda dosyalar kullanılmamıştı. Ama Macintosh'un piyasaya sürülen versiyonunda dosyalara yer verildiği gibi, Windows, Unix ve yaygın biçimde benimsenen diğer birkaç sistemde de aynı yola gidildi. Bir insan icadı olmalarına karşın, dosyalar şimdi öğrencilere hayatın bir foton kadar temel nitelikteki bir gerçeği olarak öğretiliyor.

Sanal kalp ve akciğere tekrar dönelim. Mühendislik gruplarının bir protokol üzerinde anlaşmaya varmasıyla birlikte, bu protokol herhangi bir düzeltme için hepsinin eşzamanlı olarak değişiklik yapmasını gerektirecek ana metin haline gelir. Böyle bir işlem de beraberinde getireceği masraf ve karmaşıklıktan dolayı fiilen olanaksızlaşır. Protokolün hazırlandığı sırada organlar arası iletişim konusunda rağbet gören her türlü tasarı tortulaşarak yerine oturur. Düşünme artık durur.

Dolayısıyla bilgisayar biliminin önümüzdeki elli yılı için güzel bir hedef, büyük sistemlerin bileşenlerini birbirine bağlamanın bir aracı olarak, protokole bağlılığa bir alternatif bulmak olacaktır. Kalp ve akciğer örneği açısından, bir alternatifi ipuçları daha şimdiden görülebiliyor.

Her organın ötekini gerçek algılayıcılarca yoklanan gerçek ve maddi bir organmış gibi davrandığını varsayın. Her organ ötekinin zaman ve mekan içindeki noktalarda saptanan sıcaklık, basınç ve kimyasal bileşenler gibi temel özelliklerini ölçebiliyor olsun. Bu durumda her organ ötekine değişen derecelerde örneklenebilen bir yüzey olarak görünecektir; ama aralarında aktarılan daha yüksek düzeyde bir parametre olmayacaktır. Olası fiziksel ölçümlerin niteliğinin gerekli kıldığı düşük düzeydeki protokol dışında bir protokole gerek kalmayacaktır.

Bu şemanın işlemesi için, her ekibin öbür simülasyondaki kalıpları tanımayı öğrenmesi gerekecektir. Kalp bir vuruş yaptığına dair bir iletiyi artık gönderemeyecektir. Akciğer bunu sıvı hareketleri ve doku oynamaları gibi şeylerden çıkarsamak zorunda kalacaktır. Her ekip ölçümleri yorumlamaya yardımcı olması için, öteki organın bir modelini kurmayı da öğrenecektir. Bu modeller bağımsız, ayrılmaya elverişli yapılar halinde varolmayabilir; ama seçilmiş sinyal-ışleme yöntemlerinde örtük biçimde yer alabilir ve kullanıma göre kendilerini neredeyse kesinlikle yeniden ayarlayabilir.

Bu formülasyon “istatistiksel yüzey bağlanması” olarak adlandırılabilir. Eğer organ simülasyonlarında işe yararsa, genel bilgisayar mimarilerinde de işe yarayabilir. Belki de gelecekte, bileşenlerinin birbirini tanıdığı, yorumladığı ve hatta öngördüğü bir işletim sistemi ortaya çıkacaktır. Böyle bir sistem felaket getirici arızalara da daha az yatkın olacaktır. Bu tür bir şemanın ne kadar iyi işleyeceğini şimdiden bilmenin olanağı yok; ama bilgisayar mimarilerinin halen başa çıkabildiğimiz boyutların ötesinde büyümesini istiyorsak, bazı istatistiksel bağlanma türlerini benimsememiz pekala gerekebilir.

Mevcut durumda, bir enformasyon sisteminin korkunç sıkıcı ve düşük düzeyli bir tarifi (protokole bağlılık) üzerine belirli bir düşünme tarzımız ve saf teorik bir perspektifle, karmaşıklığa dair bazı yüksek kuşbakışı görüşlerimiz var. Ama bir ara perspektiften, yani karmaşık sistemleri büyük bileşenleri arasındaki ilişkiler çerçevesinde usulen anlamamızı sağlayacak bir yordamdan yoksunuz. Bir cerrahın bakış açısından, insan bedeninin modelini enformasyon yüzeylerinden oluşan bir grafik olarak çıkarabildiğimize göre,

acaba bu tekniği canlı sistemleri anlamadaki diğer sorunlara uygulanacak şekilde genelleştirebilir miyiz?

Enformasyon yapılarının görece ölçekleri konusunda hiçbir sezgimizin olmaması nedeniyle, bilgi işlem alanındaki başarılarımızı doğanın başarmış olduğu şeylerle mukayese etmede sıkıntılı bir dönem geçiriyoruz. Gerek teknik basın, gerekse popüler basın insanın bilgi işlemdeki üstün yeteneğinin doğal karmaşıklığa yetişmek üzere olduğu savlarıyla çalkalanıp duruyor. Örnekler arasında bilgisayarların sonunda insan duygularını ya da dilini anlamak üzere olduğu ve bilgisayarların karmaşık organizmalar ile sırf kataloğunu çıkarmayı öğrendiğimiz basit DNA dizilişleri arasındaki boşluğu kapatmamızı sağlamak üzere olduğu gibi sıkça tekrarlanan savlar da var.

Bu konudaki cehaletimizin niteliğini ortaya koymanın bir yolu şunu sormaktır: Doğal evrim sakar, ağır ve etkisiz bir süreç miydi, yoksa doğal yoldan kendini monte eden, hatta belki bazı durumlarda bir kuantum düzeyinde işleyen ve aşağı yukarı olası en kısa sürede basite indirgenemez ölçüde karmaşık bir sonuç doğuracak şekilde kendini optimumlaştıran bir paralel süper-bilgisayarın ürünü müydü? Bu iki alternatif gerçekte yaşanmış olabilecek şeyin uç noktalarıdır. İşin bilemediğimiz doğrusu ikisi arasında bir yerdedir. Benim eğilimim ikinci uç nokta yönündedir: Evrim basite indirgenemez ölçüde zorlu bir işi yerine getirirken muhtemelen bayağı etkiliydi. Ancak, öyle görünüyor ki, diğer uç nokta –Moore Yasası sihrinin ve bilgisayarlarımızın doğayı geride bırakmasının sadece otuz ila elli yıllık bir süreyi alacağı görüşü– bilim ve teknolojinin geleceği konusundaki mevcut diyalogların çoğunda kabul görüyor.

Yirminci yüzyıl ortalarının kabloyla ve protokolle sınırlı

bilgisayar bilimi gerek bilgi işleme, gerekse canlı sistemlere ilişkin kültürel metaforlara damgasını vurmuş bulunuyor. Sözgelimi, Jorge Luis Borges şimdiye kadar yazılan ya da yazılmış olabilecek bütün kitapları içeren bir hayali kütüphaneyi tasvir ediyor. Böyle bir kütüphaneyi barındırmaya yetecek kadar büyük bir evrende yaşayacak kadar şanslı olsaydınız (ki bu şansımız yok), doğru rafa varmaya çalışırken yıldız gemilerinde sararıp solan sonu gelmez insan kuşaklarının ömrünü bu yolda harcamanız gerekecekti. Yeni güzel kitapları geleneksel tarzda yazmayı öğrenmek çok daha az uğraşla mümkün olurdu. Benzer şekilde, Richard Dawkins olası hayvanları içeren sonsuz bir kütüphane görüşünü ortaya atıyor. Evrimin görünmez ve kör elinin bu kütüphaneyi yavaş yavaş tarayarak, her ekolojik ortam için en uygun yarattığı bulduğunu hayal ediyor. Her iki örnekte de, yazarlara yirminci yüzyılın yetersiz bilgisayar bilimi metaforları bulaşmış bulunuyor. Her ne kadar alternatif bir bilgisayar bilimi henüz formüle edilmiş olmasa da, olası nitelikleri hakkında en azından fikir yürütmek mümkündür.

Yeni bir bilgisayar ve enformasyon bilimi bir kalıt teorisine yer verecektir. Karmaşık nedensel sistemlerin konfigürasyon uzamları öylesine geniştir ki, sonsuz kütüphaneler olarak anlaşılmaları mümkün değildir; çünkü yararlı bir tarama için yeterli zaman ya da enerji asla olmayacaktır. Sözgelimi, Stuart Kauffman'ın çok hoşuna giden bir itirazı belirtmek gerekirse, evrenimiz makul ölçüde küçük boydaki bütün olası proteinlerin bile araştırılmasına elverecek kadar yaşlı değildir. Karmaşık sistemlerin kalıtları biriktirmesi, daha kapsamlı konfigürasyon uzamı aramalarını kısıtlar. Kalıtların üstesinden gelebileceğimiz yolundaki yanılsamadan vazgeçmeyi öğrenmeliyiz. Başka bakımlardan epeyce

bilgili olan teknoloji uzmanlarının insan metabolizması ya da beyin yapısına radikal eklemeleri önermesinde işte bu yanılsama devreye girer –ve evet, inanın ki, bu türden birçok öneri var.

İrdelenmeye değer fikirlerden biri, “kalıt” ile “semantik”in aynı şey olup olmadığıdır. “Semantik” protokol temelli sistemlerin sentaks engeli özelliğinin ötesinde yatan her türlü gizemli şeyi tarif etmek için kullanılmış olan bir kelimedir: Sözelimi, doğal dil sistemlerinin ilerlediği, ama semantik anlayışından yoksun olduğu söylenir hep. Bir kalıt bir enformasyon sisteminde değişmez bir bağlam yaratır. Kalıtlar karmaşıktır. Bir sistemin konfigürasyon uzamını indirgemedi, kalıtlar bilgi iletim birimlerinin nedensel potansiyelini arttıran mercekler gibi bir işlev görür.

Bir nikah töreninde “Evet” demek, sokakta yolunuzu keşip kibritinizin olup olmadığını soran bir yabancıya aynı şeyi söylemekten daha önemli sonuç doğurur –en azından genellikle böyledir. Nikah töreni bir kalıttır, bozulması pahalıya patlayacak bir geçmişe dayanan bir kalıptır. Benzer şekilde, DNA ancak bir embriyon bağlamında anlam kazanır; kopuk bir DNA iplikçığının akıllı uzaylılarımız için bir yaratığı yeniden yaratmaya dönük daha önceki düşünce deneyi açısından yeterince bilgilendirici olmayacağı neredeyse kesindir.

Yeni bir bilgisayar biliminin doğal sistemleri enformasyon sistemleri olarak anlamada kaba dokulu bir yaklaşıma yer vermesi yararlı olabilir –Claude Shannon’un verdiği ince dokulu örneğin ötesine geçen bir yaklaşım. Yirminci yüzyılın sonundaki fizik anlayışımızın canlı sistemlerde meydan gelen kimyasal bağlanma gibi bütün kopuk olayları açıklamak için yeterli olduğu, bu nedenle artık karmaşık sistemle-

re ilişkin bir anlayışa yönelmemiz gerektiği sıklıkla söylenir. Söylemesi kolay, ama yapması zor bir iştir bu. Doğal sistemleri nedensel potansiyele göre ayırtırmayı öğrenmeliyiz. Verili herhangi bir anda, bir sistemin içerdiği maddenin ya da enerjinin ancak küçük bir kısmı o sistemin geleceğini önemli ölçüde etkiler –özellikle de bir canlı sistemse. Ve o zaman bile derece farklılıkları vardır: Sözelimi, bir sinaps-taki ufak bir değişim, bir deri hücresinin yüzeyindeki veya insan bedeninin neredeyse başka her yerindeki bir hücrenin yüzeyindeki benzer bir değişime oranla çok daha fazla anlam taşıyabilir.

Stuart Kauffman hayatın hem kendini çoğaltan, hem de bir Carnot iş döngüsünü (enerjiyi işe dönüştürmeye ilişkin klasik model) yerine getiren bir süreç olarak tanımlanabileceği görüşünü ortaya atmıştır. Bu tanım doğal sistemleri ayırtırmak için en azından olası bir yol öngörür. Her Carnot iş döngüsü bir tür düzenleyiciyle, sistemin döngüyü yeniden başlatmaktan sorumlu bir kısmıyla ilişkilidir. Bu düzenleyicilerin döngüdeki diğer maddelerden daha fazla nedensel potansiyeli olmalıdır; yani aynı sistemdeki diğer maddelerin başına gelen durumlara oranla, düzenleyiciye dönük daha küçük bir değişim sistemi bozabilir. Bu ayırtırma yönteminin doğal dünyayı bir enformasyon sistemi olarak anlamayı sağlayacak kaba dokulu bir yaklaşım için işe yarar olup olmadığını bekleyip görmek gerekecek; ama bir tür yöntem bulunmalıdır.

Fiziksel sistemleri nedensel enformasyon yapılarına ayırtırmayı sağlayacak biçimsel ve genel bir kaba dokulu yöntem geliştirirsek, hem bir sayma bileşenini, hem de bir enerji bileşenini barındıran bir karmaşıklık ölçüsünü pekala ortaya atabiliriz. Sözelimi, bir sistemin kendi iç nedensel

yapısını yoklamasının ne kadar masraflı olacağını sorabiliriz; çünkü nedensel zincirdeki halkalar fiziksel olarak nitelendirilebilir. Basit doğal sistemlere ilişkin kaba dokulu açıklamalarda tecrübe kazanmak, bizi doğanın evrimle yarattığı kalıtların modelini çıkarmaya hazırlayabilir. Elli yıl içinde, şansımız yaver giderse, sadece (şu anda girdiğimiz yolda ilerleyerek) DNA'nın nasıl işlediğini ve DNA'nın neye yaradığını açıklamayı değil, DNA'ya dönük değişimlerin kısıtlandığı ara karmaşıklık düzeylerini açıklayacak bir yol bulmayı da başarabiliriz. Sonuçta, dünyayı bir molekülün ya da bir organizmanın bakış açısı yerine, bir ölçüde evrimin bakış açısından görmeyi öğrenebiliriz.

Önümüzdeki elli yılda, biyoloji ve tıp bugün bildiğimiz biçimiyle coğrafyaya benzeyecek biraz. Bu inceleme alanlarının haritası büyük ölçüde çıkarılacak ve barındırdığı gizemler epeyce azalacak. Gelgelelim, dünyanın haritasını çıkarmayı bilmek iki nokta arasındaki yolculuğumuzu ancak sınırlı bir ölçüde hızlandırabilir. Aynı şekilde, biyolojinin şu andaki gizemli yönlerini açıklayabilmek otomatik olarak denetimimiz altına girmelerini sağlamayacak. Bunun yerine, biyolojinin hangi yönlerinin basite indirgenemez ölçüde karmaşık olduğunu öğrenmemiz yüksek bir olasılıktır. Evrimin belli konfigürasyonlara varışının uzun bir süreyi almasının bir sebebi olabilir ve bir kestirme yola ulaşamayacağımızı anlayabiliriz. Bu olasılık enformasyon bilimi sınırının uzak ve nihai kıyısının sadece bir örneğidir. İktisattan tarıma kadar uzanan birçok değişik araştırma alanında, karmaşıklık tavanlarıyla karşılaşacağız –daha büyük ve daha hızlı bilgisayarlar yapmanın yıkmaya yetmeyebileceği engeller. Karmaşıklık tavanlarının olasılıklarımız önündeki en gerçek kısıtlamalar olduğunu kavramaya başlayacağız. Gerçi

nerede bulunduklarını henüz bilmiyoruz, ama elli yıl içinde öğreneceğiz.

JARON LANIER daha çok sanal gerçeklik alanındaki çalışmalarıyla tanınan bir bilgisayar bilimcisi ve müzisyendir. Yeni kuşak internet teknolojilerinin sonuçlarını ve uygulamalarını inceleyen üniversiteler konsorsiyumu Ulusal Tele-Dalış İnisiyatifi'nin rehberlik uzmanıdır.

DAVID GELERNTER

Işınla Bağlantıya Girmek

Önümüzdeki elli yılda bilgisayar teknolojisine ne olacak? Yarım yüzyıl sonra hangi noktada olacağız? Günümüzde enformasyon çevrimiçi hatta ilerliyor; çok geçmeden “büyük rasyonelleştirme” başlayacak. Başka bir dizi teknoloji sektöründe (demiryolu, otomobil, radyo, TV) olduğu gibi, enformasyon sektörü yeni standart biçimler geliştirecek. Bu biçimlerin şimdiki ticari yazılım uygulamalarıyla hiçbir ilgisi olmayacak. Asıl önemli şey bizzat enformasyonun nasıl düzenlendiğidir; web tarayıcısı standardı değil, web sitesi standardı göz önünde tutulacak. (Bizzat web demode hale gelecek, ama temel tasarımı geçerli kalacak.)

Enformasyonun standart şekli, *enformasyon ışıını* adını verdiğim bir biçim olacak. Işın, kitap kadar önem kazancak. Kitabın yerini almayacak; siber-dünya için karşılaştırılabilir düzeyde sağlam, dayanıklı ve basit bir yapı sağlayacak. Kültürel yaşamımızı yeniden şekillendirecek. Günümüzde enerjimizin yaklaşık yüzde 80’ini (birçok farklı yoldan) biçim için, yüzde 20’sini ise içerik için tasalanmaya harcıyoruz. Elli yıl sonra, bu orantı tersine dönecek.

En önemli enformasyon “kablodan-taze-çıkış”, gerçek zamanlı enformasyondur –bize tam şu anda şu ya da bu yerde neler olup bittiğini anlatan enformasyon. Günümüzde

“şu ya da bu yer” yeryüzündeki bir yer –ofis, okul, senato, şehir merkezi vs.– anlamına geliyor. Çok geçmeden, siber-küredeki bir yer anlamına gelecek. Késintisiz, her yerde hazır ve nazır siber-küre bugünün kaotik ve kekeme internet ortamının yerini alacak. Örneğin, New York Menkul Kıymetler Borsası halihazırda yeryüzündeki bir yerden siber-küredeki bir yere geçiş sürecinde; önümüzdeki yarım yüzyılda diğer kurumların hemen hepsi aynı yolu izleyecek. (İlk kez 1991’de *Mirror Worlds* [İkiz Dünyalar] kitabımda ortaya attığım bu savın arkasındayım hâlâ.) Çalışan biriyseniz ofisinizde, öğrenciyseniz okulda, alışveriş yapacaksanız çarşıda ve eğer umurunuzdaysa dünyada sürüp giden hayatla, gözde rahat koltuğunuzdan kalkmaksızın veya yatağınızdan çıkmaksızın bağlantıya girebileceksiniz. Ama başka uğraşlara girişmekten geri kalmayacaksınız. Aksine, maddi ve sosyal ortamlar kendilerini yeniden düzenleyerek bu yeni kültürel gidişata ayak uyduracak.

Bu büyük değişimleri kabataslak açıklamadan önce, onlara yön verecek doğal yasaları aktarayım:

1) *Teknoloji dünyasında mevcut durumu ve değişimin temposunu donanım değil, yazılım belirler.* Teknolojinin ilerleme hızı icat ettiğimiz devrelere (bilgi işlem proteinleri ve şürekasına) dayanmaz. Tasarladığımız yazılım mimarilerine dayanır. Yeni bir enformasyon düzenleme tarzı –yeni bir yazılım mimarisi– yaratırsanız, donanım zamanla bunu desteklemek üzere geliştirilecektir. Güçlü bir yeni donanım kurarsanız, bu tek başına kesinkes yetersiz olacaktır. On saniye önce sekreterim elinde bilgi işlemin geleceğini konu alan ve birkaç övücü söz etmem istenen bir başka yeni kitapla içeriye

girdi. Böyle kitapların büyük çoğunluğu gibi bu da aslında donanım ile ilgili. Yazılımın geleceği üzerine kitaplar neredeyse yok denecek kadar seyrek çıkıyor. Kimse yazılımın geleceğini bilmiyor gibi.

Teknolojinin yarım yüzyıl sonraki durumuna kafa yorduğumuzda, parlayıp duran hızlı devreleri, moleküller ve optik bilgisayarları, yeni veri iletim mecralarını ve diğer donanım harikalarını düşünme eğilimine gireriz. Bunlar önemli, hayret verici ve başlı başına ele alındığında konuyla ilgisizdir. Teknolojinin yarım yüzyıl içinde bürüneceği şekil, yarattığımız yazılımlara bağlı olacaktır.

Tipik bir örnek: Bilgi işlem donanımı 1980'lerin ortalarından beri olağanüstü bir hızla ileriye atılıyor. Peki, sonuç ne? Hesap kitap yapma açısından, 1985'teki düzeyinize göre ne kadar daha iyi durumdasınız? Bilgisayarınızla geçim yolu ilişkileriniz aynen on altı yıl önceki gibi. Elinizdeki 2001 kelime işlemcisi 1985 modelinden daha iyi değil; yüzlerce kat daha fazla bellek ve bilgi işlem gücü yutuyor, ama farklı (önemli denecek kadar farklı) hiçbir şey *yaptığı* yok. Elektronik tablolarınız temelde aynı. E-postanız aynı –bir sürü insan daha e-posta kullanıyor, ama e-postanın kendisi 1985'tekiyle aynı. Masaüstünüz, dosya sisteminiz, grafik kullanıcı arabiriminiz (tabii 1985'te bir Mac edindiyseniz) –bunların hepsi on altı yıl önce oldukları yerde duruyorlar. Hayatınızın bilgi işlem kalitesindeki tek büyük değişim web, ama web yazılımdan oluşur, donanımdan değil.

Bugün yazılım bocalama içinde, dolayısıyla teknoloji sektörü de bocalama içinde. Donanım devrimlerinin bini bir para. Bocalamadan kurtulmak için, yazılımda

bir devrime ihtiyacımız olacak –ve, inanın ki, böyle bir devrimi yaşayacağız.

2) *Öğrenilmesi olanaksız İkame Yasası: Toplum daha yenisini değil, daha iyisini bulduğunda, bir şeyin yerine başka bir şeyi koyar.* herşeyin elli yıl sonra farklı olmasını beklemeyin. Temel şeyler aynı kalır. Bu apaçık-mış gibi görünür, ama öyle değil.

Geçen yaz *New York Times*’ın ön sayfasında şöyle bir manşet vardı: “E-KİTAP ÇAĞI TAHMİNLERİ ERKENMİŞ MEĞER.” Ondan bir yıl önce, Ağustos 2000’de Barnes & Noble, Microsoft ve başka birkaç şirket e-kitap çağına girildiğini resmen duyurmuştu. Demek, bu kocaman tahmin yanlıştı. Kitabın iki bin yıl varlığını sürdürmesinin akla yakın sebebi bilgisayar mühendislerinin yerine koyacak bir şey bulamaması değil, kitabın güzel bir şey olması mı acaba? Ben daha 1999’da (yine *Times*’ta), “Kitapların yerine bilgisayarları geçirmek, daldan koparılmış çiçeklerin yerine plastik çiçekleri geçirmeye benzer,” diye yazmış ve kitabın son iki bin yılın en büyük tasarımı olduğunu ileri sürmüştüm.

Fakat geçen yaz *Times*’ta çıkan haberin harika yanı aynı hikayeye daha önce de tanık olmamızdı. Xerox ta 1970’lerde kitapların ölümünü ve (sonuç itibariyle) “e-kitap”ların yakında görülecek doğuşunu ilan etmişti. Kesin olan bir şey var. On ya da yirmi yıl kadar sonra, başka bir *Times* manşeti göreceğiz: “UZMANLARIN EN SON TAHMİNLERİNE KARŞIN, KİTAP KONUMUNU KORUYOR GİBİ.” (Entelektüeller başka insanların hatalarını yeniden ısıtıp sunmada uzmanlaşmış kişilerdir.)

Elli yıl sonra, hâlâ kağıda basılı kitapları okuyor ve tuval üstünde yapılmış tablolara bakıyor olacağız. Bugün Beethoven dinleyecek ve Fred Astaire filmlerini seyredecek kadar şanslıysanız, elli yıl sonra da bunları yapıyor olacaksınız –tabii hâlâ hayattaysanız.

3) *Elle tutulur kazanımlar elle tutulmayan kazanımlara her zaman ağır basar.* Kitabın bilgisayar ekranını alt etmesi duygusal sebeplerden veya (gerçekten öyle olmakla birlikte) kitabın zarif ve estetik olarak doyurucu bir nesne olmasından kaynaklanmaz. Bu üstünlük pratik avantajlara dayanır. Doğası gereği kitap, ekrandaki herşeye göre daha kolay taşınabilir, taranabilir, sayfalarına göz gezdirilebilir, üstüne yazılabilir ve kolay okunabilir bir şeydir. Ama elle tutulur varlıklar yasası genelde bugünün bildik birçok alışkanlığının elli yıl ya da daha az bir süre içinde ortadan kalkacağını belirtir.

Alışveriş klasik bir örnektir. Alışveriş merkezi mağazalarının toptancılardan, “ana caddedeki” küçük ve şirin mağazaların ise alışveriş merkezi mağazalarından daha iyi olduğu konusunda herkes mutabıktır. Hiçkimse toptancılardan hoşlanmaz, ama bir sürü insan onları kullanır. Kitap sayfalarını çevirip göz gezdirmenin, kitaplara dokunmanın, şömiz içi yazıyı, arka kapağı ve hatta bazen ön kapağı okumanın mümkün olmadığı Amazon.com’da kitap satın almaktan kim hoşlanır ki? Bununla birlikte kitap alıcıları kitapçıları bırakıp Amazon’a yöneliyor; çünkü elle tutulur avantajlar –kolaylık, seçenek bolluğu, bazen fiyat– elle tutulmayan avantajlara her zaman ağır basar.

Eğer tınmayacak kadar aldırıışsız olmasalardı, üni-

versitelerin kafayı bu yasaya takmaları ve sonuçları karşısında dehşete düşmeleri gerekirdi. İnternet üzerinden eğitim daha şimdiden her tarafta ortaya çıkıyor. Bütün dersleri internete taşımak mümkün hale gelirse ve internet ders donanımının kalitesi her geçen yıl daha da gelişirse, bir üniversite varlık sebebi olarak neyi öne sürecektir? Üniversiteler maddi olmayan şeylerin satıldığı bir iş alanındadır. Öğretmenlerinizle ve (daha da önemlisi) öğrenci arkadaşlarınızla ve bizzat kampusla yüz yüze gelmenizi sağlayarak, size kampus yaşantısını sunarlar. Dolayısıyla dünya üniversitelerinin yüzde 95'i elli yılda yok olup gidecek. Zirvedeki okullar ayakta kalacaklar; çünkü sahiden de elle tutulur bir şeyi satarlar –iş ve paraya dönüşen itibar. Ama onlar da değişecek. Örnek vereyim: İngilizce bölümleri ilk başta öğrencilere seçkin edebiyatı öğretmek üzere kurulmuş birer nadide eşyadır. Şimdilerde birçok İngilizce bölümü seçkin edebiyat diye bir şeyin olmadığını savunuyor. Toplumun buna tepkisi (uzun bir süre) şöyle olmayacak herhalde: “Ya, öyle mi? O halde öğrencilerinize her türlü eski süprüntüyü de pekala öğretebilirsiniz.” Tepki şöyle olacak: “Ya, öyle mi? O halde bir İngilizce bölümüne ihtiyacımız yok artık, değil mi?”

Elbette lisansüstü okullar da hapyı yutacak.

4) *Glenn Gould Yadigarı Yasa: Sonuçta teknoloji bir amaç değil, bir araçtır.* Bu büyük piyanist öleli neredeyse yirmi yıl oluyor. Gould teknolojiyi seven ve ustalıklı kullanan biriydi. Daha 1960'ların başında, müzik kaydının canlı müzik icrasının yerini alacağı gibi cüretli bir tahminde bulundu. Sahneyi bıraktı ve kayıt stüdyo-

suna çekildi. Müzikal ve teknolojik ayrıntılara varınca-ya kadar, plaklarının her yönüne özen gösterdi. Yirminci yüzyıl şaheserleri gibi, Gould'un plakları en çok sevilenler arasında yer alıyor. Teknoloji hayranı Gould, teknolojiyi yüzyıllara dayanan icra sanatı geleneğinin yerini alacak bir şey olarak benimsedi. Ama işitsel mühendislikteki en son teknikleri piyano sesini kayda geçirmek için kullandı. (Ayrıca birer sefer de org ve klavsen.)

Günümüzde teknolojiye saplantılı düşkünlüğümüzü anlamak için bir gazeteyi açıp bakmak yeter. Bu sağlıklı olmayan bir saplantı; bizde asabiyet ve suçluluk duygusu uyandıran konulardan kaçınmak için, teknoloji üzerine abuk sabuk şeyler söylüyoruz. Teknoloji hakkında konuştuğumuzda, sanat ya da bilim, hakikat ya da güzellik, bir ebeveynin çocuğuna karşı (parayla ölçülmeyen) ahlaki ve manevi yükümlülükleri hakkında konuşmamıza gerek kalmıyor. Ahlaki ve manevi sıradanlaşma yerine, finans ve mühendislik alanlarındaki parlak başarıları konuşabiliyoruz.

Teknoloji büyüleyici ve derin bir konudur. Ama sonuçta (Gould'un bildiği gibi) bir amaç değil, bir araçtır. Elli yıl sonra teknoloji bugünkünden çok daha güçlü ve daha yaygın olacak—bu da bize çok şey anlatıyor. Ama şimdiki duruma oranla teknolojiye kafayı daha az takacağız.

Önümüzdeki yirmi-otuz yıla ilişkin belli donanım olguları apaçık ortada. Bilgisayar ve yüksek hacimli bellek çipleri o kadar ucuzlayacak ki, yükselen özel ya da ticari her binanın iskeletine on binlere varan bir sayıyla rutin biçimde döşenecek. Tıpkı çatı kiremitleri gibi, bunları da ikide bir gönül-

süzce değıştireceksiniz.

Elli yıl sonra (ya da çok daha erken bir zamanda), internet yerini enformasyon ışınlarıyla dolu siber-küreye bırakacak. Bu ışınlarla bağlantıya girdiğinizde, dışsallaşmış bir zihinle bağlantıya girmiş olacaksınız –size, bir kuruluşa ya da kuruma ait zihin. Dayandığınız enformasyon –kendi hayat hikayenizin yanısıra birkaç yüz gözde siber-küre sitesinin eşdeğer yapıları– bulunduğunuz her yerde bulunacak ve sizinle birlikte gezecek. Bu enformasyon yapılarını yanınızda taşımayacaksınız; aynen iskele boyunca yürüdüğünüzde sizi takip eden sokulgan yunuslar gibi, siber-küre içinde kendi başlarına dolaşacaklar.

Sonuçlardan biri güvenlik açısından büyük bir kazanım olacak. Her ufak veri parçası (tabii şifrelenmiş olarak) bütün siber-küre boyunca binlerce kez kopyalanacak. Her veri yapısı binlerce ayrı mikro-makine üzerinden dağıtılacak, etrafa saçılacak. Verileri yok etmek ya da çalmak çok büyük sayıda ayrı ve eşgüdümlü sızmayı gerektirecek. Cüzdanınızda taşıdığınız özel şifreleme anahtarı sırf veri kodlarının çözülmesini sağlamayacak; binlerce ayrı, tekil ve anlamsız lifin bir araya gelerek anlamlı bir resim oluşturmalarını sağlayacak –ancak siz baktığınızda ortaya çıkacak bir resim.

Bir fikir jimnastiği: Odayı baştan başa aşarak bir duvarın ortasından karşı duvarın ortasına giden bir ışık demetini gözünüzde canlandırın. Odanın ortasında ayakta duruyordunuz ve ışık demeti tam önünüzden geçiyor. Haliyle, ışık bir şeye çarpmadığı sürece görünmez; dolayısıyla demet aslında toz zerreciklerinin, buğu damlacıklarının ya da yüzen başka küçük parçacıkların yer aldığı aydınlanmış bir oluktur. Bir enformasyon ışını tıpkı saat gibi “zaman hızı”yla hareket eder: Sözelimi, aydınlanmış her buğu damlacığı

odanın sağ tarafından (gelecekte) odanın ortasına (bugüne, yani “şimdi”ye) ve oradan da odanın sol tarafına (geçmişe) doğru sürekli hareket eder. Bir paravanı (örneğin bir tenis raketini) hareket doğrultusuna dik açılarda ışının içine daldırma yoluyla, ışını “tutup” görüntüye çevirebilirsiniz. Bu sizin “ışın alıcı cihaz”ınız olur. Işın düzenli bir hızla dosdoğru alıcınızın içinden geçerek süzülür. Paravana bakarken, içinden geçerek süzülen ışına da bakabilirsiniz.

Gerçek hayattaki bir enformasyon ışını, süzülüp giden enformasyon unsurlarının bir akışıdır. C-SPAN kablolu televizyon kanalını bir enformasyon ışınına dönüştürdüğümüzü varsayın. Bunu her birine ayrı bir ses iletim birimi iliştilirilmiş donuk karelerden oluşan bir akış olarak kafamızda canlandırabiliriz. (Televizyonda C-SPAN kanalını izlediğinizde, kareleri peş peşe akarken görürsünüz.) Bütün bu karelerin zincir gibi bir ışın içinde sıralandığını ve odanın ortasında ayakta dikildiğinizi düşünün. Bu ışının sağ yarısı boştur; geleceği ve henüz yayımlanmamış kareleri temsil eder. C-SPAN kanalının yayımladığı yeni bir kare odanın ortasında, yani “şimdi” hattında somutlaşır ve solunuza düşen geçmişe doğru sürekli akıp gider. Işın alıcınızı “şimdi” hattına (veya “şimdi”nin çok azıcık soluna) koyduğunuzda, her yeni kareyi yaratıldığı anda görürsünüz. Böylece C-SPAN kanalını izlersiniz –bir başka ifadeyle (bu fikir jinnastığına göre) ışın alıcınızın paravanında kare kare kıstırılmış olursunuz.

Solunuzda duran bir kişi aynı ışını tutabilir. O da C-SPAN kanalını izler; ama “şimdi”nin sözgelimi on dakika solunda (yani sözgelimi sizin bir buçuk metre solunuzda) durur; C-SPAN kanalını on dakika geçmişte, gerçek zamanın on dakika gerisinden izler. C-SPAN ışını solunuza doğ-

ru uzanıp gider. Onu tuttuğunuz ana bağlı olarak, gerçek zamanın bir saat, bir yıl ve hatta on yıl gerisinden izleyebilirsiniz. Peki, ışının sağ tarafında, yani gelecekte ne olur? C-SPAN kanalının geleceğe dönük planları, yani bir program çizelgesi vardır. Bu çizelgeyi ışının “gelecek” kısmında saklar. C-SPAN ertesi Salı günü sabah saat onda *Spanorama*’yı yayınlayacaksa, geleceğin ışığında ertesi Salı günü sabah saat ona bir not koyar; bu not sürekli “şimdi”ye doğru akar. Bütün çizelge saniye saniye “şimdi”ye doğru akar, orada durup bir çizelge olmaktan çıkar ve saniye saniye bir yayına dönüşür.

Enformasyon ışınları önemlidir, çünkü kendi “enformasyon hayat”ınızı birine saklayabilirsiniz. Aynı şekilde bir kurumu saklamanız da mümkündür.

Enformasyon hayatınızı ele alalım. Bu ışın yarattığınız ya da aldığınız her enformasyon unsurunun yer aldığı bir dizidir. Bir ışın unsuru bir resim, bir görsel ya da işitsel parça, bir belge, bir faks metni, sık kullanılan bir web adresi ya da başka herhangi bir enformasyon birimi olabilir. (Yukarıda anlatılan C-SPAN ışını unsurları homojendir; gerçek ışınların çoğu ise çıldırtıcı ölçüde heterojendir.) Işınınızın başlangıç noktasında, sola doğru epey geride ve sürekli daha öteye doğru geriler halde, elektronik doğum belgeniz yer alır. Yeni e-posta iletileri hemen önünüzde, “şimdi” hattında somutlaşır. Üzerinde çalıştığınız bütün belgeler geçmişte, yani ışının sol tarafında bir noktada yer alır ve sürekli daha öteye doğru akar. Bir belgenin yeni bir versiyonu üzerinde çalışmak istediğinizde, bir kopyasını çıkarırsınız, bu kopyayı “şimdi” hattına koyarsınız ve üzerinde çalışırsınız. (Kelime işlemciniz sürüklenmeye karşı düzeltilmiştir: onu bir belgeye odakladığınızda, belge geçmişe sürüklenir, ama ekranı-

nızda sabit kalır.) Akışınızın gelecek kısmında planları, randevuları, hatırlatıcı notları saklarsınız. Bunların hepsi sürekli “şimdi”ye doğru akar, ardından “şimdi” hattını aşarak geçmişe girer ve sürüklenerek tarihe karışır.

Bir sürü şeyi es geçiyorum; ışının nasıl ve niçin oluştuğunu açıklamadım. Asıl nokta bu ışının hayatınızın bir belgesel tarihini yansıtması. Işınınızı “şimdi” hattında izlerseniz, her yeni enformasyon parçasını vardığı anda izlemiş olursunuz. (Telefon konuşmaları da ışının bir parçasıdır.) Bütün geçmişiniz erişilebilir halde ışıında durur; bildiğiniz kadarıyla geleceğiniz de ışıındadır. (Binlercesi arasında küçük, ama önemli bir husus: Tıbbi kayıtlarınız ışınınızda saklıdır. Bunlar size aittir; belirlediğiniz kişiler her noktasına doğrudan erişebilir.)

Geleceğin siber-küresi enformasyon ışınlarıyla doludur.

Çalışan biriyse, şirketinizin “enformasyon hayatı” bir ışın içinde akar. Her yorum, duyuru, yeni düzen ya da genel değerlendirme için aile fotoğrafı “şimdi” hattında görünür ve geçmişe doğru geriye akar. Herkesin şirket ışınına kendi özel bakışı vardır. Sadece sizin görebildiğiniz belgeler ve e-posta iletileri, grup ve şirket unsurlarının arasına serpişmiştir. Görüşmeler ışıında gerçekleşir ve ardından akarak tarihe karışır. Talimat ve emirler ışıında bildirilir. Fabrika müdürleri ışını izler, ışıından siparişler alır ve bunları uygulamaya geçirir. Şirket planları, toplantılar, projeksiyonlar, süre bitimleri ışının geleceğinde saklanır.

Işın, şirketin beynidir. Eskiden şirketlerin “beyin”leri hiç yoktu. Bir şirketin beyni sizinki gibi çalışmaz; sadece sizin değil, birçok insanın çabasıyla kurulur. Geçmiş, bugünü ve geleceği kaydeder ve hiçbir şeyi unutmaz. Şirket ışınına bağlandığınızda, onun beynine girersiniz; aslında beyninin bir

parçası haline gelirsiniz.

Bir okul ya da üniversite aynı şekilde işler. Bir sınıf ya da ders, işlenecek malzemeyi konular ve başlıklar halinde sunan bir ışın olarak düşünülebilir. Her biri farklı noktada birçok öğrenci eşzamanlı olarak yukarıya doğru ilerleyebilir; bu arada öğretmen bütün ışını takip eder, gerektiğinde malzemeyi güncelleştirir ve ortaya çıkan soruları izler. Elektronik kampus bir ışındır. Nasıl bir “kampus hayatı” vardır? Aralıksız süren bir görüşme (ayrıca herkesin kendi başına halletmesi gereken fiziksel temas). Bir kampus ışınında yüzlerce görüşme eşzamanlı olarak yankılanır, parçalara ayrılır ve tekrar birleşir; bu arada üniversite de her biri ayrı ışın unsuru olan duyurular, kararlar vs. aracılığıyla “konuşup” sürece katılır. Bütün bu enformasyon birimleri, sürüp giden görüşmenin arasına serpişmiştir. Üniversite gelecekteki planlarını ve çizelgelerini bildirir; kampus görüşmesi geriye doğru akarak geçmişe karışır. Kampus artık zamandaki bir nokta değildir; bütün tarihi ışındadır ve herhangi bir yerine, daha doğrusu herhangi bir anına göz atabilirsiniz. Kampus (veya şirket) mekandaki bir nokta da değildir. Bulduğunuz her yerden bir ışına bakabilir ve toplu beynin işleyişine bir ölçüde katılabilirsiniz –ister evinizin salonunda oturarak, isterse de kumsalda sırtüstü uzanarak.

Çarşı alıcıların ve satıcıların buluştuğu bir ışındır.

Gelgelelim, çoğunlukla başka insanlarla birlikte olmaktan hoşlanırsınız. Evde öyle oturup kalmak istemeyiz. Elli yıl sonra insanlar gerekli olduğu için, canları çektiği için bir yere gidecek ve bir topluluğa katılacak. Okul mahalle çocuklarının gelişigüzel toplandığı bir yer olacak. Her çocuk ayrı bir ışınla bağlantı kuracak. Bir “mahalle okulu”nda aynı sınıfta oturan yirmi çocuk aslında yirmi ayrı okula devam

ediyor olabilecek; ama hepsi birlikte yemek yiyebilecek ve bahçede koşturup oynayabilecek; öğretmenlik diploması olan ya da olmayan herhangi bir sorumlu yetişkin onlara göz kulak olabilecek. “Mahalle ofisleri” aynı şekilde işleyecek. Yirmi-otuz kadar insanla birlikte küçük bir ofis kompleksinde çalışabileceksiniz; bu kişiler farklı şirketlere hizmet vermekle birlikte, mesai saatlerini birlikte geçirmeyi tercih edebilecek.

Bugün şehirlerimizin manzarasını belirleyen kurumsal ofis binaları ortadan kalkacak. Mağazalar ve dükkanlar daha şimdiden bu yola girmiş durumda. (E-ticaret geçici olarak askıya alınmış gibi görünüyor, ama günümüz web sitelerinin ne kadar abesçe ilkel olduğunu unutmayın. Örneğin, bir kitapçı sitesinde kitap sayfalarını çevirip göz gezdirmemeniz için hiçbir sebep yok. Yeni bir siteyi ziyaret ettiğiniz her seferde yeni bir sayfa düzenine alışmaya çalışmanız için hiçbir sebep yok. Kimilerinin iyiye, kimilerinin kötüye yoracağı, ama karma bir torbada sonuçlar getireceği apaçık bir gelişmeyle, ticaret ve eğitim karşı konulamaz şekilde siber-uzaya yöneliyor.) Dünyayı saran enformasyon ışınlarının nihai etkisi, mahalleleri on dokuzuncu yüzyıldaki kadar önemli konuma yükseltmek olacak. İnsanlar konutlara ve rahat, jenerik, yerel buluşma mekanlarına gerek duyacak. Devasa müzeler/tema parkları/alışveriş merkezleri biçimindeki örnekler dışında, şehirlere artık ihtiyacımız kalmayacak. Bu durum çok kötü bir şey, çünkü şehirler insanlığın en büyük sanat eserleri arasındadır. Ama artık ihtiyacımız kalmadığında, onlara daha fazla değer verme gereğini duyacağız.

İnsanlar elli yıl sonra daha az araç sürecektir mi? Hayır, daha fazla araç sürecektir. Sebebini kestirmek kolay: Araç sürmek *hoşumuza* giden bir şey. Ne kadar zenginleşirsek, hoş-

landığımız şeyleri o ölçüde daha fazla yapabiliriz.

Sonuçta dünya yarım yüzyıl sonra farklı görünecek ve farklı şekilde işleyecek. Çok daha zengin olacak. Çok daha şık bir teknolojiye kavuşacak. Kim bilir, belki azıcık daha mutlu bir yer bile olacak.

DAVID GELERNTER Yale’de bilgisayar bilimi profesörü ve Mirror Worlds Technologies (New Haven) şirketinin baş bilim uzmanıdır. Araştırmalarının odağı enformasyon yönetimi, paralel programlama ve yapay zekadır. Nicholas Carriero’yla birlikte geliştirdiği Linda sisteminde (1983) ortaya konan “sıralı veri hazneleri” dünya genelinde birçok bilgisayar iletişim sisteminin temelidir. *Mirror Worlds* [İkiz Dünyalar]; *The Muse in the Machine* [Makinedeki İlham]; 1939; *Drawing Life* [Hayatı Çizmek] ve *Machine Beauty* [Makine Güzelliği] adlı kitapları yazmıştır.

JOSEPH LEDOUX

Zihin, Beyin ve Benlik

Genç Sigmund Freud bilimsel kariyerine sinir sistemini inceleyerek başlamıştı ve beyin işlevinin anlaşılmasıyla zihinsel yaşama özgü gizlerin aydınlanacağı kanısındaydı. Eldeki araçların beyni incelemeye yetecek kadar gelişkin olmadığını kısa sürede kavrayınca, pratiğe sarılarak saf bir psikolojik yaklaşıma yöneldi. Aradan geçen yıllarda canlı bir disipline dönüşen nörolojinin buluşları herhalde Freud'u şaşkına çevirirdi. Yine de daha öğrenilmesi gereken çok şey var. Bu makale önümüzdeki yıllarda bekleyebileceğimiz gelişmelerden bazılarını anlatmaktadır.

Beyni Okumak

Nöroloji araştırmaları zihnin algılama, bellek ve duygu gibi belli veçhelerine beynin nasıl aracılık ettiğini ortaya çıkarmada epeyce mesafe almış bulunuyor. Bu çalışmaların büyük bir bölümü insan dışındaki canlılar, özellikle fareler ve maymunlar üzerindeki incelemelere dayanıyor. Bu yaklaşım insanların diğer yaratıklarla paylaştığı beyin işlevleriyle ilgili sorular yöneltmede yeterli olmakla birlikte, insan beyninin benzersiz yönlerini anlamada önemli boşluklar bırak-

mıştır. Beyin hasarına uğramış insanlar üzerindeki araştırmalar boşluğu kapatmaya katkıda bulunmuşsa da, beyni zedelenmiş deneklere dönük incelemeler normal işlevle olduğu kadar beynin yitirilen işlevi nasıl telafi ettiğiyle de ilgilidir.

Normal insan beyin işlevini incelememize olanak veren yeni teknolojiler, insan beyninin insan zihniyle ilişkisini anlamada yeni bir düzeye ulaşma umudunu veriyor. Özellikle işlevsel manyetik rezonans görüntülemenin (fMRI) ortaya çıkışı, araştırmacılara bir denneğin psikolojik işleri yerine getirdiği ya da belli deneyimleri yaşadığı sırada insan beynine bakmak ve aktivitesini gözlemlemek üzere güvenli ve pratik bir araç sağlamıştır. Şimdiye kadarki görüntüleme incelemelerinin çoğu tekniğin geçerliliğini belirlemeye odaklanarak, bu yaklaşımın ortaya çıkardığı beyin işlevi tablosunun daha geleneksel yaklaşımlarinkiyle aynı olduğunu göstermiştir. Bu bakımdan mevcut bulgulardan birçoğunun referansı, deney hayvanlarında beyin işlevine dönük incelemelerdir. Spesifik beyin sistemlerinin nasıl çalıştığına dair bu temel dayanak olmaksızın, görüntüleme bulguları düşünsel bir boşlukta kalacaktır. Örneğin, fareler ve diğer memeliler üzerindeki incelemeler, şakak lopunda küçük bölge olan amigdalanın tehlikeyi belirlemede ve tepki göstermede devreye giren beyin şebekesinin kilit bir parçası olduğunu göstermiştir. Bu bilgiden hareketle, araştırmacılar amigdala hasarına uğrayan hastalarda tehlikenin farkına varma yetisinin azaldığını ve fMRI tekniğiyle saptandığı üzere, tehdit edici uyarılara maruz kalan insanlarda amigdala bölgesinin aktifleştiğini ortaya koymuştur. Bu ve başka birçok alanda yolu açan şey hayvanlar üzerindeki incelemelerdir.

İncelenen canlı türünü yöneltile soruyla eşleştirmek önemlidir. Örneğin, bilgileri zihinde tutmayı ve bunları kul-

lanarak iş yapmayı sağlayan çalışma belleği, insanın düşünme yetisinin temelinde yatan kilit bir süreçtir. Bu sürecin insan beyninde dorsolateral prefrontal korteks denen bir bölgeye bağlı olduğu bilinmektedir. Fareler dorsolateral prefrontal korteksten yoksun olduklarından, bu tür bellek incelemeler için uygun denekler değildir. Maymunlarda ise dorsolateral prefrontal korteks vardır ve çalışma belleğinde bu bölgenin rolü hakkında öğrendiğimiz şeylerin büyük bir bölümü maymunlara dönük incelemelerle bulunmuştur. Ama insanın düşünme yetisinin kilit bir veçhesi sözel çalışma belleğine, yani insan dışındaki hiçbir canlı türünde doğrudan incelenemeyen bir işleve dayanır. Yakın dönemdeki fMRI incelemeleri insan beyninde sözel çalışma belleğinin nasıl işlediğini açıklığa kavuşturmada önemli bir rol oynamıştır.

İnsan beyni üzerinde fMRI tekniğiyle ya da diğer yaklaşımlarla (aktiviteyi kaydetmeye, seçilmiş beyin bölgelerini uyarmaya ve aktiviteyi harekete geçirmeye yönelik yöntemler dahil) yürütülen araştırmaların geleceği büyük olasılıkla üç geniş alanda olacaktır. Birincisi en sıradan olanıdır: Zaten bir şeyler bildiğimiz bazı süreçlere, yani algılama, bellek, duygu, dil ve çalışma belleğine ilişkin sinir düzenlemesi hakkında daha fazla şey öğreneceğiz. İkincisi bu süreçlerin beyninde nasıl etkileşime girdiği konusunda daha fazla şey öğrenmeyi gerekli kılmaktadır. Bu irdeleme bizi beyin işlevine ilişkin sistem düzeyindeki dar kavramlardan daha geniş kavramlara götürecektir ve belirli zihinsel süreçlerin nasıl işlediğinden farklı olarak, beynin zihni nasıl yarattığına dair bir teorisinin en azından ilk adımlarına ulaştıracaktır. Bu tarz çalışmalar başlamış olmakla birlikte, hedefe varmak açısından çok azdır.

Üçüncü alan belki en önemli olandır. Beyin işlevine dö-

nük neredeyse bütün incelemeler, çoğumuzda genellikle beynin tipik olarak nasıl çalıştığına odaklanır. Bu tür incelemelerin hepsi bir norm ortaya koymak amacıyla, çok sayıda denegi kapsar. Bu normatif işlevleri anlamada sağlam bir temele kavuştuktan sonra, bireyler arasındaki değişkenliklerin benliği ya da kişiliği açıklayıcı benzersiz nitelikleri nasıl belirlediği konusunda sorular yöneltebiliriz. Bu sorular biraz farklı bir yaklaşımı gerektirir –çok sayıda denekte tek bir ölçüm yerine, tek bir kişide çok sayıda ölçümün yapılmasına dayanan bir yaklaşım.

Mevcut teknikler bize insanların beyinde ve zihninde olup biten şeyleri değerlendirmek için güçlü araçlar sunuyor. Bu tekniklerin gelişmesiyle birlikte, böyle araştırmaların bize anlatacağı şeylere toplum olarak hazır olup olmadığımızı sormamız gerekecek. Beynin içine bakmak ve bir kişinin düşüncelerini ya da duygularını anlamak –sözgelimi bir kişinin bir katil, çocuk tacizcisi ya da tecavüzcü olmaya yatkınlığını kestirmek– mümkün hale geldiğinde, bu bilgilerle ne yapacağız?

Belleği Yönetmek

Belleğinize yeni bir anı işlediğiniz her seferde, beyninizin sinir donatımını, yani sinaptik bağlantılılığını yeniden düzenlersiniz. İster bu sabah dolaptan çıkardığınız çorapların rengi kadar sıradan, isterse de annenizin sesi kadar önemli bir şey söz konusu olsun, bellek nöronlar arasındaki bağlantıları yeniden düzenleyen bir süreçtir. Basitçe belirtmek gerekirse, bu iş şöyle olur: Bir deneyimde aktif olarak yer alan nöronlar, genleri aktiveştiren belli kimyasal değişimlerden ge-

çer ve böylece bu aktif hücrelerin içinde protein sentezini başlatır. Daha sonra proteinler aktif hücrelerin üstündeki aktif sinapslara gönderilir ve sadece o sinapsların bağlantılı oldukları nöronlardan iletiler alma becerisini değişime uğratarır. Bellek bu tür değişimlerde şekillenir. Halihazırda bildiklerimiz göz önünde tutulursa, yakın gelecekte belleği çeşitli bakımlardan yönetmenin mümkün hale gelmesini bekleyebiliriz.

İnsan ömrünün uzamasıyla birlikte, yaşla ilintili bellek sorunları çeken insanların sayısı da artıyor. Bu sorunlar Alzheimer hastalığına ve başka belli nörolojik durumlara yakalanmış insanlarda en belirgin biçimde ortaya çıkar; ama bellek belirli beyin bozukluklarının bulunmadığı yaşlı insanlarda da sürçer. Bilimciler günümüzde deniz salyan-gozları, sinekler, fareler, tavşanlar ve maymunlar gibi değişik hayvanlara dönük bellek incelemelerinden elde edilmiş bilgileri kullanarak insan belleğini geliştirecek yollar bulmaya çalışıyor. Örneğin, birçok bellek biçiminin sinir ileticisi glütamata ve alıcılarına dayandığı saptanmıştır. Dolayısıyla belleği geliştirme stratejilerinden biri glütamat iletimini kolaylaştırıcı ilaçlar bulmaya yöneliktir. Dahası, bellek oluşumunda önemli bir adım kimyasal iyonların (özellikle kalsiyum) glütamat alıcıları aracılığıyla nöronlara akışıdır; kalsiyum düzeyindeki yükseliş moleküllerin aktifleşmesine yol açar ve bu da genleri aktifleştirir. Beyin hücreleri içindeki bu süreçleri hedef alan ilaçların hazırlanması –yani, belleğin temelindeki sinaptik donatımı kararlı kılıcı proteinleri yapan genleri aktifleştirme gücünü arttırma çabası– bellek işlevini geliştirmek için başka bir strateji sunuyor.

Peki, Alzheimer hastalığı gibi nörolojik sorunları olan insanların beynini düzeltmek için ne yapılabilir? Yetişkin be-

ynlerde bilinçli hatırlama yetisi açısından kilit öneme sahip bir beyin bölgesi olan hipokampusta yeni nöronların yapıldığının anlaşılması yeni bir umut veriyor. Bu hücreler bozulan bellek devreleriyle bağlantı kurmaya ve böylece işleyişlerine katılmaya bir şekilde yönlendirilebilirse, bellek işlevi belki eski durumuna geri getirilebilir. Ve de ABD federal yönetimi araştırmacıların elini kolunu bağlamaktan vazgeçerse ve kök hücre araştırmalarını daha serbestçe sürdürmelerine izin verirse, Alzheimer gibi durumların bunlara yatkın insanlarda ortaya çıkmasını önlemek mümkün olabilir.

Beyin biliminin önemli bir etkide bulunabileceği bir başka alan, istenmeyen anıların, özellikle travmaya bağlı anıların önlenmesi ya da bertaraf edilmesidir. Böyle anılar travma sonrası stres bozukluğu gibi durumların özünü oluştururlar; kısa devre yapmaları sağlanırsa, bozukluk bir ölçüde iyileştirilebilir. Araştırmacılar daha oluşma ve oturma sırasında anıların akıbetini değiştirecek yollar ortaya koymuşlardır; bu durum yüksek stresli bir olaydan kısa bir süre sonra verilebilecek ve böylece travmatik anıların oluşmasını önleyecek ilaçları geliştirmenin önünü açabilir. Ama bellek oluşumunda oturma sürecinin –proteinleri yapmak ve kullanmak için gerekli süre olarak– birkaç saatte tamamlanması nedeniyle, bu yaklaşımın sınırlı bir uygulama alanı olacaktır. Yine de bir alternatif bulunabilir.

Fareler üzerindeki yeni incelemeler, yaşanan olayı hatırlama sürecinde beynin ilgili anı yerindeki proteinlere müdahale edilmesi halinde, oturmuş belirli anıların bozulabileceğini göstermiştir. Ama insanlarda öteki anılara dokunmaksızın travmatik anıları söküp atabilmek açısından, etkili ilacın travmatik anıyla ilgili alanları hedef alması gerekecektir. Bu da travma sonrası stres bozukluğunda travmatik anının

oluşum yerini bulmamızı ve ayrıca ilacı o bölgeyle kısıtlamak için bir yol bulmamızı gerekli kılacaktır. Bu hususları birazdan ele alacağız.

Elbette, insanlarda rahatsız edici anıları zayıflatmak ya da ortadan kaldırmak mümkün hale gelse bile, bu öyle hafife alınarak yapılacak bir şey değildir. Yıllarca ölüm kampı anılarıyla yaşamış bir Yahudi soykırımını mağdurunu düşünün. Bu anılar hiç kuşkusuz mağdurun kişiliğinin bir parçası olarak kökleşmiştir. Söz konusu kişi böyle anılar yüzünden ağır sıkıntılar çekmiş olabilir. Ama hayatının bu kadar önemli bir parçası haline gelmiş bir olaylar dizisi alınıp çıkarılırsa, kişiliğinin dokusuna ne olacaktır acaba?

Bilimsel ilerlemeler bazen günlük hayatın parçası haline gelir. Dolayısıyla belirli bir deneyime beyninizde özellikle güçlü bir canlandırma kazandırmak için reçetesiz ilaçların kullanıldığı bir dönemi görebiliriz. Bir yaş gününü ya da evlilik yıldönümünü özellikle canlı hatırlamak istediğinizi varsayın. Partiden hemen önce, glutamatın ya da diğer moleküllerin daha randımanlı çalışmasını sağlayan bir hapi ağzınıza atmanız yeter. Olup biten herşey beyin devrelerinize pırıl pırıl ayrıntılarla kazınacaktır.

Eğlenceye dönük yeniden donatım görüldüğü kadar zorlama bir şey değildir. Yaşadığımız olayların duygusal etkisini arttırmak ve bunlarla ilgili anılarımızı canlı ve kalıcı kılmak amacıyla, her zaman durumları uygun biçimde ayarlarız. Bir ilaç almak aynı şeyi yapmanın sadece farklı bir yoludur. Evlilik yıldönümünüzde eşinize bir demet çiçek yerine bir hap vermek daha az romantiktir; ama hap istenen sonuca (unutulmaz bir akşama) daha etkili varmayı sağlayabilir. Yahut işi sağlama bağlamak için hem hapa, hem de çiçek demetine başvurma yoluna gidebilirsiniz.

Akıllı İlaçlar

Macbeth kedere karşı “tatlı bir unutkanlık panzehiri” hasretiyle yanıp tutuşmuştu. Şimdi depresyonu ve diğer psikiyatrik bozuklukları tedaviye yardım etmede oldukça başarılı bir dizi ilaç var elimizde. Ama ilaçların yan etkiler denen bir bedeli de var. Elli yıl sonra veya daha kısa bir süre içinde, ilaçlar beyindeki sorunlu şebekeleri diğerlerine etkide bulunmaksızın tedavi edecek. Böyle ilaçları yaratmak için, birkaç gelişmenin yaşanması gerekiyor.

Öncelikle belirli bozukluklarda tam olarak hangi şebekelerde sorun çıktığını öğrenmemiz gerekecek. Beyin görünümlüme bu anlamda daha şimdiden yararlı sonuçlar vermeye başlıyor. İncelemeler depresyon, bulantı bozuklukları ya da şizofreni geçiren insanlar ile bu ıstırapları çekmeyen insanlar arasındaki beyin farklılıklarını gösteriyor. Ama bu farklılıklardan bir anlam çıkarmak için, saptanan alanların normal işlevi hakkında daha fazla şey öğrenmeliyiz.

Örneğin, mevcut hayvan ve insan verileri göz önünde tutulduğunda, korkuyla ilintili bozuklukların (panik atak, travma sonrası stres bozukluğu, genelleşmiş bulantı, fobiler, paranoid şizofreni) beyindeki koku şebekelerinin normal işleyişinde ve diğer şebekelerle etkileşiminde ortaya çıkan değişimlerden kaynaklandığını belirtmek, makul bir varsayımdır. Daha önce gördüğümüz üzere, amigdalanın bu şebekelerin kilit bir parçası olması nedeniyle, amigdala işlevindeki değişimler bulantının belli yönlerini açıklayabilir. Belirli koşullarda amigdalanın aşırı duyarlılık kazanarak, başka bir kişinin aldırmayacağı bir durumu tehlike sayma-

sından ve buna savunma tepkisi vermesinden dolayı, aşırı ve yersiz korku ortaya çıkabilir. Amigdala çok fazla tepkici davranarak, başka bir kişinin aynı derecede bir tehdit karşısında göstereceğinden daha sıkı bir savunmaya geçmesi de mümkündür. Genetik donatıma, yaşanan travmatik ya da başka stresli olaylara veya her ikisinin bir bileşimine bağlı olarak, bu durumlardan biri ortaya çıkabilir. Dahası, bağlantılı diğer beyin bölgelerinin amigdala işlevini düzenleme biçimi her iki etkiyi daha öne çıkarabilir. Ve farklı durumlar amigdala içindeki veya amigdala ile diğer alanlar arasındaki devrelerin farklı değişimlerine bağlı olabilir. Görüntüleme incelemelerinde amigdalanın (ya da başka bir alanın) bunaltı bozukluklarından etkilendiğinin belirlenmesi halinde, söz konusu bölgenin işlevini ve diğer sistemlerle etkileşimini açıklığa kavuşturmak, yeni tedavi stratejilerini bulmada temel önem taşıyacaktır. Ama şimdi bile, görüntüleme incelemeleri bunaltı gibi insana özgü durumlarda belli beyin bölgelerinin tutulduğunu gösterdiğinde, söz konusu bölgedeki hücreler ve sinapslar düzeyinde ayrıntılı sinir mekanizmalarını anlamak açısından, hayvanlar üzerindeki incelemeler önemini koruyor; sonuç olarak, yeni ve daha iyi ilaç tedavilerinin geliştirilmesi bu düzeydeki bilgilere bağlı.

İnsanlara dönük görüntüleme incelemelerinin belirli bir durumda spesifik şebekelerin işin içine girdiğini belirlemesinden ve hayvanlar üzerindeki incelemelerin söz konusu şebekelerin ayrıntılı düzenlenişini aydınlatmasından sonra, etkilenen devreleri hedef alacak ilaçları arayabiliriz. Stratejilerden biri moleküler genetikteki ilerlemelerden yararlanmaya dayanacaktır: Sadece amigdalada açığa vurulan veya belirli bir biçimde açığa vurulan bir molekülü saptayabilirsek, bir ilacı çözmek için bu molekülü bir anahtar olarak

kullanmak mümkün olabilir. Yani, ilaç yine ağızdan alınacak ve birçok beyin bölgesine varmak üzere kan dolaşımında yine geniş çapta dolaşacaktır; ne var ki, moleküler paketlenmesi nedeniyle, beyin bölgelerinin çoğunda etkisiz olacaktır. Ancak moleküler anahtarla karşılaştığında aktif hale gelecektir, ki bu varsayımsal örnekte bu anahtar yalnız amigdala da mevcuttur. Böyle bir ilaç diğer beyin bölgelerini etkilemeksizin anormal amigdala işlevini düzeltmeye katkıda bulunabilir ve yaygın ilaç etkisinin yol açtığı istenmeyen psikolojik yan etkileri azaltabilir. Ama amigdalanın “normal” beyin işlevlerine de katılması nedeniyle, asıl güçlük bozulmuş işlevlere seçici bir şekilde saldırmanın bir yolunu bulmak olacak.

Amigdala Savunması

Birçok beyin bölgesi gibi, amigdala da işini bizim bilinçli kavrayış alanımızın dışında görür. Amigdala aktifleşmesinin doğurduğu sonuçların farkına varabiliriz, ama iç işleyişini bilinçli bir şekilde kavrayamayız. Amigdalanın bilinç dışı denetim altındaki duygusal tepkileri açığa vurmaya kısıtlanabilmesi nedeniyle, amigdalanın bilinçsizce bir suç işleyebilmesi olasılığı ortaya çıkar – bilinçli kişinin asla kasıtlı olarak göz yummayacağı bir suç. Bu olasılık avukatların dikkatinden kaçmamıştır. Hukuk sistemi başka bakımlardan yasalara saygılı ve makul bir kişinin rasyonellikten ya da aklı başında düşünmekten bir sapma sırasında suç işlediği durumlar için kullanılan “öfkeye bağlı suçlar” kavramını uzun bir süreden beri kabul ediyor. “Amigdala savunması” böyle bir sava nörolojik bir gerekçe kazandırıyor. Beynin

nasıl çalıştığı konusunda daha fazla şey öğrenmemizle ve avukatların bulunan şeyleri daha fazla öğrenmesiyle birlikte, nörolojik temelli savunmalar gittikçe daha sık görülecek. Bu bakımdan, amigdala savunmasıyla neyi kastettiğime ya-
kından bakalım.

Birincisi, amigdala savunması patolojik beyin savunması diyebileceğimiz ilişkili bir konuyla karıştırılmamalıdır. İkinci durumda öne sürülen sav, kişinin beynindeki maddi bir değişimden dolayı bir suç işlediğidir. Amigdala savunması ise amigdalanın normalde duygusal davranışları bilinçsiz bir tarzda denetlediği ve bunun bir sonucu olarak, bilinçli düşünmeden bağımsız bir şekilde suç işlemesinin mümkün olduğu anlayışına dayanır. Belli kışkırtıcı ortamlarda amigdalanın saldırganca bir eylemi bilinçli denetimden bağımsız olarak denetleyebildiği açıktır; ancak amigdala savunmasının işe yaraması için, birkaç ölçüte uyması gerekir.

Amigdalanın önemli görevlerinden biri, ani bir tehlike karşısında koruyucu tepkileri hızla başlatmasıdır. Ama uyarım bir süreden beri mevcutsa ve bilinçli olarak algılanmışsa, genellikle davranışlar beyin kabuğunun devreye girdiği daha yüksek düşünme süreçlerinin denetimi altına girer. Dahası, amigdalanın yönlendirdiği tepkiler kalıplaşmış bir tarzda –yani, bütün canlı türlerinde görülen duruma benzer şekilde– yerine getirilen hızlı, basit, doğuştan gelme (yapıyla bağlantılı) tepkilerdir. Bu bakımdan bir eylem kasıtlıysa, nispeten yavaş (milisaniyelerden çok saniyelerle ölçülecek bir sürede) dışa vurulmuşsa, karmaşık bir hareketler dizisine dayanıyorsa ve farklı insanlarca farklı biçimlerde işlenecek nitelikteyse, muhtemelen doğrudan amigdalanın denetimi altında gerçekleşmemiştir. Amigdala daha karmaşık olan bu tepkileri dolaylı olarak etkileyebilir ya da ayarlaya-

bilir; ama bunlar sonuçta diğer beyin sistemlerinin işidir. Öyle anlaşıyor ki, amigdala savunmasının sonuç vermesi için suçun, kışkırtmanın ortaya çıkışı üzerine tasarlanmaksızın anında gösterilen nispeten basit, doğuştan gelme, kalıplaşmış bir tepkiye dayanması gerekecektir.

Çok az suçun amigdala savunmasından sonuç almak için gerekli ölçütlere uyacağı kanısındayım. Ne var ki, amigdala dışındaki birçok beyin sisteminin bilinçdışı bir yoldan işlediği gittikçe daha belirgin olarak görülüyor; hatta bilincin dahi beyin şebekelerinin bilinçdışı işleyişinin ürünü olduğu anlaşıyor. Bu durum terim olarak yanlış olsa bile, amigdala savunmasının özünde hâlâ geçerli olabileceği ihtimalini gündeme getiriyor. Yine de insan sorumluluğunun niteliğini ve sınırlarını gözden geçirmemizin gerekli olup olmayacağı, beyinde bilinçli denetim ile bilinçdışı denetim arasındaki dengeyle ilgili olarak gelecekte varacağımız buluşlara bağlı olacaktır. Bu buluşların önümüzdeki elli yılda ortaya çıkması da yüksek bir olasılıktır.

JOSEPH LEDOUX New York Üniversitesi Sinir Bilimi Merkezi'nde Henry ve Lucy Moses Kürsüsü profesörüdür. Duygularımızı beynin biyolojik durumları olarak anlama yönünde uzun süre çalışmıştır. Duygusal deneyimde (önceden genetik belirleme yaklaşımının tersine) öğrenmenin ve belleğin rolüne ağırlık veren çalışmaları, duygusal deneyimlere ilişkin anıların sinaptik olaylarla ilişkisini ortaya koymaya yöneliktir. En son kitabı *Synaptic Self: How Our Brains Become Who We Are*'dır [Sinaptik Benlik: Beyinlerimiz Olduğumuz Kişiye Nasıl Dönüşür]. Ayrıca *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life* (Duygusal Beyin: Duygusal Yaşamın Gizemli Temelleri, çev: Anita Tatlıer, İstanbul: Pegasus Yayınları, Ağustos 2006); *The Integrated Mind* [Bütünleşmiş Zihin] (Michael Gazzaniga'yla birlikte) ve *Mind and Brain: Dialogues in Cognitive Neuroscience* [Zihin ve Beyin: Bilişsel Nörobilimde Diyaloglar] (W. Hirst'le birlikte editör) gibi kitapları vardır.

JUDITH RICH HARRIS

2050'den Bakışla Bizi Biz Yapan Özellikler

Çocuk Gelişimi Araştırmaları Derneği'nin hayattaki en yaşlı üyesi sıfatıyla (laf aramızda, Şubat'ta 112 yaşına bastım), son elli yılda, yani yirmi birinci yüzyılın ilk yarısında alanımızdaki bilimsel ilerlemeleri rapor etmem istendi. Ancak, çocukları ele almadan önce, benim gibi yaşlı insanlar üzerine birkaç söz etmek isterim. Bu kuruluşun mensuplarının bilincinde olduğu gibi, yaşlanma da bir tür gelişme-dir. Bana kalırsa, bu yüzyılın en önemli bilimsel ilerlemeleri arasında, beyinde Alzheimer hastalığıyla bağlantılı değişimleri önleyebilen ve hatta bir ölçüde tersine çevirebilen ilaçların bulunmasıydı. Her ne kadar belleğimin kusursuz olduğunu taslayacak durumda olmasam da (bu raporda yer alması gerektiği kanısını taşıdığınız bir şeyi atlayacak olursam kusuruma bakmayın lütfen), bizzat beni bugün buraya çağırmanız ve belleğimdeki kalanları aktarmamı istemeniz söz konusu ilaçların yararlı olduğunun bir delili sayılır.

Bunu belirttikten sonra, belirlenmiş olan konuma döneyim: Son elli yılda çocuk gelişiminde sağlanan ilerlemeler. Yirmi birinci yüzyıl başladığında, gelişim uzmanları bütün normal çocuklar açısından temelde aynı olan gelişim özellikleri hakkında epeyce şey öğrenmiş durumdaydı zaten. Çocukların düşünmeyi, konuşmayı, okumayı vs. nasıl öğ-

rendiğini anlamada iyi ilerleme sağlanmıştı. Ama çocukların niçin birbirlerinden farklı yetiştikleri –bir çocuğun sevecen ve dürüst, başka bir çocuğun ise saldırgan ya da atılğan bir yetişkine dönüşmesinin ardındaki sebepler– konusunda çok az şey bilinmekteydi. Yirminci yüzyılın (o sırada kendilerine “gelişim psikologları” diyen) gelişim uzmanları davranış ve kişilikteki bireysel farklılıkların kaynaklarını anladıklarını sanıyorlardı. Oysa şimdi bildiğimiz üzere, büyük ölçüde yanılğı içindeydiler. Bu bakımdan, yirmi birinci yüzyılda en önemli ilerlemelerin yapı bakımından insanların neden farklılıklar taşıdıklarını anlamada ve anlayışı işe yarar kılmada sağlandığını söyleyebiliriz.

Bu ilerlemeleri anlatmadan önce, sanırım, önceki yüzyılda bu alanda çok az ilerleme sağlanmasının sebeplerine bakmak aydınlatıcı olacaktır. Asıl sebepler genetik bilimine duyulan bükülmesi ve köhne araştırma tekniklerinin kullanılmasıydı. 2000 yılına varıldığında, gelişim uzmanları bebeklerin doğuşta hiç de aynı olmadığı, her birinin büyük ölçüde genetik kökenli ayrı özelliklerle doğduğu görüşünü istemeyerek de olsa kabul etmişlerdi. Ama hâlâ 1950’lerde ortaya çıkmış bir araştırma yöntemini kullanıyorlardı ve bu yöntem bütün bebeklerin hayata aynı şekilde başladığı varsayımına dayalıydı!

Anlayacağınız, 1950’lerde gelişim uzmanlarının çoğu yeni doğmuş bütün bebeklerin aynı olduğuna ve dolayısıyla daha ileri yaşta aralarında saptanan farklılıkların doğduktan sonra yaşadıkları şeylerdeki farklılıklara, yani ortam farklılıklarına bağlı olması gerektiğine gerçekten inanıyorlardı. O dönemde ortaya çıkan araştırma yöntemi bu varsayım çerçevesinde anlamlıydı; ama ne yazık ki varsayımın çöpe atılmasından sonra da uzun süre kullanılmaya devam etti.

Yöntem basitti. Buna göre, “sosyalleşme araştırmaları” denen alandaki gelişim uzmanları ortamın ve çocuklardaki gelişimin bazı yönlerini ölçeceklerdi. Ardından ortam ölçümleri ve gelişim ölçümleri arasında korelasyonlar bulmaya çalışacaklardı. Daha sonra da vardıkları bulguları bildiricekleri: Örneğin, ebeveynlerinin kendilerine çokça kitap okuduğu çocuklar genelde daha iyi okurdu; ebeveynlerinin çokça dövdüğü çocuklar genelde daha saldırgandı; ebeveynlerinin açık konuştuğu gençlerin çeşitli ergenlik sorunlarını yaşama olasılığı daha düşüktü. Son adım ise bulguları ebeveynlere dönük öğütlere çevirmektir: Okulda başarılı olmalarını istiyorsanız, çocuklarınıza kitap okuyun. Saldırgan olmalarını istemiyorsanız, onları dövmekten kaçının. Başlarının derde girmesini istemiyorsanız, onlarla açık konuşmalara sıkça başvurun. ABD federal yönetimi bu tür araştırmalar yürütsünler ve bu öğütlerde bulunsunlar diye, araştırmacılara yüksek meblağda paralar ödüyordu düpedüz!

Evet, bugün gülebiliriz, ama o sırada ciddi bir konuydu bu. Yirminci yüzyıl sonlarının gelişim uzmanları, o dönemde popüler olan bir tabirle “yadsıma özürlü” sayılırlardı. Genlerin ölçtükleri sonuçlara önemli bir katkıda bulunması halinde, araştırma sonuçlarının yoruma elverişsiz olacağı gerçeğiyle yüzleşmemişlerdi. Çocuklarda genlerin bulunduğunu kabul etmekle birlikte, çocukların ebeveynlerinden kalıtımla genler aldıklarını ve dolayısıyla sırf genetik sebeplere bağlı olarak, genelde biyolojik ebeveynlerine birçok bakımdan –sözgelimi zeka, saldırganlık ve dürüstlük bakımından– benzediklerini henüz kabul etmemişlerdi.

Gelişim uzmanlarının bu apaçık gerçeği teslim etmeleri niçin bu kadar uzun zaman aldı? Ne de olsa, daha iyi tekniklerin kullanıldığı incelemeler bazı şeyleri atlayarak yanlış

sonuçlara vardıklarını gösterecek yeterli veriyi çoktan ortaya koymuştu. O sırada davranışsal genetik denen (ve şimdi alt-disiplinlerinin adlarıyla daha iyi tanınan) alandaki araştırmacılar, yirminci yüzyıl gelişim uzmanlarının rapora dökmekten çok hoşlandığı korelasyonların biyolojik ailelerin mensupları arasındaki genetik benzerlikler temelinde neredeyse bütünüyle açıklanabileceğini göstermişti. Evlatlık çocuk alınmış ailelere bakıldığında, böyle korelasyonlar ortadan kalkmaktaydı. Ama söz konusu sonuçlar ve bunları anlayan kişilerce yazılan uyarı yazıları büyük ölçüde gözardı edildi.

Yüzyılın bitimine doğru böyle uyarılarda bulunarak nefesini boşa tüketen kişilerden biri de bendim. Birileri 1998’de çıkan *The Nurture Assumption* [Büyüme Varsayımı] adlı kitabımın “psikoloji tarihinde bir dönüm noktası” olacağı öngörüsünde bulunmuştu, ama heyhat, öyle olmadı. O kadar büyük bir gemi öyle birdenbire yön değiştiremezdi. O dönemde büyük itibar gören ve statüko sayesinde rahatı gayet yerinde olan akademisyenlerin serdümenliği altında tam istim ileriye gitmekteydi. Yeni bir istikamete dönmesi için birçok dürtüye gerek vardı. Eğer doğru hatırlıyorsam, ilk dürtüş benimkinden birkaç yıl önce çıkan bir kitaptı: David Rowe’un yazdığı *The Limits of Family Influence* [Ailenin Etkisinin Sınırları]. Yeni yüzyıla girişimizden kısa bir süre sonra Steven Pinker’in *The Blank Slate* [Boş Tahta] kitabı çıktı. Aradan birkaç yıl geçince, Robert Plomin’in bir kitabı boy gösterdi. Daha sonraları Eldrick Woods ve Abigail Valk’ın katkıları geldi. (Tarihe bir kenar notu düşeyim, bazılarınız Woods’un daha önce şampiyon bir golfçu olarak kariyer yaptığını bilmeyebilir. Abigail ise, malumunuz, bu kuruluşun önceki başkanlarından biri ve ayrıca benim torunum.)

Fakat en büyük dürtüş gelişim psikolojisi, pardon, doğru adıyla gelişim bilimi alanının dışından geldi. İnsan genomunun çözülmesi genetik araştırmalarına muazzam bir hız verdi ve bu durum genlerdeki ufak farklılıkların insanların kişiliklerinde ve bilişsel yetilerinde bariz farklılıklar yaratabileceğinin önce rağbet görmesini ve daha sonra anlaşılmasını sağladı. Araştırmacılar çocuğun beraberinde ortama getirdiği ayırıcı özellikler ve yatkınlıklar bilinmediği sürece, *ortamın* bir çocuğun gelişimini nasıl etkilediğinin kestirilemeyeceği gerçeğiyle sonunda yüzleşti. Genlere dönük kontrole girişmeksizin, sadece gelişimin sonuçlarına bakan araştırmalar bize hiçbir şey anlatamaz.

Şimdi çeşitli gen bileşimlerini aramak üzere bir kişinin genomunu tarama yoluyla, genetik etkilerin birçok türüne dönük doğrudan kontrollere başvurabiliyoruz. Ama uzun bir süre, genetik etkilere dönük kontroller evlatlıkları ya da ikizleri inceleme gibi daha zahmetli yöntemlere başvurulmasını gerektirdi. Bu yöntemlerin daha verimli olduğunun açık seçik görülmesine karşın, daha eski yöntemler yıllarca sürdürüldü, ta ki 2016'da ABD federal yönetiminin ağırlığını ortaya koymasına ve genetik kontrollere yer vermeyen gelişim araştırmalarına artık fon vermekten kaçınmasına kadar. Bu karar sadece yararsız araştırmalara son verdiği için değil, eski kuşak gelişim uzmanlarının birçoğunu emekliye ayrılmak zorunda bıraktığı için alanda bir devrim yarattı.

Alanımızın yeni istikametlere yönelmesine katkıda bulunan başka etkenler de vardı elbette. Birine daha değineceğim: Paleoantropolojinin keşiflerinden elde edilen bilgiler. Bunların en önemlisi 2021'de, eee, dur bakayım neresiydi, ha, İskandinavya veya o civarda bir yerde eriyen bir buzul-

dan çıkan şeydi. Buzda yirmi yedi bin yıl önce ölmüş eski bir Avrupalının cesedi bulundu. Ama büyük gürültü kopmasının sebebi Avrupalının kendisi değil, üstündeki giysiydi. Postu ilk başta kimsenin hangi hayvana ait olduğunu çıkaramadığı güzel ve kalın bir kürkten yapılmıştı. Evet, bildiğiniz gibi, kürkün bir Neandertal, daha kesin ifadeyle üç Neandertal insanına ait olduğu anlaşıldı.

Bu keşif insansıların evrimine ve tarihine ilişkin fikirlerin köklü biçimde gözden geçirilmesini getirdi. Paleoantropologların daha önce farkına varmış olmaları gereken bir şeyi gözler önüne serdi: Neandertaller kürklüydü. Buz Çağı Avrupa'sında kalın bir kürk olmadan varlıklarını uzun zaman sürdürmeleri *mümkün* değildi; omuzların üstüne sarılmış bir geyik derisi o hava koşullarından yeterli biçimde korumalarını düpedüz sağlayamazdı ve iğneyi icat etmediklerinden, elbise dikmeyi de bilmiyorlardı. Atalarımızın Neandertalleri sadece bir besin kaynağı olarak değil (onların da bize karşı aynı tutum içinde olması nedeniyle, böyle bir şey belki mazur gösterilebilirdi), aynı zamanda bir giysi kaynağı olarak gördüklerini kabul etmek insanlar için ilk başta zor oldu.

Her ne kadar keşif zaten bildiğimiz bir şeyi –bir yırtıcı hayvan, hem de dünyanın şimdiye kadar gördüğü en öldürücü cinsten bir yırtıcı olduğumuz gerçeğini– kanıtlasa da, sonuç itibarıyla insan doğasına daha gerçekçi bir bakışı sağladı. Romantik “soylu vahşi” anlayışı nihayet tarihin çöplüğüne atıldı; atalarımızın vahşi oldukları doğrudu, ama hiç de soylu falan değillerdi. Bugün vardığımız noktaya “iyi adam” olarak gelmemiştik.

Bununla birlikte, doğru koşullar altında “iyi adam” olabileceğimiz açıktır. Araştırmacılar söz konusu koşulları be-

lirlemede epeyce mesafe almış bulunuyor, ama daha yapacak çok iş var.

Çocuk Gelişimi Konusunda Öğrendiğimiz Şeyler

Burada bulunan çoğu kişi çocuğun yaşadığı ortamın etkilerine daha çok ilgi duyarken, genetik üzerine çok konuştuğum için özür dilerim. Ama daha önce belirttiğim gibi, ortamın etkilerini açık seçik görebilmemiz için, önce genlerin etkilerini sıyırıp kaldırmalıyız. Yirmi birinci yüzyılın teknoloji ve metodolojisiyle, araştırmacılar bunu artık oldukça doğru biçimde yapabilir.

Bu araştırmalar bize şunu göstermiştir: Çocukların gelişimine ortamın gerçekten de önemli etkilerde bulunmasına karşın, bu yirminci yüzyıl gelişim uzmanlarının sandığı gibi işlemez. Onların teorilerini dayandırdığı korelasyonlardan çoğunun ya genlerin doğrudan etkileri olduğu –ebeveynlerin ve biyolojik çocuklarının benzer genom profilleri taşıdığı gerçeğini yansıttığı– ya da ebeveynlerin kendi çocuklarının davranışlarına gösterdikleri tepkilerden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Örneğin, ebeveynler söyledikleri herşeyi hor gören ya da sözlerine kulak vermekten kaçınan ergenlik çağındaki gençlerle açık konuşmaya daha az yatkındır. Sıkça görüldüğü gibi, böyle gençlerin başı zaten büyük olasılıkla derde girer. Ebeveynin açık konuşmaktaki yetersizliği ile gencin ahmakça şeyler yapma eğilimi arasında korelasyon vardır. Çünkü ikisinin de kaynağı aynıdır: Ergen kişiliği.

O halde asıl soru şudur: Ergen kişiliğini nasıl açıklayabiliriz? Neden genlerin biri makul, diğeri atılgan, biri sevimli,

diğeri hıncır oluyordu? Bu yüzyılın başlangıcından yıllar önce, herşeyin genlere bağlı olmadığını biliyorduk; genetik değişkenlik bireyler arasındaki kişilik değişkenliğinin ancak yarısını açıklayabilirdi. Ama kişilik gelişiminde genetik dışı etkiler hakkında çok az şey biliniyordu; çünkü araştırmaya ayrılan zaman ve paranın çoğu çıkmaz sokak oldukları anlaşılan konulara harcanmıştı.

Gelişim uzmanlarının sonunda kişilik ile bağlam arasındaki etkileşimi kavramasıyla bir atılım gerçekleşti. Kişiliğin bağlamdan güçlü biçimde etkilendiğinin, yani insanların farklı bağlamlarda farklı biçimde davrandığının farkına çoktan varılmıştı. Ama bir bağlamdan ötekine bazı aktarımlar vardır. Yirminci yüzyıl gelişim uzmanları bu aktarım olgusunu yanlış yorumladılar. Örneğin, bazı çocukların hem evde, hem de okulda sorunlu olduğunu görünce, çocuğun okulda sorun çıkarmasının evde yaşanan bir şeye bağlı olduğu sonucuna dosdoğru atladılar. Ama davranış üzerindeki genetik etkileri ve ortam etkilerini ayırmayı sağlayan metodolojiye kavuşmamızla birlikte, çocukların farklı bağlamlarda benzer şekilde davranma eğiliminin neredeyse tamamen davranış üzerindeki genetik etkilere bağlı olduğu açık seçik ortaya çıktı. Ortam etkileri bir durumdan başka bir duruma aktarılmaz (ancak durumlar benzerse, iki durumdaki ortam etkileri de benzer olur haliyle).

Bu noktanın anlaşılması, çocukluktaki ev ortamının neden çocukların gelişimine çok az etkide bulunuyormuş gibi görüldüğü gizemini açıklığa kavuşturdu. Aile içinde olup bitenler elbette önem taşır; ama bunun etkilerini görmek için, insanların kendi anne babalarına ve kardeşlerine nasıl davrandıklarını gözlemlemeniz gerekir. Yetişkinlik döneminde kişilik seyrek olarak bu koşullar altında değerlendirildi-

rildiğinden, çocukluktaki ev ortamının etkilerini doğal olarak yansıtmaz. Ebeveynlerin kendi çocuklarının kişiliği üzerinde uzun süreli etkiler bırakmamasının sebebi basittir: İnsanlar yetişkinlik yaşamlarını anne babalarının evinde geçirmezler.

Bu bakımdan, çocukluk ortamının yetişkin kişiliğini nasıl etkilediğini anlamak için, araştırmacılar çocukların ev dışında neler yaşadığına odaklanmalıydı. Çocuklar ev dışında yaşadığı neredeyse herşeyin bir farklılık yarattığı anlaşıldı –okuldaki ve mahalledeki deneyimler, öğretmenler ve akranların davranış biçimi vs. Kültürün önemli olduğunu önceden biliyorduk; ama kültürün ancak ebeveynler dışındaki bazı araçlarca aktarıldığında uzun süreli etkiler bıraktığını öğrendik. Eğer sadece ebeveynlerce aktarılırsa, çocuklar bunun kendi ev ve aile ortamlarına özgü olduğunu, başka yerlerde uygunsuz ya da yersiz olduğunu varsayarlar. Böylece ebeveynler şunu kavradı: Çocuklarına belirli bir kültürü aktarmak istiyorlarsa, onları ev içinde olduğu kadar ev dışında da bu kültürle karşılaşacakları bir yerde yetiştirmeleri gerekir. Çoğu ebeveyn zaten öyle yapıyordu, ama niçin işe yaradığını anlamak ilginçti.

Daha öğreneceğimiz çok şey var. Geçen yüzyılın sonunda, iyimser bir yaklaşımla kişilikte genetik dışı değişkenliğin (o sırada geçerli ifadeyle “paylaşılmayan ortam”a bağlanan değişkenliğin) kaynağının 2050’ye doğru büyük ölçüde bulunmuş olacağını sanıyordum. Ama şimdiye kadar ancak yarısına yakın bir kısmını açıklayabilmiş durumdayız, ki bu da kişilik değişkenliğinin yaklaşık dörtte birini hâlâ açıklayamamış halde bırakıyor. Açıklanamayan değişkenliğin bir ölçüde ortama bağlı olduğunu biliyoruz –incelenmesi zor ve kestirilmesi daha da zor bir gelişim sürecinde çocukların ba-

şına gelen ufak tefek şeyler. Değişkenliğin bir ölçüde de biyolojik –genetik dışı olsa dahi biyolojik– bir açıklaması var. Tam tamına aynı genlere sahip bebekler (tek yumurta ikizleri ya da klonlar) bile doğuşta kesinkes aynı değildir; parmak izleri nasıl biraz farklılık gösteriyorsa, beyinleri de öyledir. Araştırmacılar beyin oluşumundaki bu ince farklılıklara yol açan moleküler süreçlerin ve farklılıkların kişilik üzerindeki etkilerini halen inceliyorlar; ama bu çalışmalar henüz emekleme aşamasında.

Sonuç olarak, davranış biçimini ya da kişiliği kesinliğe yakın bir düzeyde hâlâ öngöremiyoruz. İnsanlar konu başka kişilerin davranışlarını öngörmeye gelince, bu kesinlikten yoksunluğu genelde can sıkıcı buluyorlar; ama başka kişilerin *kendi* davranışlarını öngörememelerinden bazı sebeplerle hoşlanıyorlar!

Öğrendiğimiz Şeylerden Yararlanma Yolu

Çocukların evde yaşadıkları şeylerin evdeki davranışlarını, evin dışında yaşadıkları şeylerin ise evin dışındaki davranışlarını etkilediğini biliyoruz. Bir çocuğun davranışları evde sorunlara yol açıyorsa, ebeveynlere daha etkili çocuk yetiştirme becerilerini öğreterek yardımcı olabiliriz. Bir çocuğun davranışları okulda sorunlara yol açıyorsa, bunun üstesinden gelmek okulun sorumluluğuna girer ve bu konuda da yardımcı olabiliriz. Örneğin, daha küçük, zayıf ya da silik çocukları canavarlar karşısında mağdur olmaktan nasıl koruyacağımızı öğrenmiş bulunuyoruz.

Çocukların ev dışında kararlı bir ortama ihtiyaç duyduğunu ve çok sık taşınmanın, yani ikide bir mahalle ya da

okul değiştirmenin onlar için kötü olduğunu öğrenmiş bulunuyoruz. Çocuklar özellikle kararlı bir akran grubuna gerek duyarlar; böylece ikide bir yeni akran grubunda kendine yer bulmak ve grubun davranış, giyim ve konuşma standartlarına uyum sağlamak zorunda kalmazlar. Anne baba ilişkilerindeki değişiklikler çocuğun aile dışındaki yaşamını bozmadığı sürece, çocuğun kaç ebeveyn tarafından yetiştirildiğinin (ve hele ebeveynin cinsiyetinin) pek fazla önem taşımadığını öğrenmiş bulunuyoruz. Yirminci yüzyıl ortalarında insanlar artık birlikte yaşamak istemedikleri için ayrılıp ailelerini dağıtan çiftlere nasıl kaç çatıyorduysa, yirmi birinci yüzyıl ortalarında da insanlar kendi rahatları için çocuklarını gezdirip duran ebeveynlere öyle kaç çatıyor.

Neyse ki, şimdilerde insanlar genellikle çocuk sahibi olmayı kararlı bir ev sağlayabilecek duruma gelinceye kadar erteliyorlar. Tıptaki ilerlemeler kaza gebeliklerine büyük ölçüde son vermiş durumda. Doğum kontrolündeki başarımızın sakıncası ise çok fazla çocuğumuzun olmaması. Devletlerden çoğunun üremeyi özendirmek için ellerinden geleni yapmasına karşın, dünyanın hemen her yanında nüfus azalıyor.

Çocuğun bakış açısından, bu bütünüyle olumlu bir gelişme. Öğretim görevlerine dönük yarış bütün öğretmenlerimizin yüksek vasıflı olmasını (ve de yüksek ücretler almasını) sağlıyor. Çocuklar daha küçük okullara gidiyor ve daha küçük sınıflarda ders görüyor; bu durum eğitimde apaçık görülenlerin ötesinde yararlı sonuçlar getiriyor. Eskiden gençler çok büyük liselerde okudukları için, hasım gruplara ayrılma eğilimini gösterirlerdi: Çalışkanlara karşı tembeller, spor tutkunlarına karşı spordan hoşlanmayanlar, esmer tenlilere karşı pembe tenliler. Bunun yarattığı etkiler çoğu

kez oldukça zararlıydı. Daha küçük okullarda ve daha küçük sınıflarda, böyle bir durumun ortaya çıkma olasılığı daha düşük. Ortaya çıksa bile, bunu nasıl çözeceğimizi öğrenmiş bulunuyoruz.

Edindiğimiz bilgilerin ebeveynler açısından olağanüstü yararları var. Yirminci yüzyılın ikinci yarısında anne babalık gerek önceki, gerekse sonraki döneme göre daha güç bir işti; çünkü “uzmanlar” insanlarda çocuklarının kırılgan ruh haline sahip olduğu ve yanlış bir adımın kalıcı zarar verebileceği kanısını uyandırmışlardı. Ebeveynler otoritelerini kullanmaktan çekiniyorlardı. Bedensel cezaya nadiren başvuruluyor, bunun yerine “mola” denen bir şey uygulanıyordu; oyun ve eğlenceden yoksun bırakmaya dayalı böyle bir cezaya anne babanın gözeticilik yapması çocuğun katlanışından daha zordu. Çocuklar kucaklamalara, öpücüklere, hediyelere, övgülere ve sevgi açıklamalarına boğuluyordu. Çocukların sınırsız ilgi ve övgü istediği gerçeği yanlış yorumlanarak, çocukların sınırsız ilgi ve övgüye *ihtiyaç* duyduğu şeklinde anlaşıyordu. O günlerde insanlar “doğal” olma konusunda epeyce atıyorlardı; oysa çocuk yetiştirme tarzları doğal eğilimlerine aykırı davranmalarını ve çoğu kez içlerinden gelmeyen sevecenliği sahte bir şekilde göstermelerini gerektiriyordu. Kendi arzularını bir yana bırakmaya mecburdular –hatta uyku ihtiyaçlarını bile.

Çocuk yetiştirme tarzları sertlikten hoşgörüyeye ve hoşgörüden sertliğe doğru periyodik dönüşümler geçirir. Sarkacın her iki yöndeki savruluşuna tanık olacak kadar uzun yaşadım. İnsanların elli yıl önce çocuklarını yetiştirme tarzı şimdi bize gülünç geliyor. Bugünün çocukları çok fazla sözlü ve bedensel sevgi görmüyorlar, ama gördükleri de içten bir sevgi. Evin dışında çocuklar günden güne ve yıldan yıla aynı

küçük akran grubuyla ilişkiye giriyor.

Oldukça tuhaf bir şekilde ortaya çıkan sonuç, birçok bakımdan bugünkü çocukluğun geçen yüzyılın sonunda tipik bir Amerikan evindeki çocukluktan ziyade, bir eskiçağ kabile ya da avcı-toplayıcı toplumundaki çocukluğa yakın bir benzerlik taşıması. Gerçi nedensel bir bağlantıyı kanıtlayamam, ama 2000'lerin başlarında bütün zamanların en yüksek düzeyine ulaşan çocukluk döneminde depresyon oranı şimdi gözle görülür biçimde düşmüş durumda.

Bu umut verici saptamayla raporuma son noktayı koyuyorum. Teşekkür ederim.

JUDITH RICH HARRIS bir yazar ve gelişim psikoloğudur. Eskiden çocuk gelişimi üzerine ders kitapları yazarken, okurlarına anlattığı şeylerin büyük bir bölümünün yanlış olduğunun farkına vardı bir gün. Ders kitapları yazmaktan vazgeçti ve bunun yerine yeni bir gelişim teorisini öneren bir makale yazdı. *Psychological Review* dergisinde yayımlanan makalesi ona Amerikan Psikoloji Derneği'nin 1998 George A. Miller Ödülü'nü kazandırdı. *The Nurture Assumption: Why Children Turn Out the Way They Do* [Büyüme Varsayımı: Çocuklar Neden Davrandıkları Gibi Olurlar] adlı kitabı 1999 Pulitzer Ödülü'nde finale kaldı.

SAMUEL BARONDES

İlaçlar, DNA ve Psikanaliz Divanı

Fransız ilaç şirketi Rhône-Poulenc'te çalışan bir kimyacı 1950'de bir anti-histaminin yapısında ufak bir değişiklik yaptı ve şizofrenili insanlarda psikozlu düşünme biçimini gideren bir ilacı tesadüfen yarattı. Yeni bileşik sakatlayıcı bir zihinsel bozukluğa karşı gerçek anlamda etkili ilk ilaç tedavisini sağladığı için, birkaç yıl içinde klorpromazin (Thorazine) adıyla dünya çapında üne kavuştu. Bu çarpıcı etkisinden dolayı, yirminci yüzyılın geri kalan bölümünde psikiyatri açısından yeni bir çağır açtı.

Klorpromazinin büyük başarısı diğer ilaç şirketlerini sıkı rekabete yöneltti. 1950'lerde yeni anti-psikoz ilaç tedavilerine dönük arayış başka türden iki psikiyatrik ilacın bulunmasını getirdi. Önce Geigy adlı bir İsviçre ilaç şirketi, anti-histaminlerinden birinin modifikasyona uğramış versiyonuyla psikoza karşı yararsız, ama ağır depresyonda yararlı olduğu anlaşılan bir ilaç elde etti. İmipramin (Tofranil) adı verilen bu ilaç, günümüzün birçok anti-depresanı için yolu açtı. Ardından Hoffman-La Roche adlı başka bir İsviçre şirketi, psikoza yararı dokunmamakla birlikte bunalıntıyı hafifleten klordiazepoksiti (Librium) yarattı. Çok geçmeden bunu başka bir benzodiazepin izledi; diazepam (Valium) adlı bu ilaç 1960'ların ortalarından başlayarak Amerika'da yak-

laşık on yıl boyunca en çok satılan ilaç haline geldi.

Bu ilaçların uyandırdığı heyecan, sinir ileticileri (sinir hücreleri arasında sinyalleri taşıyan beyin kimyasalları) üzerindeki etkilerini ortaya koyan bulgular sağanağıyla daha da arttı. 1970'lere varıldığında, klorpromazinin dopamin denen sinir ileticisinin belli etkilerini engellediği, imipraminin norepinefrin ve serotonin gibi birkaç sinir ileticisinin etkilerini güçlendirdiği ve diazepamının de gamma-aminobutirik asit (GABA) denen başka bir sinir ileticisinin etkilerini arttırdığı saptandı. Bunların hepsi davranışın duygusal yönlerini denetleyen beyin devrelerinde sinyal akışında bir değişimi sağladı.

Bu buluşlar sinir iletimi üzerinde benzer etkileri yaratacak, ama orijinallerine oranla tatsız yan etkilere daha az yol açacak başka kimyasallara dönük bir arayışı körükledi. Arayışın karşılığı hastaların tercihinin bırakılan yeni ilaç tedavileri yönünde bir furyayla alındı. En ünlü ilaç fluoksetin (Prozac) önceleri serotonin aracılığıyla sinir iletimini uzatan bir kimyasal olarak tanıtıldı; daha sonraları hem ağır, hem de orta derecede depresyonun tedavisi için etkili bir araç olduğu ortaya kondu. SSRI (seçici serotonin gerialım inhibitörü) adı verilen bu ilaç, serotoninin salan sinirlerin bu iletimi sona erdirmenin normal yolu olan gerialımını engelleme yoluyla serotoninin etkilerini uzatır. Sertralin (Zoloft), paroksetin (Paxil), fluvoksamin (Luvox) ve sitalopram (Celexa) gibi ilişkili ilaçlar kısa bir sürede piyasaya çıktı.

SSRI'larla ilgili tecrübenin artmasıyla birlikte, psikiyatrlar bu ilaç tedavilerinin depresyonlu olmayan insanlara da yarayabileceğinin farkına vardılar. Günümüzde SSRI'lar kışkırtılmamış panik ataklar (panik bozukluğu) ve önlene-meyen kaygı (genelleşmiş bunaltı bozukluğu) için yerleşik

bir tedavi biçimine dönüşmüş bulunuyor –kontrollü denemelerde plasebolarla kurallı karşılaştırmaların doğruladığı yararlı etkilere bunlar.

Bu ve diğer yeni ilaç tedavilerinin etkililiği psikiyatriyi dönüşüme uğrattı. Böyle ilaçların sahneye çıkışından önce, çoğu psikiyatr hastalarını sırf psikolojik çerçevede ele alır ve esas olarak psikoterapiyle iyileştirme üzerinde dururdu. Artık ilgi beyne yönelmiş bulunuyor ve psikiyatrik yaklaşım sıklıkla en az bir ilaç tedavisini kapsıyor. On milyonlarca Amerikalı psikiyatrik ilaçlar alıyor.

Fakat klorpromazin, imipramin ve klordiazepoksidin yerini alan ilaçlar yararlı olmakla birlikte, orijinallerinin biraz değiştirilmiş versiyonlarından başka bir şey değildir. Özünde hiçbirisi daha etkili değildir ve hepsinin istenmeyen bazı yan etkileri vardır. Sinir iletimi üzerindeki etkilerine ilişkin geniş çaplı bilgilere rağmen, yeni ilaçların geliştirilmesi hâlâ 1950’lerdeki benzer bir deneme-yanılma yaklaşımına dayanıyor.

Psikiyatride bir sonraki önemli adım günümüzde bu alanı tanımlayan ilaçların ve psikoterapi yöntemlerinin kusursuzlaştırılmasından gelmeyecek büyük olasılıkla. İnsanın genetik yapısındaki değişkenliklere ve bunların beyni etkileme yollarına ilişkin buluşlardan gelecek daha çok. Yirminci yüzyılın ilk yarısında psikanaliz divanlarında gizli ipuçlarının yakalanmasını sağlayan hayat öyküleri ve ikinci yarısında kokulu kimya laboratuvarlarının ürünleri psikiyatride nasıl yön verdiyse, önümüzdeki elli yılda da bireysel genetik farklılıklara ilişkin bilgiler psikiyatride yön verecek.

Bireysel genetik farklılıklara ilişkin bilgiler psikiyatri açısından böyle bir umudu barındırıyor. Çünkü temel bir soruya

cevap bulmamıza yardımcı olacak: Bozuk davranışa karşı gösterilen bireysel yatkınlığı belirleyen şey nedir? Bir kişinin geçmişte yaşadığı olaylar besbelli hayati bir rol oynar. Peki ama, bir kişi tekrarlanan zihinsel sıkıntıları aşarken, başka bir kişi neden sıkıntılı bir hale kolayca kapılır? Neden bir kişi depresyona, başka bir kişi sürekli bunaltıya, üçüncü bir kişi ise şizofreniye özgü içe kapanmaya ve kuruntulara saplanarak yenik düşer?

Elimizdeki en iyi ipucu bütün bu bozuk davranış kalıplarının ailelerde süreklilik göstermesidir. Örneğin, şizofrenik olma riskini ele alalım. Çoğu insanda karakteristik kalıpta semptomların ortaya çıkma olasılığı yaklaşık yüzde birdir. Ama şizofrenik bir ebeveyniniz ya da kardeşiniz varsa, ömrünüzde karşılaşacağınız risk sekiz kat daha yüksek olur. Aynı durum psikozun diğer önemli sebebi, çift kutuplu bozukluk olarak da bilinen manik-depresif rahatsızlık için de geçerlidir. Burada da genel risk yaklaşık yüzde birdir; ama bu bozukluğu yaşayan bir ebeveyninizin ya da kardeşinizin olması halinde, risk sekiz kat artar. Depresyon ve bunaltı bozuklukları da ailevidir.

Pek uzak olmayan bir geçmişte, ailelere dönük incelemeler hararetli tartışmaları kızıştırdı. Bir yanda bunları anormal davranış kalıplarının aileden öğrenildiği savının kanıtı, diğer yanda ise bunları zihinsel bozukluklara duyulan kalıtsal yatkınlık savının kanıtı sayanlar vardı. Şimdi çoğu kimse hem ortamın, hem de kalıtımın belirli bir rol oynadığı konusunda hemfikir. Kalıtımın önemini değerlendirmede atılacak en iyi adımın, tutulan almaşık gen biçimlerini bulmaya çalışmak olduğu konusunda da görüş birliği var.

Bu görüş birliğini sağlayan başlıca katalizör, aler ya da gen varyantı denen almaşık insan geni biçimlerini doğrudan

incelemeye yönelik sağlam tekniklerin geliştirilmesidir. DNA yapısındaki rasgele değişimlerle ortaya çıkan bu varyantlar, belirli rahatsızlıklara yatkınlıktaki farklılıkları da kapsamak üzere insan çeşitliliğinin birçok örneğinin ardında yatan etkindir. Ama yakın döneme kadar varyantların varlığı ancak çıkarsamayla saptanabiliyordu. Yeni teknikler bir insan özelliğine katkıda bulunan spesifik gen varyantlarını belirlemeyi mümkün kıldı. Doğanın ve eğitimin görece önemini tartışmak yerine, artık dikkatimizi bir rahatsızlığa duyulan bireysel yatkınlığa katkıda bulunan gen varyantlarına dönük bir arayışa çevirebiliriz.

Varyantları saptamanın bir yolu, rahatsızlığın görüldüğü ve görülmediği aile bireylerinin DNA yapılarını karşılaştırmaktır. Eğer rahatsızlığın görüldüğü bireylerde belirli bir gene özgü belli bir varyant varsa, korelasyon muhtemelen anlamlıdır. Eğer aynı varyant başka bir dizi ailenin etkilenen bireylerinde de saptanırsa, savın doğruluğu güçlenir. Bir noktada olasılık o kadar yükselir ki, söz konusu varyantın bir rol oynadığı görüşü benimsenir. İnsanın genetik yapısının ayrıntılarının çözüldüğü 1990'larda, belirli rahatsızlıklara yatkınlığı etkileyen bazı gen varyantları tam da bu yolla saptandı. En çok bilinen örneklerden biri, Alzheimer hastalığının elli yaşından önce başlayan ender tiplerine yakalanma riskini büyük ölçüde arttıran üç farklı gen varyantıdır. Hastalığın sebebi bir aile grubunda APP, bir başkasında PS1 ve bir üçüncüsünde PS2 denen gen varyantıydı.

Alzheimer hastalığının ender tiplerine yakalanma riskini arttıran gen varyantlarının bulunması, şizofreni, depresyon, manik depresyon ve diğer psikiyatrik bozukluklara dönük genetik incelemeleri canlandırmıştır. Bu incelemeleri son derece çekici kılan şey, hangi genlerin tutulduğuna ilişkin tah-

minlere bağılı olmamalarıdır; çünkü bozukluk ile herhangi bir insan geni varyantı arasındaki bir korelasyonu bulmak üzere belirlenmeleri mümkündür. İlk incelemelerden birçoğunun spesifik genlere, özellikle de sinir iletimini etkileyen genlere odaklanmasına karşın, zihinsel süreçlerin genetik denetimi konusunda o kadar az şey biliyoruz ki, işin içine başka gen tiplerinin girmesi şaşırtıcı olmayacaktır. Ne yazık ki, yıllardır süren uğraşlara rağmen, henüz hiçkimse bu zihinsel rahatsızlıklardan herhangi birinde riski kesinlikle arttıran bir gen varyantını bulabilmiş değil. Diyabet ve yüksek tansiyon gibi diğer yaygın bozukluklara dönük genetik incelemelerde de pek büyük bir başarı sağlanmış değil. İlerlemedeki bu yetersizliğin sebeplerinden biri, bütün bu illetler karşısındaki hassasiyeti tek bir gene ait varyantlardan ziyade, çok sayıda genden oluşan varyantların birleşik etkilerinin belirlemesidir. Mevcut teknolojinin sahiden de riske önemli bir etkisi olan APP, PS1 ya da PS2 gibi tekil genlerin ender varyantlarını saptamayı görece basitleştirmiş olmasına karşın, başka bir dizi gen varyantıyla birlikte aktarıldıkları durumlarda, risk arttırıcı gen varyantlarını bulmak hâlâ çok güçtür.

İnsan genomuna ilişkin bilgilerin sürekli artması sayesinde, bu güçlük kısa sürede azalacaktır. Bir süre önce insan DNA'sının ayrıntılı yapısının yayımlanması kritik bir ilk adımdır. Yaklaşık otuz bin insan geninden her birinin yaygın varyantlarını saptamak ve kataloğunu çıkarmak amacıyla, birçok insandan alınmış DNA örnekleri inceleniyor. Bu çalışma zihinsel bozukluklar karşısındaki duyarlılığı ortak bir işleyişle etkilemesi mümkün olan birçok gen varyantına dönük arayışı büyük ölçüde basitleştirecektir. Arayışı basitleştiren bir başka etken de bir kişinin DNA'sını ayrın-

tılı biçimde incelemeyi sağlayan yeni verimli tekniklerin bulunmasıdır. Bu teknikler bilgisayar çiplerinin halen süren gelişimini hatırlatan bir sürekli gelişim halindedir. DNA incelemelerinden elde edilen bilgi yığınlarını analiz etmede kullanılan bilgi işlem yöntemleri için de aynı şey söz konusudur.

Büyük miktarda DNA verilerini toplamaya ve değerlendirmeye yönelik teknolojinin evrimiyle birlikte, belirli zihinsel bozukluklara gösterilen yatkınlığı etkileyen gen varyantı grupları için geniş çaplı bir aramaya girişmek kısa sürede mümkün olacaktır. DNA analizi maliyetindeki düşüşün sürmesi halinde, görece küçük aile incelemelerinin ötesine geçebilir ve belirli bir bozukluğun görüldüğü, ama akrabalık bağı taşımayan binlerce insandan alınma DNA örneklerini titizlikle inceleyebiliriz. Böyle bir yoklama ilgili gen varyantlarını herhalde ortaya çıkaracak ve etkilenen bireylerin her birinde yalnız bazılarının bulunduğu görülecektir.

Gen varyantlarıyla ilgili bu veri yığını düzgün kullanmak için, sadece bozuk davranış kalıplarıyla değil, beyin özellikleriyle de korelasyonunu kurmak gerekecektir. Bireysel insan beyinlerindeki spesifik bölgelerin işlevlerini değerlendirmek üzere, işlevsel manyetik rezonans görüntüleme gibi birçok değişik yeni yöntem kullanılıyor artık. Gen varyantı kalıplarının bu ve diğer incelemelerin sonuçlarıyla korelasyonunu kurmak, günümüzde şizofreni ya da depresyon gibi tanı kategorileri altında gelişigüzel toplanan bozuklukların alt-tiplerini belirlemeyi getirecektir.

Genetik yapı bilgilerinin ve işlev incelemelerinin bir araya gelişi, gerçek anlamda yeni ilaç tedavileri için hedefler de sağlayacaktır; Alzheimer hastalığına dönük tedavi yöntemleri bulmada daha şimdiden başvurulana bir yaklaşımdır bu.

Halihazırda Alzheimer hastalığına dönük başlıca ilaçlar, asetilkolin denen bir sinir ileticisinin etkilerini uzatma yoluyla beyin işlevini iyileştirmektedir; bu aslında günümüzün SSRI gibi diğer bazı ilaçlarının etkilerine benzer bir mekanizmadır. Ender Alzheimer hastalığı vakalarında APP, PS1 ve PS2 varyantlarının saptanması, dikkatlerin alternatif ilaç hedeflerinin üzerinde toplanmasına yardımcı olmuştur. Sekretaz adlı beyin enzimleri beta-amiloid denen toksik bir protein parçasının üretiminde rol oynar; gen varyantları da bu proteinin birikimini birkaç farklı yoldan etkiler. Çeşitli ilaç şirketleri beta-amiloid birikimini azaltmada ve böylece beyin dejenerasyonunu durdurmada kullanmak üzere, sekretazları aktif olmaktan çıkaracak ilaçlar üzerinde çalışmaktadır.

DNA incelemeleri yeni ilaç hedeflerini bulmanın yanı sıra, SSRI gibi mevcut ilaçlardan yararlananları bunları kullananlardan ayırt eden gen varyantlarını da belirleyebilir. Bu ayrımlara bir kişiyi bir zihinsel bozukluğa yatkın kılan belirli varyantlar ve ilaçların beyini etkileme yollarını belirleyen başka varyantlar yol açıyor olabilir. Aynı DNA verileri ilaçların belli yan etkilerine duyarlılığı etkileyen gen varyantlarını da açığa çıkarabilir. Bütün bu genetik yapı bilgileri tek tek hastalar için tedavi yöntemlerinin seçilmesine yön verecektir.

DNA verilerinin yararlı olacağı bir alan da çoğu kez örtüşen farklı zihinsel rahatsızlıkların arasındaki sınırların yeniden tanımlanmasıdır. Normal diye nitelendirdiğimiz davranış kalıpları ile bozukluk diye sınıflandırdığımız davranış kalıpları arasındaki sınırlar için aynı şey söz konusudur. Gen varyantlarıyla ilgili bilgileri beyin işlevine dönük incelemelerle, kurallara bağlı psikolojik testleri ayrıntılı bir ha-

yat öyküsüyle bir araya getirmek, kaba tanı kategorilerinin yerine her hasta için zengin bir bireysel profili geçirmeyi mümkün hale getirecektir.

Bir psikiyatra başvurma sebepleri elli yıl sonra değişmeyecek. Bazı hastalar değersiz olma ya da sınırsız güç taşıma kuruntularından veya açıklanamaz panik ataklardan yahut kafanın içinde yankılanan tehdit edici seslerden mustarip olacak. Bazıları neşesiz, cansız, kötümser, kronik olarak kaygılı bir ruh hali içinde olacak. Bazıları sırf hayatlarının bir muhasebesini yapmak isteyecek.

Fakat elli yıl sonra, bir psikiyatra giden herkes yanında yeni bir bilgi kaynağı götürecektir –Ulusal Sağlık İdaresi bilgisayarında kayıtlı kişisel DNA dosyasına erişmeyi sağlayan bir şifre. O dosyada, kişinin çeşitli bozukluklara duyarlılığını ve ilaçların etkilerine açıklığını belirleyen gen varyantlarına ve bileşimlerine dikkat çekici notlarla birlikte, her bir geninin dizilişi yer alacak.

İlk görüşme yaklaşık bir saati alacak. Bu sürenin üçte biri kişisel gelişim, aile geçmişi ve spesifik semptomlarla ilgili resmi bir anketin doldurulmasına ayrılacak. Geri kalan sürede kurallara bağlı olmayan bir sohbet yapılacaktır. Seansın sonunda psikiyatr bir değerlendirme sunacak, bazı tanı testleri önerecek ve hastanın DNA dosyasına erişme isteğini bildirecek.

Böyle bir istek uygunsuz görünmeyecek. Ülke çapında bir DNA dosyaları havuzu oluşturulmasını ve dosyaların mahremiyetinin güvence altına alınmasını düzenleyen yasal mevzuat, dosyaları uygun profesyonellere açık tutmanın yararlarını halka anlatmak için gerekli fonları da sağlamış olacaktır. Psikiyatra başvuran birçok insan buna uymaya istekli olacaktır. Böyle bir tutum belli zihinsel bozuklukların sık gö-

rüldüğü ailelerden gelme kişiler için özellikle geçerli olacak; bunlar kendi risk düzeylerine ilişkin bir değerlendirme almak ve başvurulabilecek önlemleri öğrenmek isteyebilir. İlaç tedavisi görmek isteyenler, belirli gen varyantı bileşimlerine ilişkin bilgilerin yol göstericiliğinden yararlanma yoluna gidebilir.

Seçilebilecek yüzlerce ilaç tedavisinin varlığından dolayı, böyle bir yol göstericilik özellikle yararlı olacak. Bunlardan bazıları sinir iletimi üzerinde daha seçici etkilerle, şu anda kullandıklarımızın geliştirilmiş versiyonları olacak. Bazıları beyin işlevlerine ilişkin yeni bilgiler temelinde hazırlanmış olacak. Bazıları ise zihinsel bozukluk riskini arttıran gen varyantlarının saptanmasından hareketle yaratılmış olacak.

Zihinsel bozukluklara ilişkin genetik yapı bilgilerinin varlığı sadece psikiyatrların tanı ve tedavi yaklaşımlarını değiştirmeyecek; psikiyatrinin kendimiz hakkında düşünme tarzımıza katkısını da arttıracak. Yirminci yüzyılın ilk yarısında, psikiyatri doğuştan gelme güçlü tutkuların üzerimizdeki yoğun etkilerini kavramamıza ve bunların bilincine varmaktan yararlanmamıza katkıda bulundu. İkinci yarısında ise denetlenemez davranışları yumuşatacak ilaçlar sağladı; hepimizin serotonin ve dopamin gibi beyin kimyasallarına ne kadar bağımlı olduğunu gösterdi. Davranışsal farklılıkları etkileyen gen varyantlarının saptanması, her kişinin benzersiz biyolojisiyle ilgili bazı önemli ayrıntıları dolduracak. Bu gen varyantlarından birçoğunun önemini yorumlamak belki güç olsa bile, bazıları bireysel hayat öykülerimizi tasarlamada ve kurgulamada kesinlikle yararlı araçlar olacak.

SAMUEL BARONDES San Francisco California Üniversitesi'nde Jeanne ve Sanford Robertson Kürsüsü profesörü, Nörobiyoloji ve Psikiyatri Merkezi direktörüdür. Ayrıca Zihin Sağlığı Ulusal Enstitüsü'nün Bilim Danışmanları Kurulu başkanıdır. Şimdiye kadar yayımlanan *Molecules and Mental Illness* [Moleküller ve Akıl Hastalığı] ve *Mood Genes: Hunting for Origins of Mania and Depression* [Ruhsal Durum Genleri: Mani ve Depresyonun Kökenlerini Araştırmak] dışında, psikiyatrik ilaçları konu alan bir kitap üzerinde halen çalışmaktadır.

NANCY ETCOFF

Beyin Taramaları, Kuşamlar ve Kısa Temaslar

My *Way to Hasidism* [Hasidizm Yolum] adlı otobiyografik deneme kitabında, felsefeci Martin Buber 1910'da Bukovina'daki bir karşılaşmayı anlatır. Daha yeni verdiği bir konferansın ardından yerel bir kahvehanede yorgunluğunu atarken, kimliğini sadece "Bay M." diye belirttiği orta yaşlı bir adam yanına yaklaşır:

"Doktor," dedi adam, "bir kızım var." Biraz duraksadıktan sonra devam etti. "Kızıma talip bir delikanlı da var." Yine duraksadı. "Bir hukuk öğrencisi. Sınavlardan üstün başarıyla geçti." Bu sefer daha uzun bir duraksamayla konuşmasına ara verdi. ... "Doktor," diye sordu, "sizce bu adam sağlam biri mi?" Şaşırdım, ama ondan bir cevabı esirgeyemeyeceğim kanısına vardım. "Bakın, Bay M.," diye açıklamaya giriştim, "söylediklerinize bakılırsa, çalışkan ve becerikli olduğu kesinkes söylenebilir." Adam yine de sorgulamayı sürdürdü. "Ama Doktor," dedi, "kafası da iyi çalışıyor mu acaba?"

"Buna cevap vermek daha da zor," diye karşılık verdim. "Ama her halükarda sırf çalışkanlıkla başarıya ulaşmış olmasa gerek, kafasında bir şey olmalı herhalde." M. bir kez daha duraksadı. Ardından son olduğu besbelli bir soru yöneltti. "Doktor, acaba yargıçlığı mı, yoksa avukatlığı mı seçmeli?"

“Bu konuda size bilgi veremem,” diye cevap verdim. “Delikanlıyı tanımıyorum haliyle, üstelik tanısam bile, bu konuda pek öğüt verebilecek biri değilim herhalde.” Ama M. yarı yakınma, yarı anlama havasında neredeyse mahzun bir vazgeçiş bakışıyla beni süzdükten sonra, eşit ölçüde hüznün ve tevazu içeren, tarif edilemez bir ses tonuyla konuştu: “Doktor, fikrinizi söylemek istemiyorsunuz.”

Haftada iki gün öğleden sonra araştırmacılığın düzgün dünyasından ayrılıp psikoterapinin çılgınca içlidişli dünyasına girdiğimde, Buber’in öyküsü aklıma gelir bazen. Seanslar dram, mizah ve kederle doludur. Hastalarımın o kadar çok soruları vardır ki:

“Karımdan ayrılmalı mıyım?”

“Ben bir seks düşkünüyüm?”

“Niçin kendimi hep bitkin hissediyorum?”

“Her zaman beni kızdıran erkek kardeşimle konuşmayı yekten kessem doğru olur mu?”

“Mağazalarda CD'lere dokunmakla hastalık kapmayacağı mı nasıl bilebilirim?”

“Bebeğime zarar vermeyeceğime nasıl emin olabilirim?”

Bu durum bazen kaçıp laboratuvara gitme, sayılarla karmaşık hesaplar yapma ve başlıca beyin alanlarının haritasını biraz daha çıkarma isteği uyandırır bende. Bazen de beni saygılı davranmaya ve sohbetlerimizin yararlı olabileceği mecralar açacak sorular sormaya yönelir.

Yirmi birinci yüzyılın şafağında, beynin çevrimleri, zihnin bilgi işlemleri ve insan genomunda gömülü kodlar hakkında eskiye göre çok daha fazla şey biliyoruz. Bu araştırmaları etkili terapiye aktarma yönünde yoğun bir ilginin bulunmasına karşın, beklenen ilerlemelerin çoğu gelecekte ya-

tıyor. Nörolojide hoppa iyimserliğin görüldüğü bir dönemde, psikiyatride hoşnutsuzluk ve klinik psikolojide sakıngan iyimserlik görölüyor. Mevcut eğilimlerin sürmesi halinde, elli yıl sonra mesleği icra eden çok az psikiyatr olacak. 1929'dan bu yana psikiyatriyi uzmanlık dalı olarak seçen tıp öğrencilerinin sayısı en düşük düzeye inmiş durumda. Anketler bunun sebebini ortaya koyuyor: Öğrenciler diğer uzmanlık dallarına oranla psikiyatriyi hastalar için daha az yararlı, düşünsel bakımdan daha az çekici, daha az itibarlı ve maddi bakımdan daha az kazançlı görüyorlar.

Ama potansiyel hastalar arasında da bir düş kırıklığı var. Kamuoyu yoklamalarında (psikiyatrinin tanı başvuru kaynağı “Zihinsel Bozukluklar Tanı ve İstatistik Kılavuzu-Dördüncü Baskı”da tanımlanmış) psikiyatrik sorunlar olduğu saptanan insanların çoğunluğu terapiye gelmiyor. Bazı insanlar yaşadıkları semptomları psikiyatrik bozukluklara bağlamıyor. Birçok kişi sıkıntılarını kendi başına veya ailenin ya da arkadaşların yardımıyla yahut ibadet, dinlenme, egzersiz, vitaminler, ağrı dindirici ilaçlar, sert bir içki aracılığıyla halledebileceğini belirtiyor. Bazılarının sağlık sigortası yok; bazıları bir psikiyatrik tanı damgası yemekten utanıyor ya da kaygılanıyor. Ama bir anket farklı bir soruna işaret ediyor: Ankete katılanların yaklaşık yarısı ilaç tedavisi ve terapi gibi standart psikiyatrik yaklaşımlara inanmıyor. Psikoterapistlerin bir müşteri sıkıntısı yok; ama “vesveseliler” –herhangi bir tanıya uymayanlar– yardım isteyen insanların önemli bir yüzdesini oluşturuyor.

Bu sorun daha da ağırlaşacak. Robert Desjarlais ve Harvard Üniversitesi Sosyal Hekimlik Bölümü'nün diğer öğretim üyeleri *World Mental Health: Problems and Priorities in Low-Income Countries* [Dünya Ruh Sağlığı: Düşük

Gelir Seviyesine Sahip Ülkelerde Sorunlar ve Öncelikler] (1995) adlı kitaplarında, kısmen insan ömrünün belli rahatsızlıklar açısından riskli yaşlara varacak kadar uzamasına bağlı olarak, psikiyatrik bozuklukların görüldüğü insan sayısının bütün yerkürede önemli ölçüde artacağını öngörüyorlar. 2020'ye varıldığında, dünyanın başta gelen işgörmezlik sebepleri arasında depresyonun iskemik kalp hastalığından sonra ikinci sıraya yükseleceği tahmin ediliyor. Depresyon vakalarındaki artış sosyal kopukluk, sosyal rollerin bozulması, küresel beslenme düzenindeki değişiklikler (sözgelimi omega-3 yağ asitlerinin düşük düzeye inmesi), tanı ölçütlerinde ve değerlendirme yöntemlerindeki değişiklikler, Prozac gibi ilaçların ısrarcı satış yöntemiyle psikiyatlara ve tüketicilere dayatılmasından dolayı depresyonlu insan sayısındaki yapay enflasyon gibi birçok değişik etkene bağlanıyor.

Ben fütürolog değilim, ama yirmi birinci yüzyılda psikoterapinin durumuyla ilgili bazı tahminlerde bulunacağım. Şimdiki hoşnutsuzluk iyi bir işaret; kapsamlı değişiklikleri getirecek. Konuya kaçınılmaz bir teorik odak kayması olarak gördüğüm gelişmeyle başlayacağım ve gelecekte psikoterapinin yürütülüş tarzıyla ilgili bazı tahminlerle konuyu bağlayacağım. Evet, bildiniz, geleceğin kullanıcı dostu Prozac'ların çağında bile insanların hâlâ konuşmak isteyeceğini ileri süreceğim.

Bilgilerin Bir Nuktada Buluşması

İşte size kolay bir tahmin: Herşeyi doğaya ya da eğitime yükleme anlayışı –tek sebep tiranlığı– tarihin diğer yararsız

fikirleriyle birlikte çöplüğe atılacak. Psikiyatrik sorunlara tek bir genin ya da tek bir sinir ileticisinin (serotonin, dopamin vs.) yol açması ne kadar akla yakın değilse, sırf anne babanın cinsel ilişkisine ilk kez tanık olmanın ya da kızlarda penis bulunmadığını keşfetmenin yol açması da o ölçüde akla yakın değildir. Çoğu bozuklukların kökeni ve sebebi, genler ile “ortam” arasındaki karmaşık bir etkileşimdir; bu ortam terimi şans dahil genetik dışı bütün sebepleri kapsar. Olası risk faktörleri olarak işleyen çok sayıda genin psikiyatrik bozuklukların çoğunu etkilediği söylenebilir.

Daha az belirgin, ama kaçınılmaz bir gelişme psikoterapistlerin artık beynin yaptıkları işle ilgisinin olmadığı düşüncesiyle paçayı kurtaramayacak olmalarıdır. Önümüzdeki elli yılda zihin ve beyin araştırmaları, şimdi olduğu gibi ayrı akademik bölümlere ya da mesleklere bölünmeyecektir. On dokuzuncu yüzyılda psikiyatri ve nöroloji arasında süren kısır alan kavgaları, beyni ve ona bağlı “organik” ve “sinirsel” bozuklukları nörolojiye, zihni ve ona bağlı “işlevsel” ve “zihinsel” bozuklukları psikiyatriye bırakma yoluyla çözüme bağlanmıştı. Oysa bütün zihinsel süreçlerin beyindeki bilgi işlemlerden kaynaklandığı, zihne ve beyne yönelik araştırmaların kesintisiz bir bilgi alanının parçası olduğu apaçıktır.

Nörolojiyle aynı yatağa girmeye asla yanaşmayan psikanalizci ya da hümanist terapistlere, çıplak gözle bakılınca hiç kuşkusuz estetik görünümünden uzak, ama daha yakından incelenince sahiden ulvi güzelliğe sahip olan insan beyni üzerine düşünmelerini öneririm. Sayı bakımından galaksimizdeki yıldızlarla yarışan milyarlarca nöronun sığıştığı, iki yüz bine varan sinaptik bağlantıyla donatılmış ve bir buçuk kilodan az ağırlıktaki bu organ evrendeki en karmaşık yapı-

dır. Beyin görüntüleme araçlarıyla hatırlama, hayal kurma ve arzulama süreçlerini izleyen uzmanlara göre, beyin insanda huşu uyandırır. Ama asıl büyük soru ortada duruyor: Bu kan gelgiti, bu girişik bağlantılar ağı nasıl oluyor da duygularımızın deneyimini ve düşüncelerimizin içeriğini oluşturuyor? Önümüzdeki elli yılda bizi uğraştıracak olan tam da bu sorudur. Genetikçi François Jacob'un yazdığı gibi: "Bitmekte olan yüzyılı nükleik asitler ve proteinler meşgul etmişti. Önümüzdeki yüzyılda bellek ve arzu üzerinde yoğunlaşılacak. Bakalım bu yüzyıl bunların gündeme getirdiği sorulara cevap bulabilecek mi?"

Beyin biliminin psikoterapi mesleğiyle ne alakası var? Nörobiyolog Eric Kandel'in en etkili biçimde dile getirdiği sava göre, psikoterapi sadece insan zihnini değil, insan beynini de değiştirir –hem de kelimenin gerçek anlamında. Etkili terapi diğer yoğun öğrenme biçimleriyle aynı tarzda ve aynı mekanizmalarla işler: Gen ifadesinde yarattığı değişimler, sinaptik bağlantıların gücünü değiştirir ve beynin sinir hücreleri arasındaki karşılıklı bağlantıların örüntüsünü dönüştüren yapısal değişimler yaratır. Bu durum bir profesyonel müzisyenin yetişmesine benzetilebilir. Nörolog Alvaro Pascual-Leone profesyonel müzisyenlerde beynin müzik eğitimi süreciyle birlikte işlevsel ve yapısal değişimlere, nörolojik görüntüleme teknikleriyle belgelenebilen değişimlere uğradığını göstermiştir. Ona göre, yoğun zihinsel provaların bile böyle değişimleri meydana getirmesi mümkündür.

Gittikçe artan sayıda inceleme, tedavi öncesinde ve sonrasında çekilen beyin görüntülerine bakarak, psikoterapinin etkilerini Prozac gibi ilaçların etkileriyle karşılaştırıyor. Obsesif-kompulsif bozukluk ve majör depresyon için böyle incelemeler yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuç her iki tedavi

yaklaşımı da etkili olduğunda, bu yaklaşımların benzer beyin değişimleri yarattığıdır. Araştırmalar karmaşık psikolojik değişimler açısından ortak bir nihai yola işaret ediyor. Bir tedavi yaklaşımının etkili olup olmadığına nasıl karar verileceği ve terapinin ne zaman sona erdirilmesi gerektiği gibi, görünüşte içinden çıkılmaz muammayı gelecekte dos-doğru hastanın beynini tarama yoluyla çözebiliriz.

Freud Devreden Çıkıyor, Darwin Devreye Giriyor

Freudcu teoriden etkilenen psikoterapistler 1940’lardan 1970’lere (hatta bazıları günümüze) kadar, psikiyatrik bozuklukların köklerinin erken çocukluk döneminde yattığı ve terapinin uzak geçmişin ayrıntılı bir irdelemesine –bellek sınırlamalarının kösteklediği olağanüstü bir uğraşa– dayanması gerektiği görüşünü tartışmasız doğru saymışlardır. Woody Allen’ın *Annie Hall* filminde canlandırdığı Alvie Singer adlı dublör, yaklaşık on beş yıl gördüğü terapiden sonra, “Bir yıl daha süre veriyorum, daha sonra Lourdes’nin yolunu tutacağım,” diye nükte yapar. Psikanalistler uğraşın olağanüstülüğüne (“Süveyş Kanalı’nı bir kaşıkla kazamazsınız”) göndermede bulunarak, uzun zaman gereğini savunurlar. Ama araştırmalar herhangi bir psikiyatrik bozukluğun kökeninde erken çocukluk travmasının yattığını doğrulamış değildir; travma sonrası stres bozukluğu bile yetişkinlikte yaşanan bir olaydan kaynaklanabilir. Hastanın çocukluğuna dönük bir mikroskobik analiz her ne kadar bazı ilginç şeyleri ortaya çıkarsa da, mevcut bilişim uzmanlığı belleğin kolayca işlenebileceğini gösteriyor. Zihnin işlenişinde unut-

ma, bastırma ve ara sıra yanlış hatırlama yer alır; genellikle bize iyi hizmet eden bir bellek sistemi için ödediğimiz bir bedeldir bu.

Psikiyatr Alan Stone 1997’de yayımlanan “Psikanaliz Hangi Alanda Kalacak?” başlıklı makalesinde şu sonuca varır: “Psikanaliz hem bir teori, hem de bir uygulama alanı olarak, fen bilimlerine değil, beşeri bilimlere giren bir sanat biçimidir. Bilimden çok edebiyata yakındır.” Freud güzel sanatlar ve beşeri bilimler alanına çekilirken, Darwin davranışsal bilimler ve tıp alanına girecek. Önümüzdeki elli yılda, Darwinci tıp bu alanın çerçevesini sağlayacak. Diğer vücut organları gibi, beyin de doğal seçimle şekillenmiş ve üremeye uygunluğu arttıran ve sağ kalmayı güvence altına almaya katkıda bulunan zihinsel modülleri evrim yoluyla yaratmıştır. Psikoterapi hastalığa dönük bir odaktan duyarlılıklara dönük bir odağa, semptomlardan uyarlayıcı savunma araçlarına ve tek başına bireysel geçmişe dönük bir odaktan insan yaşantısının ortak yönlerini incelemeye doğru yeni bir yönelim kazanacaktır.

Bazı bozuklukların yaygın oluşunun kökleri yatkınlık sağlayıcı genlerin sağladığı uygunluk yararlarında aranacak. Manik depresyon bir örnektir: Hafif maniyle ilişkilendirilen enerji, yaratıcılık ve karizma, bu bozukluğun görüldüğü bazı insanlara ya da genlerin böyle bir bozukluğa yol açmadığı, ama yararlı etkilerde bulunduğu başka insanlara zindelik açısından bir avantaj sunuyor olabilir. Diğer bozukluklar beyin modüllerinde, sözelimi (şizofrenide) normal olarak kendi edimlerimizi başkalarının edimlerinden ayırt eden sistemde veya (otizmde) öteki insanların niyet ve duygularını okumayı sağlayan sistemde aksaklıklar olarak anlaşılacak. Belli semptomlar şimdiki ortam ile geçmişteki

ortam arasında uyumsuzlukların ya da dosdoğru normal savunma araçlarını abartmanın kışkırttığı tasarım ödünlemelerine işaret edecek. Örneğin, genel bunaltı olarak bilinen bozukluk muhtemelen belirsiz tehlikelere ve kan görme, yükseklik ya da zehirli yılan gibi belirli fobilere karşı bir savunma aracı olarak evrimle ortaya çıkmıştır. Travma sonrası stres bozukluğu çekenlerin geriye dönüşleri ve tekrarlanan anıları azap verici olabilir; ama bunların ortaya çıkmasının sebebi, zihnin yaşamı tehdit edici tehlikelerden gelecekte sakınmak açısından böyle tehlikeleri hatırlamayı yararlı bulmasıdır. Hafif depresyon sıkıntılı zamanlarda kaynakları koruma yönündeki uyarlayıcı işleve hizmet edebilir. Böylece başkalarına yardım ihtiyacı sinyalini verir ve hedefleri yeniden değerlendirmek için zaman sağlar. Hafif depresyon kişinin hiyerarşiye karşı koyamadığı ya da karşı koymak istemediği durumlarda boyun eğmenin bir belirtisi de olabilir.

Evrimci bir bakış açısından, üzüntü, korku, öfke, tikslenme, utanma ve suçluluk duygusu uyarlanmalar ve savunma araçları olarak görülebilir; tıpkı öksürük, nasır ve bedensel acı gibi, bunlar da yararlı işlevler görürler. Michigan Üniversitesi psikiyatrlarından Randolph Nesse'in "duman dedektörü ilkesi" adını verdiği bir temelde işledikleri için, bazen aşırı zararlı olmaları mümkündür: Bir yangının farkına varmamaktansa, yanlış bir yangın alarmı vermek daha iyidir. Şimdi yaşadığımız ortam atalarımızın ortamından çok daha güvenlidir –bulaşıcı hastalıklar, kötü beslenme, yırtıcı hayvanlar, doğanın etkileri açısından. Günümüzde bunaltı bozukluklarının sıkıntı verdiği kişiler, tarihin garip bir civesiyle, uzak geçmişimizin ortamına daha uygun olurdu belki de.

Evrime dayalı açıklamalar tedavi konusunda önemli soruları gündeme getirir. Bazı semptomlar –örneğin fobiler– biyolojik kökenliyse, bundan tedavi edilemez oldukları anlamı çıkar mı? Durum böyle değildir: Kan görmekten korkma ya da yılan ve öteki hayvanlardan korkma birkaç saatlik terapiyle giderilebilir. Obsesif-kompulsif bozukluk, depresyon, panik ve fobiler besbelli ki hasarlar yaratır ve tedavi edilmelerinde yarar vardır. Buna karşılık hafif bunaltı ve depresyon sonuçta yararlı olabilir. Böyle sancılı durumlar hayatımızın gidişatını değiştirmemize, kendimizin ya da başkalarının kararlarını sorgulamamıza, arkadaşlarımızla ya da ailemizle barışmamıza, tehlikelerden sakınmamıza yardımcı olabilir. Nesse’in belirttiği gibi, bir toplumu üzüntüye ya da kayba karşı ilaçlarla aşırı korkusuz ya da aşırı bağışık kılmak bir hata olabilir.

İlişkili bir paradigma değişikliğiyle, sağlıklılığın incelenmesi rahatsızlığın incelenmesi kadar önemli hale gelecek. Pozitif psikolojiden moleküler genetiğe kadar uzanan değişik alanlarda, bilimcilerin zor zamanlarda insanları neyin koruduğunu, neyin strese karşı aşıladığını ve hangi genlerin, ortamın ya da yaradılışın sağlıklı olmayı sağladığını araştırdığına tanık olacağız. Alan sırf marazları incelemeyeceği için, “zihinsel sağlık” artık yanlış bir terim olmaktan çıkacak.

Divandan Kuşama

Geleneksel psikodinamik terapinin özünde hasta-terapist ilişkisi yatar. Freud edebi hayal gücümüze seslenir: Psikanalitik diyalog hayatın tamamını kapsayarak, doyurucu ve an-

lamalı bir biyografi yaratır. Lytton Strachey'nin *Eminent Victorians* [Viktorya Dönemindeki Tanınmış Şahsiyetler] kitabının önsözünde yazdığı gibi, biyografi "bütün sanat dallarının en ince ve en insanca olanı"dır. Ama sigortalı sağlık hizmeti kurumları devreye girmiş olmasaydı bile, başka yaklaşımların aheste psikanaliz uygulamasının yerini alması kaçınılmazdı. "Belirlenmemiş sorunlara öngörülemez sonuçlarla uygulanan tanımlanmamış bir teknik" olarak eleştirilere hedef olan psikanaliz, psikiyatrik semptomları yüzünden ağır sıkıntılar çeken insanların çoğuna dönük bir yöntem olarak hiç düşünülmemiştii zaten.

Konuşmaya dayalı terapinin geleceğı ve sohbetlerin konusu ne olacak? Çoğu durumda psikoterapi sorun odaklı, kısa süreli ve yaşanan zamana bağılı olacak; spesifik sorunların tedavisinde etkililiğı sınanmış, kılavuzların yol gösterdiği ve bulguları temel alan tekniklere dayanacak. Tedaviyi sağlayan kişi (reçete yazma ayrıcalığına sahip) bir psikolog ya da bir sosyal hizmet uzmanı veya daha nadiren bir psikiyatr olacak. Terapistin sıcaklığı ve empatisi önem taşıyacak, ama terapide ilişkiye daha az, bilgi alışverişine daha çok ağırlık verilecek. Ortam esnek olacak ve her zaman yüz yüze olması gerekmeyecek; terapi gittikçe artan bir ölçüde internet (eğitim, kendi başına tanı koyma ve tedavi takibi için), panik atak sırasında neler yapmak gerektiğı gibi talimatları verebilen "Palm Pilot" yönlendiricileri ve kuşanılabilir aygıtlar aracılığıyla uzaktan yürütülecek. Psikoterapi eylemsiz konuşmadan ibaret olmayacak artık. Uzun süreli uzay yolculuğı öngörüsüne uygun olarak, NASA depresyon, bunaltı ya da bitkinlik sinyalinii veren kuşamlar yaratmaya kaynak ayırıyor. Kozmonot Valery Ryumin'in ifade siyle, "iki adamı bir kabine kapattığınızda ve iki ay boyun-

ca baş başa bıraktığınızda, cinayet için gerekli bütün koşullar hazırlanmış olur.” Erken tepki araçları bir astronota çalışmayı bırakma gereğini ve tedavi seçeneklerini (“Bilişsel davranış terapi bantlarını dinle”, “Bir anti-depresan al” ya da “Biraz dinlen ve üç saat sonra tekrar testten geç”) bildirebilir. Tedavinin bitiminden sonra nüksetme belirtilerini izlemek isteyen hastalar da böyle aygıtları kullanabilir.

Geleceğin bilgisayarları duygularımızı tanıma yetisine sahip olacak. Giysilere, takılara ya da gözlüklere ilâştirilebilen kuşamlar (olağan referansa göre göz kırpmaya ya da kaş çatma sayısı gibi) belki aklımızın ucundan bile geçmemiş parametrelerle bizi ölçerken, vücuda takılan kuşamlar iç organların işleyişini izleyebilir. MIT Medya Laboratuvarı uzmanlarından Roz Picard, 1998’de *The Atlantic Monthly*’de çıkan bir röportajda, duygu algılayıcı kuşamların “sahici ve mecazi kokumuzu kapacağı, ... tıpkı iç çamaşırı gibi muhtemelen paylaşılır olmaktan çıkacağı ve gerçek anlamda kişisel bilgisayarlar haline geleceği” öngörüsünde bulunmuştu. Kim bilir, belki de külotla benzemekten uzaklaşacak ve kuşanılabilir terapistlere daha benzer bir yapıya bürünecekler.

Geleceğin ilâç kokteyllerini yutuverme olanağı varken, insanlar ne diye terapi zahmetine katlansın? Bir ilâç tedavisi inatçı ve hasar verici bir semptomu hafifletebilirse, çoğu kimse bunu seçecektir. Ama incelemeler genellikle bazı insanlarda ilâçların, bazı insanlarda terapinin ve çoğu kez en iyi yol olarak ikisinin bir bileşiminin işe yaradığını gösteriyor. İlaçlar semptomları yatıştırır, ama terapi insanların sorunları çözmesine ve çözümleri öğrenmesine yardımcı olur—terapi görmekte olan insanların ilâçlarını düzgün almaya daha yatkın olması da işin cabası. Birçok insan açısından, fazla masraf, yan etkiler ya da potansiyel tehlike olmaksızın

ilaç tedavisine benzer biçimde ve neredeyse aynı hızla beyni etkilediği için, tek başına psikoterapi yine en iyi tercih olacaktır. Görüldüğü kadarıyla ilaçlar alındığı sürece işe yarar-ken, konuşmaya dayalı terapi öğrenmeyle sağlanan daha uzun süreli etkiler sunar.

Geleceğin terapisi ara sıra geleneksel terapiyle daha yakın benzerlik taşıyacak. Daha az yüz yüze etkileşimle kısa süreli terapi bazı insanlarda işe yaramayacak –böyle hastaların bir bölümü şu anda bundan yarar görmeyen ve uzun süreli ya da bitiş tarihi belirsiz tedaviyi gerektiren insanlar olacak belki de. Onları iyileştirecek şey empati, can kulağıyla dinleme, anlayışlı konuşma, güvenli bir sığınak, yalnızlıktan bir kurtuluş ve bir ortak amaç duygusu sunan bir terapistle, yani bir hayat kurmalarına yardım edebilen bir terapistle bağlaşıklıktır. Kısa temaslar ve göçebe avarelikler, beyin taramaları ve beyin uyarıcıları üzerine kurulu gelecekte, insanın dünyayı görme biçimini değiştiren sürekli sohbetler yine olacak.

NANCY ETCOFF Harvard Üniversitesi Tıp Fakültesi öğretim üyesi, Massachusetts Genel Hastanesi Psikiyatri Kliniği'nde kadrolu uzman ve Harvard Zihin/Beyin/Davranış İnisiyatifi üyesidir. Güzelliği, duyguları ve insan yüzlerini algılama üzerine araştırmaları *Nature*, *Cognition*, *Neuron* ve başka bilimsel dergilerde yayımlanmış, popüler basında sıklıkla haber konusu olmuş ve ona sayısız ödüller kazandırmıştır. *Survival of the Prettiest: The Science of Beauty* [En Güzelin Hayatta Kalışı: Güzellik Bilimi] adlı kitabın yazarıdır.

PAUL W. EWALD

Hastalığın Üstesinden Gelmek

Hastalığa ne yol açar? Sorunun basitliği, modern teknolojinin gelişkinliği ve uzmanların güvenle saçtığı umutlar karşısında, dışarıdan bakan bir kişi hastalıkların temelindeki sebeplerin gayet iyi anlaşıldığını sanabilir. Oysa öyle değil. Tıbbın sebeplerini kavramak için hâlâ uğraştığı birçok yıkıcı kronik bozukluk var: Kalp krizi, inme, Alzheimer hastalığı, şizofreni, kanser ve diyabet. Önümüzdeki elli yılda hayatımızın kalitesi bu kronik hastalıkları ne ölçüde denetim altına aldığımıza bağlı olacak.

Bütün biyolojik fenomenlerde olduğu gibi, nedensellik mekanik anlamıyla (“Hastalığı doğuran etkenler nelerdir?”) ve evrim anlamıyla (“Hastalıkla sonuçlanan seçici baskılar nelerdir?”) ele alınabilir. Mekanik anlamda, mevcut tıp ders kitaplarında sayılan hastalıkların ancak yarısı için bir nedensellik mutabakatı vardır. Mekanik sebepler üç kategori altında toplanabilir: Genetik yapı, parazitler (enfeksiyon dahil) ve radyasyon, belirli kimyasalların çok fazla ya da çok az alınması gibi parazitsel olmayan ortam etkileri.

Sağlık bilimlerindeki çoğu uzmanlar nedensellik sorununa bir yapıtaşını yaklaşımlarını savunur. Çözümlerin zamanla ortaya çıkacağı umuduyla, hastalığın işleyişini hücresel ve biyokimyasal düzeylerde anlamaya çalışır. Bu cazip bir fikir

olmakla birlikte, öyle büyük tıp başarıları sağlamış değildir henüz –büyük başarıdan kastım yama vurma işlerinden ziyade kesin çözümlerdir. Lewis Thomas’ın otuz yıl önce “Tıp Teknolojisi” makalesinde yazdığı şey bugün hâlâ geçerlidir: Organ nakli ve baypas cerrahisinden çoğu kanser terapisine kadar, hekimlik büyük ölçüde yama çözümlere ya da marjinal yarara sahip destekleyici bakıma yöneliktir. Uzmanlar bugünkü hastalıkların geçmiştekilere oranla daha çetin olduğunu ve yama vurma işlerinin belki de bekleyebileceğimiz en iyi sonuç olduğunu belirtiyor. Oysa kayıtlar tam tersini işaret ediyor. Yakın dönemde çetin sayılan hastalıklar için kesin çözümler bulma yönündeki gidişat sürüyor. Genellikle böyle çözümler enfeksiyona bağlı sebeplerin anlaşılmasıyla ortaya çıkıyor; örneğin, son yirmi yılda hepatit B ve C virüslerine dönük kan örneği taraması ile hepatit B aşısı sayesinde binlerce karaciğer kanseri ve hepatit vakası önlenmiştir. Peptik ülserler ve mide kanseri artık antibiyotiklerle iyileştirilebiliyor.

Ne var ki, enfeksiyon hastalıkları açısından bile, temel başarılar yapıtaş tımevarım yaklaşımından ziyade tümden-gelim atılımlarının test edilmesi yoluyla ortaya çıkmıştır. Edward Jenner iki yüz yılı aşkın bir süre önce modern aşı yöntemini bulduğunda, virüslerden haberi yoktu. John Snow ve Ignaz Semmelweis ondan yarım yüzyıl kadar sonra, enfeksiyon hastalıklarının nasıl bulaştığını ve bulaşma yolunu kesmekle nasıl önlenebileceğini göstererek modern epidemiyolojiyi kurduklarında, bakterileri hiç görmemişlerdi. Joseph Lister cerrahi donanımı sterilize etmenin yararını ortaya koyduğunda da aynı durum söz konusuydu. Paul Ehrlich ve Alexander Fleming antibiyotik tedavisi anlayışı ve uygulamasını getirdiklerinde, bakteri büyümesini kimya-

sal yoldan önleyen mekanizmalar konusunda neredeyse hiçbir şey bilmiyorlardı. Bu tarihsel gerçekler kesin çözüm öbekleri doğurabilecek kavramsal içgörülerini hesaba katmak açısından, modern tıbbi araştırmalara yön veren yapıtaşı yaklaşımının ötesine bakmanın yararını vurguluyor. Bu yaklaşımın bir örneği hastalık nedenselliğini evrimci bir perspektifle değerlendirmektir.

Evrimci açıklamalar sonuçta genetik nedenselliğe dayanır. Dolayısıyla evrim tıbbının insan hastalıklarını büyük ölçüde insanın genetik yapısı bağlamında açıklayacağı sanılabilir. Evrim tıbbi gerçekten de böyle açıklamalar sunar. Örneğin, kronik hastalıklar yaşlanma teorisiyle açıklanmıştır: Vücudun çökmesinin sebebi, doğal seçilimin bireylere gençlik yıllarında yarar sağlayan, ama yaşlandıkları ve doğal seçilimin etkisizleştiği dönemde bir bedel ödeten özellikleri yeğ tutmasıdır. Alternatif bir açıklama olarak, kronik hastalıklar şimdiki ortamlar ile insan genlerinin şekillenmesinde büyük ölçüde rol oynayan geçmişteki ortamlar arasında varolan bir uyumsuzluktan kaynaklanıyor olabilir. Öne çıkan üçüncü bir alternatif ise enfeksiyon nedenselliğidir: Kronik hastalıklar gizlice doku hasarına yol açan enfeksiyon etkenlerinin bir sonucu olabilir; böyle bir hasar zamanla kalp krizi, kanser ya da Alzheimer gibi ciddi hastalıklarda kendisini belli eder. Bu son alternatif evrimci açıklamaları sonuçta genlerin bağlamına oturtmanın yararını yadsımaz; ama kronik hastalıkların nedenselliğine ilişkin hipotezleri insan genleriyle sınırlamamak gerektiğini vurgular. Parazitlerin genlerini de göz önünde tutmamız gerekir.

Meslektaşım Gregory Cochran ve ben, hasar yaratıcı yaygın kronik hastalıklar açısından, evrim ilkeleri ışığında ele alınan bulguların enfeksiyonu işin içine kattığını vurgu-

lamış bulunuyoruz. Eğer bu hastalıklar kusurlu alellere bağlı olsaydı, mutasyon oranlarının genellikle hastalıkları gözlemlenen sıklıklarda tutacak şekilde düşük olması gerekirdi. İnsanlarda kalımlılık ve hastalık kalıpları yaşlanma ödönle-mesi modeline uymamaktadır. Ortama bağı yeni faktörle-rin ilke olarak akla yakın ve sigaraya bağı akciğer kanseri gibi bazı vakalarda önemi görünmesine karşın, ortaya atı-lan enfeksiyon dışı ortam sebepleri hastalık kalıplarını baş-lı başına açıklamada genellikle yetersizdir. İşin içine enfek-siyon nedenselliğini katmak olsa olsa belgelenmiş epidemi-yolojik kalıpları açıklayabilir ve bunu da ancak evrim ilke-lerine uygun olarak yapabilir; çünkü patojen ile konak ara-sındaki genetik çıkar çatışması zaman içinde hastalık du-rumlarını süresiz olarak kalıcılaştırabilir. Kısa vadede doğa seçilim belirli bir patojene genetik duyarlılığı aşağı yukarı bir kötü gen kadar yeğ tutmama eğilimi gösterir. Ama kötü genlerden farklı bir özellik olarak, enfeksiyon hastalıkları karşısındaki genetik duyarlılıklar uzun vadede bir birlikte-evrimci satranç oyununda sürekli değışir. Bir patojene gene-tik duyarlılığa karşı seçilim, patojene yönelik karşı-önlemler geliştirmiş olan bir konak topluluğunu bir kalıt olarak bıra-kır. Bu karşı-önlemler ise patojen topluluğunda karşı-ön-lemlere dönük önlemlerin evrimini kolaylaştırır ve süreç böyle sürüp gider.

Evrimci biyolojideki sorunların çoğu yavaş çözölür; çün-kü sorunlar karmaşıktır, testler zordur ve sağılanan kaynak-lar kıttır. Buna karşılık, kronik hastalıkların nedenselliğı muhtemelen görece çabuk çözölülecek –geleneksel olarak sı-nırlarla ayrılmış sağık bilimi disiplinlerindeki araştırmacı-ların konuyu evrim ışığında canla başla ele alacak olmala-rından dolayı değıl, kronik hastalıkların enfeksiyon neden-

sellliğini artık tartışıyor ve gayretle araştırıyor olmalarından dolayı. Evrim teorisinin sonuçları, tıbbi araştırmaların ilerleyişi ve biriken bulgular göz önünde tutulduğunda, yaygın ve son derece hasar verici kronik hastalıklara –ateroskleroz, diyabet, Alzheimer hastalığı, kanserlerin çoğu ve doğurganlık sorunlarının çoğu– enfeksiyonun yol açtığı görüşünün önümüzdeki elli yılda kabul edilmesini bekliyorum.

Fakat bu oldukça omurgasız bir tahmin; değerlendirilebileceği zaman geldiğinde, yanlışlığından dolayı eleştirilmek için ortalıkta olmayacağım muhtemelen. Hastalık nedenselliğine evrimci yaklaşım gerçek bir değer taşıyorsa, önümüzdeki birkaç on yılda enfeksiyon nedenselliğinin kabul edileceği hastalıkları belirlemede daha riskli bir sınava girişebilmeliyiz. İzleyen sayfadaki tabloda, enfeksiyondan kaynaklandığının kabul edileceğini tahmin ettiğim tarihlerle birlikte, en önemli kronik hastalıklardan bazıları yer alıyor. Bu tahminleri teste elverişli hale getirmek açısından, “kabul” için şu ölçütü öneriyorum: Önceki beş yılda yayımlanan tıp metinlerinin en az dörtte üçünde hastalığın enfeksiyondan kaynaklandığının belirtilmiş olması.

Enfeksiyon nedenselliğini kabul etmenin esas olarak bulguların niteliğine bağlı olduğunu öngörmek, nesnel değerlendirmeye gereğinden fazla ağırlık vermektir. Uygun hipotezler yelpazesi test edildiği sürece, düzenli biriken bulgular gerçekten yardımcı olur. Ama enfeksiyon nedenselliği için üstelemeye direnen türden bulgulara muhtemelen hiç varmayacağız; çünkü enfeksiyonun yol açtığı öbür kronik hastalıkların çoğu için enfeksiyon nedenselliğinin mutlak kanıtı muhtemelen elde edilemeyecek. Örneğin, son çeyrek yüzyılda tıp camiası insana özgü herpes virüsü 8'i Kaposi sarkomunun sebebi ve HTLV-1'i yetişkin T-hücre lösemisinin se-

Tablo 1. Çeşitli kronik hastalıkların enfeksiyon nedenselliğinin kabul edilmesine ilişkin tahmini yıllar

Hastalık	Aday patojenler	Enfeksiyon nedenselliğinin kabul edileceği yıl
multipl skleroz	Chlamydia pneumoniae, insana özgü herpes 6	2010
tip 2 diyabet	hepatit C virüsü (minör sebep)	2010
tip 2 diyabet	bilinmiyor (majör sebep)	2025
baş ve boyun kanserleri	insana özgü papilom virüsü	2010
burun-bo az kanseri	Epstein Barr virüsü (EBV)	2010
çocuk lösemisi	bilinmiyor	2015
meme kanseri	fare meme tümörü virüsü (EBV)	2015
ateroskleroz	C. pneumoniae, Porphyromonas gingivalis, sitomegalo virüs, Actinobacillus actinomycetocomitans	2015
Alzheimer	herpes simpleks 1, C. pneumoniae	2015
şizofreni	T. gondii, herpes simpleks 2, endojen retrovirüs, borna hastalığı virüsü (BDV)	2020
çift kutuplu depresyon	BDV	2025
prostat kanseri	bilinmeyen retrovirüs	2025

bebi olarak kabul etmiştir. Ama aynı korelasyona bağlı bulgu niteliği ateroskleroz için kabul edilmeyecektir; başlıca sebebi ise hastalık üzerinde yıllarca yürütülen araştırmaların ve oluşan uzman görüşlerinin çok çeşitli yerleşik çıkarlar yaratması ve bunun kabul etme hızı önünde bir ayak bağı oluşturmasıdır. Böyle bir ayak bağından kurtulmak zaman alır. Burada Charles Darwin, Max Planck ve Thomas Kuhn'un kavrayışları geçerlidir: Uzman görüşü dengesinin değişmesi için, tutucuların yeterli bir kısmının emekliye ayrılması ya da öbür dünyaya göçmesi ve yerleşik çıkarlara sahip olmaksızın alana giren yeterli sayıda genç kişinin olgunlaşıp etkili konumlara gelmesi gerekecektir. Benim tahminim ateroskleroz ve Alzheimer hastalığı açısından bu noktaya 2015'e doğru varılacağı yönünde. Burada biraz kara ironi var: Nedensel organizmalar kendilerini yok sayanları tahttan indirerek sürece katkıda bulunuyor.

Bu tablodaki tahminlerde önceki geçiş süreleri bir rehber olarak kullanılıyor; ama inandırıcı bulguların ilk ortaya çıkışı ile kabulü arasındaki sürenin sabit olduğu gibi basit bir varsayım esas alınmıyor. Göz önünde tutulan başka bir husus, enfeksiyondan kaynaklanmanın halihazırda kabul edilen düzeyinden ileriye doğru atılımın büyüklüğüdür. Bazı baş ve boyun kanserlerinin enfeksiyon nedenselliğinin aterosklerozun enfeksiyon nedenselliğinden önce kabul edilmesini bekliyorum –üstelik, ilkinе ilişkin bulguların şu anda daha eksik olmasına karşın. Başlıca sebep önceliktir. Aday patojen olan insana özgü papilom virüsünün rahim boynu kanserinin bir sebebi olduğu daha şimdiden kabul edilmiştir; dahası, bu kanserler için nedensel açıklamaları (sözelimi yetişkin T-hücre lösemisine ve Kaposi sarkomuna ilişkin açıklamaları) dengeli biçimde göz önünde tutmanın güçlü

yerleşik çıkarların ayak bağına takılması söz konusu değildir. Benzer şekilde, *Chlamydia pneumoniae* rol oynadığı başlıca kronik hastalıklardan birinin –ateroskleroz, inme, Alzheimer hastalığı ve multipl skleroz– sebeplerinden biri olarak kabul edilirse, geri kalan hastalıkların bir sebebi olarak kabul edilmesinin önündeki direnç domino taşları gibi yıkılacaktır herhalde. Ama bu durumda, benzerlik noktası doku türü değil, ortak bir genetik yatkınlıktır –*C. pneumoniae*’ye duyarlılığın artmasıyla ilişkili olduğu saptanmış olan epsilon-4 aleli.

Kanserin enfeksiyon nedenselliğine genel muhalefet özellikle köklü görünüyor. Eldeki bulgular temelinde düşünülünce, bu direnç şaşırtıcıdır. Çünkü tıp araştırmacıları insan kanserlerinin yaklaşık yüzde 15-20’si için enfeksiyon sebeplerini daha şimdiden kabul ediyor; yirmi beş yıl önce yüzde 1’in altında olan orana göre büyük bir yükseliş bu. Enfeksiyon olasılığının yok sayılabileceği insan kanseri örnekleri ise çok az, yüzde 5’in bile altında. İnsan kanserinin enfeksiyon nedenselliği konusundaki savaş, Peyton Rous’un virüslerin tavuklarda kansere yol açabileceğini ortaya koyduğu 1910’dan beri sürüyor. En ateşli anti-enfeksiyon savunucuları 1970’lerin sonlarında onkojenlerin ve enfeksiyon dışı karsinojenlerin katkısının doğrulanması ve böylece akla yakın bir mekanizmanın belirlenmesi üzerine zafer ilan ettiler. Yıldan yıla adım adım geri çekilmelerine karşın, zafer kazanmış olma edasını sürdürüyorlar. Bu çevrelerin mantık sürçmesi, katkıda bulunan bir mekanizmanın lehindeki bulguları (karşılıklı olarak bağdaşır) başka bir mekanizmanın katkıları *aleyhindeki* bulgularla karıştırmaya dayanıyor. Oysa hastalık nedenselliğinin her üç kategorisi de çoğu kez birlikte etki gösterir.

Ateroskleroz ve kanserde olduğu gibi, şizofreni ve manik-depresif bozukluk gibi ağır zihinsel rahatsızlıkların enfeksiyon nedenselliğinin kabul edilmesi de uzmanların yerleşik çıkarlarından dolayı kaçınılmaz olarak gecikecektir. Bu ayak bağına eklenen bir etken, zihinsel rahatsızlıkların insanlara özgü oluşunun enfeksiyon nedenselliğini deneysel yolla göstermenin güçlüğüdür. Bir farenin sanrılı, parano-yak, depresif ya da manik olduğu nasıl anlaşılabilir ki? Bu sava karşı çıkmak için, frengiye bağlı cinnetin ilk saptanışına işaret edilebilir. Ama frengiye bağlı cinnetin enfeksiyon nedenselliğinin kolayca kabul edilmesinin sebebi, araştırmacıların bu cinnetin frengiyle bağlantısını zaten belirlemiş olmalarıydı. Uzmanlar frengiye enfeksiyonun yol açtığını kabul ettikten sonra, frengiye bağlı cinnete enfeksiyonun yol açtığı görüşünü de kabul etmeye hazırdı. Frengiye bağlı cinnet daha sonra zihinsel rahatsızlıklar çerçevesindeki ayrı bir nedensellik alanına rahatça kapatıldı. Günümüzün bilinmeyen sebeplere bağlı zihinsel rahatsızlıklarının akut hastalıklarla bağlantısı açıkça belirlenmiş değildir; bu anlamda, frengiye bağlı cinnetten çok yetişkin T-hücre lösemisine ve Kaposi sarkomuna benzerler. O halde şizofreninin enfeksiyon nedenselliğinin yakın kabul edileceği konusunda niçin iyimserim? Epidemiyolojik kalıp enfeksiyon nedenselliğinin bu işe karıştığına dair güçlü veriler sunmaktadır. Örneğin, şizofrenikler genelde kış sonlarında veya ilkbahar başlarında doğmuş kişilerdir; şizofreninin kış sonlarında ve ilkbahar başlarında doruğa çıkan doğum öncesi enfeksiyonlardan ya da bebek enfeksiyonlarından kaynaklanıyor olabileceğini gösteren bir ipucudur bu. Aday patojenlerle önemli ilintilerin bulunması da enfeksiyon nedenselliğini işin içine katıyor. Örneğin, yakın dönemdeki bir inceleme, beyin paraziti

Toxoplasma gondii'ye pozitif tepkinin şizofrenik hastalarda yüzde 42, sağlıklı kontrol deneklerinde ise ancak yüzde 11 olduğunu göstermiştir. Şizofreninin enfeksiyon nedenselliği on yıl önce böyle bir fikri savmış olacak uzmanlarca şimdi ciddi olarak ele alınıyor ve çeşitli laboratuvarlar bu olasılığı aktif olarak araştırıyor. Bütün bunlar şizofreninin enfeksiyon nedenselliğini kabul etmenin büyük ölçüde emeklilik-göçüş faktörüyle, on ila on beş yıl içinde görüş dengesini herhalde değiştirecek bu olguyla sağlanacağını düşündürüyor bana.

Önümüzdeki elli yılda, enfeksiyona bağlı kronik hastalıklara karşı aşıların geliştirilmesi nedensel etkenleri bulma sürecimizi yakından izleyecektir herhalde. Bir patojenin özellikle mutasyona elverişli olmadığı durumlarda, aşılar özellikle etkili olabilir. Dolayısıyla insana özgü papilom virüsü gibi DNA virüslerini aşılarla denetim altına almanın HIV gibi RNA virüslerine oranla daha kolay olmasını bekleyebiliriz. Gelecekte hastalığın üstesinden gelmek için temelde yeni teknolojik ilerlemelere gerek yok. Doğru aşıların hastalığı önleyeceğini zaten biliyoruz. Doğru anti-enfeksiyon etkenler hastalıkları iyileştirebilir ve enfeksiyonların hasar verici durumlara ilerlemesini önleyebilir. Bulaşma zincirini kırmanın bir bireyde enfeksiyonu önleyebileceğini ve bazen bunun bütün bir toplumda sağlanabileceğini zaten biliyoruz. Ve de yeni saptanan enfeksiyon etkenleri için böyle çözümler geliştirme açısından tıbbi izleme sicili çok iyi.

Enfeksiyon hastalıklarında evrim nedenselliği büyük ölçüde tehlikeliliğin evrimiyle ilgilidir: Bazı parazitlerin iyi huyluluğa, öldürücülüğe ya da ikisi arasında bir noktaya doğru evrim göstermesine yol açan şey nedir? Bu soruya verilen cevaplar enfeksiyon hastalığını denetim altına almaya

önemli bir üçüncü yaklaşım umudunu veriyor; yani, enfeksiyonu iyileştirmenin ve yayılmasını denetim altına almanın yanı sıra, patojenin evrimini denetim altına almayı ve böylece yaşamı tehdit eden düşmanları birlikte yaşanılabilir iyi huylu varlıklara dönüştürmeyi başarmamız gerekir. Başlıca hastalık kategorilerinin her biri açısından, teori ve mevcut bulgular bu hedefe ulaşabilecek en azından bir müdahale biçimi olduğuna işaret ediyor. Önümüzdeki çeyrek yüzyılda, muhtemelen aşıları akıllıca kullanma ya da yoksul ülkelerde ishal patojenlerinin su yoluyla bulaşmasını engelleme yoluyla bu evrim başarısı öykülerinin ilk örneğinin sergilenmesini bekliyorum. Denge de duran bir konu da antibiyotik direncinin denetim altına alınması: Daha iyi huylu patojenler, daha seyrek antibiyotik kullanımı ve böylece antibiyotik direncinde daha sınırlı evrim. Tehlikeliliğin evrimini denetim altına alabilirsek, buna bağlı olarak antibiyotik direncinin evrimini de denetim altına alabileceğiz herhalde.

Tıp tarihi bir gösterge sayılırsa, ilk başarı öyküsü öbür hastalıklara aynı yaklaşımı teşvik edecektir –tıpkı aşılarda, antibiyotiklerde ve hijyenik iyileşmelerde olduğu gibi. Ne var ki, ilk başarının zamanlamasını kestirmenin güç olması nedeniyle, bu zincirleme tepkinin zamanlamasını da kestirmek güçtür. Yüzyılın ortalarına gelindiğinde, hasar yaratıcı ishal hastalıkları gibi birkaç hastalıkta tehlikelilikten iyi huyluluğa gerçekleşecek evrimsel geçişi muhtemelen başarmış olacağız; ama geri kalanların çoğunda hâlâ test sürecinde olacağız.

Önümüzdeki elli yılda neler *olmayacak*? Kesin denetim çabalarımızı köstekleyen bazı etkenlere çatmamız kaçınılmaz. Örneğin, etkisizleştirmek için temelde yeni bir önlem bulmadığımız sürece, HIV yama vurma işleriyle –yani virü-

sü kısıtlayan, ama kesin olarak denetim altına almayan anti-viral ilaçlarla ve aşılarla– bastırılmış, ama çözülmemiş bir sorun olarak kalacak. Bu ürkütücü olasılığın sebebi virüsün genetik esnekliğidir: HIV anti-viral ilaçlara karşı kolayca direnç kazanabiliyor ve aşılanmanın deli gömleklerinden kurtulması beklenebilir. Son birkaç yılda olduğu gibi, anti-viral ilaç kombinasyonlarının akıllıca kullanılması tıbbı bir avantaj sunabilir; ama bir çare sağlamayacaktır. En iyi umut zaman kazanmaktır –AIDS’ten uzak yaşam için anti-viral ilaçların sağlayacağı on küsür yıl, enfeksiyondan hemen sonra verilen tedavi aşılarının sağlayacağı belki on küsür yıl ve tehlikelilik evrimini denetim altına almanın sağlayacağı belki on küsür yıl. Toplam olarak bu süre bile tıbbın difteri, çiçek hastalığı, boğmaca, kızamık ve çocuk felci gibi hastalıklar üzerinde kurduğuna benzer bir kesin denetimi sağlamayacaktı –özellikle anti-viral bileşikleri uzun süreli kullanmayla ilintili yan etkiler göz önünde tutulduğunda.

Yerküreyi saracak yeni korkunç hastalıkların ortaya çıkacağına dair mevcut endişelere rağmen, makul bir yaklaşımla önümüzdeki yarım yüzyılda AIDS gibi yıkıcı yeni salgın sayısının sıfır ya da bir –muhtemelen sıfır– düzeyinde kalacağına emin olabiliriz. Zira yüzyılı epey aşkın bir süreden beri gittikçe hızlanan ve gittikçe daha uzak bölgeleri içine alan bir küresel insan karışımı yaşanıyor. Bu karışım şimdiye kadar bizi neredeyse dünyanın her kesiminden patojenlere maruz bırakmış olmalı. Böyle bir karışıma rağmen, (bildiğimiz kadarıyla) coğrafi bakımdan dar bir alandan yayılarak yıkıcı bir küresel salgına yol açan tek bir yeni patojen var: HIV-1. AIDS salgını bir örnek olarak gösteren bilimciler ve bilim dünyası dışından kişiler, başka patojenlerin benzer tehditler yaratabileceği uyarısında bulun-

muştur. Aşına olduğumuz adaylar şunlar: Ebola ve Marburg gibi egzotik kanamalı virüsler; sivrisinek kökenli Batı Nil virüsü; hanta virüsü (ABD'nin Güneybatı bölgesinde yakın dönemde ortaya çıkan “dört köşe” hastalığının faili); deli dana hastalığına ve insandaki dengi yeni Creutzfeld-Jakob varyantına yol açan priyon. Ancak endişeler yersiz. Bu patojenler hasta ettikleri kişiler için feci sonuçlar doğurmakla birlikte, küresel facia tehlikesini barındırmıyorlar. Düpedüz uygun özelliklere sahip değiller. Batı Nil virüsünün insanlardan sivrisineklere geçmesi mümkün değil. Ebola virüsünün dış ortamdaki dayanıklılığı öldürücü insan enfeksiyonu döngülerini sürdürecektir ölçüde değil. Priyonlar ancak yamyamlık ve kornea nakli gibi olağandışı ve denetlenebilir durumlarda insandan insana bulaşıyor.

Asıl tehdit halen aramızda dolaşan ve bizi öldüren ya da evrimle öldürme gücünü arttırabilecek olan patojenlerden geliyor. Enfeksiyon nedenselliğinin oynadığı role ilişkin mevcut bulgular doğruysa, kalp krizi, inme, Alzheimer hastalığı ve kanser gibi feci küresel salgınlardan zaten ölmekteyiz –öldürücü olan, ama dikkate alınmayan enfeksiyon etkenlerinin yol açtığı salgınlardır bunlar. Leoparlar sinsice peşimizde dolaşırken, birkaç başıboş kedi yüzünden telaşlanıyoruz. Önümüzdeki yarım yüzyılda, leoparları sonunda tanıyacağız ve en azından bazılarını köşeye sıkıştırarak önlemler alacağız.

PAUL W. EWALD Amherst College’da biyoloji profesörüdür. Kuruluşuna katkıda bulunduğu ve dünyanın çeşitli yerlerindeki üniversite kampüslerinde, seminerlerde ve sempozyumlarda üzerine kapsamlı konferanslar verdiği bir disiplin olan evrimci tıp alanındaki uzmanlardan biridir. Bu disiplinin ortaya çıkışında dönüm noktası sayılan *Evolution of Infectious Disease*’in [Bulaşıcı Hastalığın Evrimi] yanısıra *Plague Time: How Stealth Infections Are Causing Cancers, Heart Disease, and Other Deadly Ailments* [Veba Zamanı: Gizli Enfeksiyonlar Kansere, Kalp Krizine ve Diğer Ölümcül Hastalıklara Nasıl Yol Açıyor] kitapları vardır.

GELECEK 50 YIL

21. YÜZYILIN İLK YARISINDA HAYAT ve BİLİM

Bilim müthiş bir hızla ilerliyor. Acaba bu ilerleme önümüzdeki 50 yılda neler getirecek? Bu değişiklikler günlük yaşamımızı nasıl etkileyecek? Amerika'nın en önemli popüler bilim yazarı John Brockman, **Gelecek 50 Yıl**'da, alanlarında önde gelen 25 bilimciyi biraraya getirerek bilimin geleceğini tartışmaya açıyor. Amaç, en son bilimsel araştırmaları geniş bir okur kitlesi açısından da anlaşılır kılmak. **Gelecek 50 Yıl**, Mars'ın keşfinden matematiğe, "canlı" olmanın ne anlama geldiğinden yüksek zekaya sahip ve genetik olarak mutlu bebekler oluşturma sorununa kadar birçok konuyu ele alıyor. Örneğin, 2050'de hayatın kökeniyle ilgili daha çok şey söyleyebileceğiz. Büyük Patlama'dan önce evrenin var olup olmadığını keşfetme konusunda elimizde daha fazla veri olacak. İnsan bedenini inşa etme yeteneği gelişecek, insan-makine kaynaşması artacak. Sanal dünyalar gerçek dünyayla içiçe geçecek... Elinizdeki kitap yakın gelecekteki olasılıkları keşfetmekle kalmıyor, oluşacak yeni dünyadaki gelişmelerin toplumsal ve siyasi sonuçlarını da gösteriyor.

