JOHN D.
BARROW

OLANAKSIZLIK

BİLİMİN SINIRLARI VE SINIRLARIN BİLİMİ

Sabancı Üniversitesi

2. Basım

Olanaksızlık

Bilimin Sınırları ve Sınırların Bilimi

John D. Barrow

SABANCI ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI

Olanaksızlık

Bilimin sınırları ve Sınırların Bilimi

John D. Barrow

Çeviri: Nermin Arık

Impossibility
The Limits of Science and The Science of Limits
Oxford University Press, Oxford, 1998

© John D. Barrow, 1998 / Sabancı Üniversitesi, 2009

Türkçe yayın hakları, Akcalı Ajans aracılığıyla alınmıştır
Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında,
yayıncının yazılı izni olmaksızın,
hiçbir yöntemle çoğaltılamaz.

ISBN: 975-8362-16-X

Birinci Basım: İstanbul, Mayıs 2002 (2000 adet)
İkinci Basım: İstanbul, Şubat 2009 (1000 adet)

Yayın Yönetmeni: Zafer Karaca
Yayın Danışmanı: İlhan İnan
Redaksiyon: Akın Yılmaz
Grafik Tasarım ve Uygulama: İnova Tasarım
Cilt: Balkan Ciltevi
Basım: Sena Ofset

Sabancı Üniversitesi
Orhanlı, Tuzla 81474 İstanbul
www.sabanciuniv.edu
http://yayinevi.sabanciuniv.edu

Olanaksızlık

Bilimin Sınırları ve Sınırların Bilimi

John D. Barrow

Çeviri: Nermin Arık

Sabancı Üniversitesi

Dünyanın anlamı,
arzu edilenle gerçeğin *ayırt edilmesidir.*

KURT GÖDEL

İçindekiler

Önsöz 1

I. Olanaksız Sanatı 5

Negatif düşünmenin gücü 7

Yüzler ve oyunlar hakkında 9

Her şeye muktedir olanlar 16

Paradoks 22

Görsel paradoks 23

Dilsel paradoks 30

Kesinliğin sınırları 33

Kozmik bir hız sınırı 37

Özet 39

II. İlerleme Umudu 41

Gökkuşağının ötesi 43

Telegraph Avenue yoluyla Polinezya'ya yolculuk 48

İlerleme ve önyargı 56

Sınırsız bilgi ukalâlığı 62

Negativizm 66

Olanaksız hakkında bazı 19. yüzyıl düşünceleri 71

Özet 81

III. Geleceğe Dönüş **83**
Bilimin sınırlarından ne kastediyoruz? 85
Olanaklı gelecekler 87
Karmakarışıklık 96
Seçici ve mutlak sınırlar 100
İnşacılar mı yoksa cerrahlar mı olacağız? 102
Vadeli işlemler pazarı 104
Yapılacak daha kaç keşif var? 118
Özet 119

IV. İnsan Olmak **121**
Akıl ne işe yarar? 123
Sözcüklere güvenmek 131
Çağdaş sanat ve bir kültürün ölümü 134
Karmaşıklık maçı: Olası-değil Dağı'na tırmanma 137
İzlenebilir olmama 142
Öncü ruh 151
Çeşitliliğin sonu 153
Bilim her zaman kendi sonunu hazırlar mı? 156
Ölüm ve bilimin ölümü 158
Sınırların psikolojisi 160
Özet 162

V. Teknolojik Sınırlar **165**
Evren ekonomik bakımdan tutarlı mı? 167
Neden bu konumdayız? 169
Büyüklüğün bazı sonuçları 172
Doğa kuvvetleri 175

Evreni manipüle etmek 180
Kritik durum: Kum bilmecesi 193
Şeytanlar: Maliyeti hesaba katmak 198
İki gelecek tipi 204
Teknolojik ilerleme kaçınılmaz mıdır veya, her zaman arzu edilir mi? - bir masal 208
Özet 213

VI. Kozmolojik Sınırlar 215
Son ufuk 217
Enflasyon - bunca yıl sonra hâlâ çılgın 228
Kaotik enflasyon 235
Evren açık mı yoksa kapalı mı? 237
Sonu olmayan enflasyon 238
Evrenlerde doğal seçim 242
Topoloji 244
Evrenin bir başlangıcı var mıydı? 247
Çıplak tekillikler: En son hudut 252
Boyutlar 255
Simetri-kırma 257
Özet 261

VII. Derin Sınırlar 263
Gerçeklikteki örüntüler 265
Paradokslar 271
Tutarlılık 274
Zaman yolculuğu: Evren tarihçiler için güvenli mi? 276
Eksiksizlik 288

Olanaksız yapılar 293
Mecazi olanaksızlıklar 298
Özet 299

VIII. Olanaksızlık ve Biz **301**
Gödel Teoremi ve fizik 303
Gödel, fiziği engelliyor mu? 307
Gödel, mantık ve insan aklı 319
Özgür irade problemi 322
Tepki oyunu 327
Canlanan matematik 329
Daha değişik türden bir olanaksızlık 331
Arrow Olanaksızlık Teoremi 336
Özet 341

IX. Olanaksızlık: Değerlendirme **343**
Olanı olmayanla anlatmak 345

Notlar **351**

Dizin **381**

Roger Tayler'ın Anısına

Önsöz

Önsöz kitabın en önemli bölümüdür.
Eleştirmenler bile okurlar onu.

PHILIP GUEDALLA

Olanaksızlıkla hem bilimciler hem de filozoflar çok ilgilenir. Bilimciler, olanaksız olduğuna inanılan şeylerin gerçekte tümüyle olanaklı olduğunu göstermekten hoşlanırlar. Filozoflar ise, tam tersine, genellikle akla çok yakın görünen şeylerin gerçekte olanaksız olduğunu göstermeye yatkındırlar.

Doğanın güvenilir "yasalarla" yönetildiğine ilişkin tartışma ötesi kanıtlar bizim olanaklı ile olanaksızı ayırdetmemize izin verir. Yalnızca, olanaklı ile olanaksız arasında bir ayırım olduğuna inanan kültürler bilimsel ilerlemeye elverişli doğal ortamı sağlamışlardır. Ne var ki, "olanaksızlık" sadece bilim hakkında söz konusu değildir. Önümüzdeki sayfalarda sanat, edebiyat, politika, ilahiyat ve mantık alanlarındaki olanaksızlıkların, insan aklını beklenmeyen adımlar atmaya teşvik ettiği durumlardan bazılarını ele alacağız. Bu da bize olanaksızlık kavramının, gerçek olanın doğasına ve içeriğine nasıl ışık tuttuğunu gösterecektir.

Olanaksızlık düşüncesi çok kişinin aklında alarm zillerini çaldırır. Evrenin insan tarafından anlaşılmasında ya da bilimsel ilerlemenin kapsamında sınırlar olabileceği yolundaki herhangi bir olasılık, bazı kişiler için, bilimsel girişime olan güveni baltalayan tehlikeli bir işa-

rettir. Bilinmeyenin sınırsızca araştırılmasının tehlikelerinden korktukları ve amaçlarından kuşku duydukları için bilimin sınırlı olabileceği yolundaki düşünceye heyecanla sarılan kişiler de, aynı ölçüde önyargılıdırlar.

Her yüzyılın sonunda, bilimde bir genel değerlendirme yapıldığı görülüyor. Aşağıda göreceğimiz gibi, geçen yüzyılın sonunda, bilimin sınırları konusu çok canlıydı; asla çözülemeyecek problemler bulma girişimleri oldu. Bu problemler ilgiyle okunabilir. Ancak yüz yıl sonra insanlar, bugün *bizim* ilgilendiğimiz şeyler hakkında acaba ne düşünecekler? 20. yüzyılın sonuna yaklaşırken, geriye baktığımızda, ilerleme dolu olağanüstü bir yüzyıl ve olağanüstü özelliklere sahip bir bilimsel ilerleme görüyoruz. Birçok araştırma alanında bir yeni yaklaşım ortaya çıkmış; bu sayede de bilimsel teori, isabetli öngörülerde bulunmada nicelik ve nitelik bakımından öylesine başarılı olmuştur ki, uygulayıcılar sona erişilip erişilmediğini, teorilerinin kendi alanlarına giren her şeyi açıklayıp açıklayamayacağını sorgulamaya başlamışlardır. Ancak daha sonra beklenmedik bir şey olur: Teori, öngörüde bulunamayacağını öngörmüştür. Bu, kapsadığı alanın sınırlaması değil, teorinin *kendi kendini* sınırlamasıdır. Bu sonuç çarpıcı biçimde o denli tekrarlanıyor ki, bilimsel teorilerin gelişmişliğinin 'kendini sınırlama özelliği' ile saptanabileceği akla geliyor. Bu sınırlar sadece teorilerin yetersiz, uygunsuz ve düşük hassasiyette olmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıyor; bilginin doğası ve evreni kendi içinden araştırmanın sonuçları hakkında da bize derin birşeyler anlatıyorlar.

Bilimin sınırları ve sınırların bilimi üzerindeki çalışmalarımız bizi, uygulamadaki maliyet, hesaplanabilirlik ve karmaşıklık gibi sınırlardan alıp; doğanın büyüklük, yaş, ve karmaşıklık görünümünün tam ortasındaki konumumuzda bilebileceğimiz şeylere getirilen kısıtlamalara götürecektir. Olası teknik geleceğimiz konusunda spekülasyonlar yapacağız: Doğanın büyük, küçük ve karmaşık bölgelerinde doğayı manipüle etme olanaklarını gösteren tayfta, şimdiki yeteneklerimizin konumunu saptayacağız. Ancak karşılaştığımız sınırlar sadece pratik gerekçelerden kaynaklanmıyor. İnsan olmamızın getirdi-

ği kısıtlamalar da var olabilir. İnsan beyni, bilim hatırda tutularak geliştirilmiş değildir. Bilimsel seziler de, sanatsal duyularımız gibi, uzak geçmişlerde karşılaştıkları çevre koşulları ile daha iyi uyum sağladıkları için varlıklarını sürdürmüş bir takım niteliklerin yan ürünleridir. Bu belirsiz kökenler, belki de bizim evreni anlama arayışımızda bazı şeylerden vazgeçmemize yol açacaktır.

Daha sonra, olanaklı bilgi konusunu ele alacağız. Evrenin başlangıcı, sonu ve yapısı hakkındaki önemli kozmolojik soruların çoğunun yanıtlanabilir olmadığını göreceğiz. Evren hakkındaki çağdaş görüşler, astronomlar tarafından güvenle açıklanmaktadır. Ancak bu açıklamalar öyle basitleştirilmiştir ki, evrenin sonlu ya da sonsuz, açık ya da kapalı, sonlu süreli ya da sonsuz süreli olup olmadığını bilmemizin neden mümkün olmadığı konusu hep karanlıkta kalmıştır. Son olarak da, Gödel'in matematiğin sınırlamaları hakkındaki ünlü teoremlerinin gizemi üstünde duracağız. Doğru veya yanlış oldukları asla saptanamayacak aritmetik ifadelerin varlığının kaçınılmaz olduğunu biliyoruz. Bunun gerçek anlamı nedir? Bu teoremin gerisinde yatan giz nedir? Bilim bakımından etkileri nelerdir? Bu, hiçbir zaman yanıtlayamayacağımız bilimsel sorular olduğu anlamına mı gelir? Yanıtların beklenmedik olduklarını ve bizi, doğadaki tutarsızlığı, zaman yolculuğu paradokslarını, özgür iradenin doğasını ve aklın işleyişini ele almaya yönelttiklerini göreceğiz. Daha sonra da, bireysel seçimlerden ortak seçimlere geçmeye çalışmanın bazı tuhaf sonuçlarını araştıracağız. Bu bir oylama sonucu ya da birbiriyle yarışan seçenekler karşısında aklın bir karar alması sonucu olsa da, bütün karmaşık sistemler üzerinde yankıları olabilecek derin bir olanaksızlıkla karşı karşıya olduğumuzu göreceğiz.

Burada, bu temel sınırların acayip dünyasında, bazı özgünlüklerin açıkça görülebilmesine izin verecek ölçüde karmaşık olan dünyaların açık-sonlu olmaları gerektiğini, bunun da tek bir mantıksal sistemin sınırları içinde kalmaya karşı koyduğunu öğreniyoruz. Bilincin ortaya çıkmasına yetecek ölçüde karmaşık olan evrenler, kendileri hakkında kendi içlerinden bilinebilecek şeylere sınırlamalar koyarlar.

Yolculuğumuzun sonunda, okuyucunun olanaksızlık konusunda ilk bakışta görülenden çok daha fazlası olduğunu anlayacağını umarım. Bunun, olup biteni anlamadaki katkısı hiç de olumsuz değildir. Hatta bilinmesi, yapılması, görülmesi olanaksız olan şeylerin, giderek evreni, olanaklı olanlardan daha açık, daha tam ve daha kesin olarak tanımladığını yavaş yavaş anlayacağımıza inanıyorum.

Bu kitap, ne yazık ki tamamlandığını görecek kadar yaşamayan, Roger Tayler'ın anısına adanmıştır. Sussex'deki meslektaşlarına, İngiltere'deki ve tüm dünyadaki gökbilimcilere verdiği özverili hizmetler, ona, bu bilim insanlarının saygı, hayranlık ve dostluğunu kazandırmıştı. Yokluğu derinden hissedilmektedir.

Bana düşünceleri ve öğütleriyle yardım eden, ya da resimler ve referanslar sağlayan birçok kişiye, özellikle David Bailin, Per Bak, Margaret Boden, Michael Burt, Bernard Carr, John Casti, Greg Chaitin, John Conway, Norman Dombey, George Ellis, Mike Hardiman, Susan Harrison. Jim Hartle, Piet Hut, Janna Levin, Andrew Liddle, Seth Lloyd, Harold Morowitz, David Pringle, Martin Rees, Nicholas Rescher, Mark Ridley, David Ruelle, John Maynard Smith, Lee Smolin, Debbie Sutcliffe, Karl Svozil, Frank Tipler, Joseph Traub ve Wes Williams'a teşekkürlerimi sunarım. Eşim, birçok pratik yoldan bana yardım etti ve evin kâğıt yığınlarıyla dolmasını şaşılacak bir hoşgörüyle kabul etti; çocuklarımız David, Roger ve Louise için ise bu kitap, telefonun sınırsız kullanımının gerçekten temel limitleri olabileceği endişesine yol açtı.

J.D.B
Brighton
Kasım 1997

I

Olanaksız Sanatı

Eğer yaşlı ve ünlü bir bilimci bir şeyin olanaklı olduğunu söylerse, büyük olasılıkla haklıdır; ama eğer olanaklı olmadığını söylerse, büyük olasılıkla yanılmaktadır.

ARTHUR C. CLARKE

Negatif düşünmenin gücü

Lord Young'ın hoşuma giden yanı şudur:
Hepiniz bana sorunlar getirirken, o çözümler getiriyor.
MARGARET THATCHER

Kütüphane rafları aklın ve silikon çip'in başarılarını açıklayan kitaplarla doludur. Bilimin bize neyin yapılabilir olduğunu ve neyin yapılacağını söylemesini bekleriz. Hükümetler yaşam kalitesini iyileştirmek ve bizleri daha önceki "iyileştirmeler" den korumak için bilimcilerden medet umarlar. Fütürologlar insan araştırmasına bir sınır tanımazken sosyal bilimciler bunun yol açtığı problemlerin tükenmeyeceğini düşünürler. Medyanın bilimin gelecekte nereye yöneleceği konusundaki düşüncesi, büyük aşamalar kaydetme beklentimizin etkisi altındadır; genetik kodu çözme, tüm bedensel hastalıkların tedavisi, maddesel evrenin atomlarını manipüle etmek ve en sonunda bizimkileri aşan bir akıl üretmek. İnsan ilerlemesi giderek daha çok, çevremizdeki dünyayı küçük büyük her ölçekte, ustalıkla manipüle etme yarışına benzemektedir.

Böyle bir bilimsel başarı öyküsü yazmak kolay olabilir. Ancak anlatacak bir başka öykü daha var: Bilineni değil bilinmeyeni anlatan bir öykü; olanaksız olanın, aşılamayacak engellerin ve sınırların öyküsü. Bu, insana biraz ters gelebilir. Kuşkusuz, bilinmesi olanaksız olan şeyleri ele almadan bile, bilinmeyen şey hakkında söylenecek pek az şey var. Ne var ki, olanaksız olma, güçlü ve inatçı bir kavramdır. Farkına varılmadan, tarihimiz üzerindeki etkisi derin ve kapsamlı olmuştur. Onun, evrenin en derinlerde neye benzediğini gösteren resmimizdeki önemli konumu yadsınamaz. Ancak, 'olanaksız'ın po-

zitif rolü eleştirmenlerin dikkatinden kaçmıştır. Amacımız bilimin bazı sınırlarını açıklığa kavuşturmak, zihnimizin olanaksız hakkındaki farkındalığının bize nasıl bir yeni gerçeklik perspektifi kazandıracağını göstermektir.

Gençliğimizde her şeyi bildiğimizi sanırız. Ancak yaşlandıkça, daha bilge olabilmişsek, sandığımızdan daha az şey bildiğimizi yavaş yavaş anlarız. İnsanın gelişmesi konusunda ozan W. H. Auden şöyle demiştir:

> Yirmi ile kırk yaşları arasında kim olduğumuzu keşfetmeye çalışırız. Bu süreç, aşmak zorunda olduğumuz rastlantısal sınırlar ile doğamız gereği var olan ve izin verilmeden ötesine geçemeyeceğimiz sınırlar arasındaki farkı öğrenmeyi içerir.[1]

Evrenin girdi ve çıktıları hakkındaki toplu bilgimiz de benzer şekilde gelişir. Bazı bilgiler, daha çok olgunun, daha kapsamlı teorilerin ve daha güçlü makinelerden elde edilen ölçümlerin birikiminden ibarettir. Bunun büyüme hızı, her zaman maliyetler ve pratik gerekçelerle sınırlıdır; bu sınırları, sürekli azaltmaya çalışarak, ufak ufak aşabiliyoruz. Ancak bir başka tür bilgi daha vardır: teorilerimiz doğru bile olsalar, sınırları olduğunun bilincinde olmamız. Söz ettiğimiz, alçak gönüllü bir araştırmacının bizim uzamımız dışında olan şeylerin var olabileceğinden kuşkulanması değil. Bilme sürecinin kaçınılmaz bir yan ürünü olan sınırları göz önüne seren bir keşif yolu vardır. Bu sınırları, onların ne olduğunu bulmak, evreni anlamanın çok önemli bir parçasıdır. Bunun anlamı şu: Bilgimizin sınırlarını araştırmak, bilimin keşfetmeyi umduğu bölgenin sınırlarını belirlemenin ötesinde bir şeydir. Bilim adını verdiğimiz kolektif keşfetme eyleminin doğasını anlamamızın can alıcı bir özelliğini oluşturan da budur: Bilemeyeceğimiz şeyleri bilebileceğimizi söyleyen, paradoks türü bir açıklama. İnsan bilincinin en çarpıcı sonuçlarından biridir bu.

İnsanın araştırdığı derin konuların bir çoğunda, şaşırtıcı bir örüntü göze çarpar. Dünya gözlemlenir, örüntüler farkedilir ve bunlar matematiksel formüllerle ifade edilir. Formüller, görünen hakkında giderek daha çok öngörüde bulunurlar ve onların açıkla-

yıcı ve öngörüsel gücüne duyduğumuz güven artar. Çok uzun bir süre formüller hiç yanılmaz; öngördükleri her şey görülür. Bu sihirli formülleri kullananlar, onların her şeyi anlamamıza olanak sağlayacağını öne sürmeye başlarlar. İnsanların araştırdığı bir konunun sonu görünüyor gibidir. Kitaplar yazılmaya, ödüller verilmeye başlar; popüler açıklamaların ise sonu yoktur. Derken, beklenmedik bir şey olur. Bu, doğanın formülleri yalanlaması demek değildir. Formüllere aykırı düşen bir şey görülmesi demek de değildir. Bu, çok daha sıra dışı bir şeydir. Formüller bir çeşit iç savaşın kurbanıdırlar: Öngöremeyecekleri şeyler olduğunu, gerçekleşemeyecek gözlemler olduğunu, doğru ya da yanlış oldukları saptanamayacak ifadeler olduğunu öngörürler. Teori, yalnızca uygulanabilme bakımından sınırlı değildir; *kendini* de sınırlamaktadır. İç tutarsızlık ya da dünyada gördüğümüz bir şeyi açıklamada yetersiz olduğu yolunda hiçbir açık vermeden, bir "olanaksız" *(no-go)* işareti verir. Sadece gerçekçi olmayan ölçüde basit bilimsel teorilerin, bu kaderden kaçınabildiğini göreceğiz. Karmaşık dünyaların mantıksal betimlemeleri, kendi sınırlarının tohumlarını içerirler. Tümüyle bilinecek ölçüde basit olan bir dünya, bunun bilincinde olan bir gözlemciyi içermek için de fazla basittir.

Yüzler ve oyunlar hakkında

Her şeyi bilecek kadar genç değilim.

J.M. BARRIE[2]

Eksiksiz bilgi, gökyüzündeki iştah açıcı bir pastaya benzer. Bazı yorumcuların zihninde bilimin aşikâr amacı olarak görünse de, çağdaş bilim kitaplarında pek rastlanmayan bir kavramdır. Çeşitli sözde-bilimlerin kalite damgası olmaktan başka, dünyanın doğasını konu alan sayısız eski mit ve masalda da, sıkça kullanılır. Bu öyküler hiçbir şeyi dışlamazlar; her şey için yanıtları vardır. Bilgisizliğin verdiği güvensizliği ortadan kaldırmayı ve insanların anlamlı bir rol oynadığı eksiksiz, tutarlı bir dünya resmi çizmeyi amaçlarlar. İnsana endişe veren 'bilinmeyen' düşüncesini giderirler. Eğer

yağmur ve rüzgârın insafına kalmışsanız, ne olduğu belirsiz olan bu şeyleri bir fırtına tanrısının doğasında var olan özellikler olarak somutlaştırmanın yararı olabilir. Günümüzde bile çevremizdeki dünyayı açıklamaya yönelik bir çok girişim hâlâ bu kalite damgasını taşımaktadır. Horoskop denen yıldız falları kişiliklerimizle yıldızların kanunları arasında bağlantı kurarak sahte bir kadercilik yaratmaya çalışır. Yarınların belirsizliği, olayların gelecekteki gelişmelerini içeren belirsiz genellemelerin arkasında gizlenir. Çağdaş demokrasilerin bireyleri arasında, her düşünce ve eylemlerini planlayan bir yıldız diktatörlüğü altında yaşamakta sakınca görmeyenlerin sayısı şaşılacak kadar çoktur.

Eksiksiz parçasız açıklamaya duyulan arzu, sahte bilimlerin çoğunu sarmıştır. Büyük Piramit'in geometrisini ya da Kabbalah'nın* şifresini kullanarak evrenin yapısını açıklayan yazılar gelir bana, bunlar genellikle bazı belirli özellikler taşırlar: Yalnızca açıklama içerirler; hiçbir öngörüleri yoktur; doğruluğunu sınayacak hiçbir test vermezler; kapsamadıkları hiçbir şey yoktur. Bir araştırma programının başlangıcı da değildirler. Çürütülebilir olmadıkları için, son sözü hep onlar söyler.

Her şeyi birbiri ile bağlantılama arzusu, köklü bir insan eğilimidir; kelime-işlemci ile gelen yeni moda bir şey değildir. Geçmişteki en ünlü örneği, matematik ile mistisizmi karıştıran eski Pisagor ekolünde görülür.[3] Sayılar evrenin birleştirici ögesiydi; öyleyse sayılarla gösterilebilen her şey, sonunda, aynı sayıyı taşıyan öteki şeylerle ilintilenebilirdi. Sayıların, öteki sayılarla olan ilişkilerinden ayrı olarak da anlamları vardı. Böylece müzikteki harmoni, gök cisimlerinin hareketleri ile bağlantılıydı. Kesirlerle ifade edilemeyen sayıların var olduğunun keşfedilmesi o denli derin bir krize neden oldu ki, bu sayılara "irrasyonel" sayılar denmesi gerekti. Bu sayıların Pisagorcuların betimlediği, eksiksiz aritmetik örüntülerin dışında olduğu anlaşılıyordu.

---

* Kabbalah: Musevi dininin, sonsuz ve bu nedenle de bilenemeyecek olan Tanrı ile, sonlu evreni ve günahı bağdaştıran, geleneksel gizli doktrinleri (Ç.N.).

Bizlerde var olan bu birleştirme eğilimi, zekâmızın önemli bir yönünün yan ürünüdür. Hatta, kendini-bilme zekâmızın düzeyini belirleyen özelliklerden biridir. Bilgiyi sınıflara ayırmamıza izin verir: Ve böylece, sonsuz sayıdaki farklı koşullarda geçerli olan kuralları ve yasaları bilerek, çok büyük sayıdaki şeyleri bilmemize de... Olanaklı her sayı çiftinin toplamını hatırlamamıza gerek yoktur; sadece toplama ilkesini bilmemiz yeterlidir. İlk bakışta benzer görünmeyen şeyler arasında ortak çarpanlar aramak ve bulmak, bellek ve deneyimden öğrenmek için (sadece deneyim *ile* öğrenmek yerine) ön koşuldur. Bazı kültürler dinsel dünya görüşlerini benimsemekle yetinmişlerdir. Ancak bunlar, ötekilerden çok daha az birleştiricidir. Doğanın ve yaşamın farklı yönleri için farklı tanrıları vardır. Bu bağlamda tek tanrılı inançlar, en ekonomik teolojik anlayışı sunmaktadır; buna karşı, birbirinden çok farklı tanrıların etkin olmak için birbirleri ile rekabet ettikleri dinler, daha az çekici görünmektedir.

Bütün insan deneyimleri, gerçekliğin ayrıntılı bütününü bir şekilde düzenlemekle ilişkilidir ("çok fazla gerçekliğe tahammül edemeyiz"). Sunulan bilgiler, duyularımız tarafından budanır; gözlerimiz ışık frekanslarının çok dar bir bölgesine, kulaklarımız ses düzeylerinin ve frekanslarının belirli bir bölümüne duyarlıdır. Eğer duyularımıza çarpan dünyaya ilişkin bilgileri son kuantumuna kadar algılasaydık, bunalırdık. Az sayıdaki genetik kaynaklar, orantısız biçimde bilgi-toplayıcı organlarda yoğunlaşırdı; bu durum, avlayandan kaçmak ya da besin kaynağını yakalamak için bilgiyi daha az ölçüde kullanan organlarımızın zararına olurdu. Çevresel bilginin eksiksiz olması, bire bir ölçekli bir haritaya sahip olmak gibi bir şeydir.[4] Bir haritanın yararlı olması için onun, arazinin en önemli özelliklerini özetlemesi ve içermesi, sıkıştırılmış enformasyonu kısaltılmış biçimlere sığdırması gerekir. Beyin bu özetlemeleri yapabilmelidir. Ayrıca, bunun yapılabilmesi için, çevrenin yeterince basit olması, uzay ve zaman bakımından bu özetlemeyi olanaklı kılabilecek ölçüde düzenli olması da gerekir.

Zihnimiz, yalnızca bilgi toplamakla kalmaz, ayrıca onu ayıklar ve belirli türlerde karşılıklı-ilişkiler arar. Bilgi yığınlarından örüntüler bulup çıkarmada da çok verimli hale gelmiştir. Bir örüntü farkedildiğinde, resmin bütünü yerine daha kısa bir özetini koymak mümkün olur, o da istendiğinde tekrar elde edilebilir. Bu eğilimler bize yardım eder ve zihinsel güçlerimizi artırırlar. Bu özet resmin bir bölümünü, başka zamanlarda ve farklı koşullarda tekrar elde edebiliriz, varyasyonlarını düşünebiliriz, bilmediğimiz bazı şeylere genişleterek kullanabiliriz, ya da unutup gideriz. Çoğu kez büyük bilimsel başarılar, olağanüstü bir bireyin karmaşık bir bilgi kütlesini tek bir örüntüye indirgeme yetisinin örnekleridir. Bu özetleme eğilimi laboratuvar kapısında da kalmaz. Gerçekliği kendi denetimimiz altında imiş gibi gösteren birkaç basit ilkeye indirgeme yeteneğimizin bir başka uygulamasını da, bilim dünyasının ötesinde, deneyimlerimizin dinsel ve mistik açıklamalara yönelmesiyle anlayabiliriz. Bütün bunlar çatallanmalara (dichotomy) yol açar. En büyük bilimsel başarılarımızın kaynağı, doğanın yüzeysel karmaşıklığının altında yatan yalınlığı açığa vuran en sezgili ve zarif indirgemelerdir. Öte yandan, en büyük hatalarımızın kaynağı, çoğu kez, gerçekliğin çeşitli yönlerinin aşırı basitleştirilmesidir; onların sanıldığından çok daha karmaşık hale gelmiş olduğu sonradan anlaşılır.

Eksiksizliğe olan eğilimimiz, simetriden hoşlanmamızla yakından ilişkilidir. Örüntüye karşı doğal bir duyarlığımız, kusursuz simetriden en belirsiz sapmaları bile hemen farkeden bir simetri duyarlığımız var. Dünyanın eksiksiz ve kusursuz bir betimlemesine duyduğumuz arzuda, bu tuhaf duyarlığın katkısı büyüktür. Bu nereden kaynaklanıyor?

Neden bu kadar garip yeteneklere sahip olduğumuzu anlamanın sağlam bir yolu, zihinsel yetilerimizin milyonlarca yıl önce, şimdi yaşadığımızdan çok farklı çevrelerde gelişmiş olduğunu hatırlamaktır. Bu ilkel çevrelerde bazı duyarlılıklara sahip olma, bunlardan yoksun olmaya kıyasla yaşam-sürdürme şansını artırmaya yol açıyordu. Yaşam-sürdürme şansını artıran nitelikler, önceden belirlen-



Şekil1.1 Yanal simetriye sahip normal bir insan yüzü°

miş bir amacı olmayan, karmaşık bir genetik kokteylin ifadesi olsa gerek. Bir niteliğin bir yönü yaşam-sürdürmede yardımcı olabilirse de, beklenmedik yollarla daha sonra ortaya çıkan yan ürünleri de olabilirdi. Estetik duyarlılıklarımızın çoğu bu dolaylı yolla ortaya çıkmıştır. Böylece, kesin bir simetri duyarlığına sahip olmamız gerektiğine ilişkin geçerli evrimsel nedenler bulabiliriz. Doğal çevreye baktığımızda, yanal (sağ-sol) simetri, kalabalık bir ortamda canlı ile cansızı belirlemede etkin bir ayıraçtır. Size canlı bir yaratığın baktığını hemen anlayabilirsiniz. Bu duyarlığın hayatta kalma bakımından değeri açıktır. Olası avcıları, eşleri ve yiyecekleri farketmemizi sağlar. Bu simetri duyarlığımızın biyolojik kökeni, insanın biçimi, özellikle de insan yüzü (Şekil 1) bağlamında kendini belirgin olarak açığa vurmasıyla da desteklenmektedir.

Bedensel biçimin -özellikle de insan yüzünün- simetrisi, insan güzelliğine ilişkin en yaygın bir ilk göstergedir; onu geliştirmek ve korumak için büyük çaba gösteririz.[5] Alt düzey hayvanlarda, eşler için çok önemli bir göstergedir. İnsanlardaysa, estetik beğenimizi etkileyen yan ürünleri vardır ve örüntülere, simetriye, biçime karşı aşırı duyarlığımızın ardında yatan odur. Örüntülere karşı bizde var olan bu çok katlı görsel duyarlığı henüz hiçbir bilgisayarın üretmeyi başaramamış olması ilginçtir.[7]

Bu duyarlığın anlamı şudur: Simetriden sapmalar hemen farkedilir ve kendilerine özgü ince yorumlara yol açar. Dikkatimizi çok çarpıcı biçimde çektikleri için mizahta (İngiliz) çok kullanılırlar. Limerik* biçemin geleneksel anapestik** formundan klasik sapmanın etkisini deneyin.

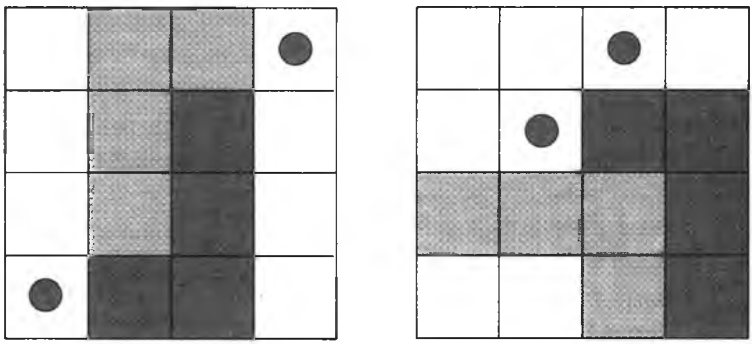
Milano'da bir genç adam vardı
Şiirlerinde vezin bulunamazdı;
Soruldu ona bunun nedeni,
Yanıt olarak şunu söyledi:
Çünkü, son dizeye olabildiğince fazla sözcük
sıkıştırmak isterim, hep yaptığım gibi...

Eksiksizliğe olan yatkınlığımızın küçük-ölçekli bir örneği oyunlar dünyasında görülebilir. Sıfırlar ve Çarpılar (Naughts and Crosses) gibi basit oyunlar tümüyle öngörülebilirler. Biraz düşününce, kim başlarsa başlasın ve rakip nasıl oynarsa oynasın, hiç kaybetmeden oynayacağınız bir strateji bulabilirsiniz. Dama ve satranç (ya da Çin satrancı) daha zevklidir; çünkü onlarda, tümüyle öngörülebilen bir eksiksizlik yoktur. Hiç sona ermeden devam eden en basit oyunun, Edward De Bono'nun L-Oyunu olduğu söylenir.[8] Her oyuncunun, küçük bir oyun tahtasında herhangi bir yere konabilen L- şeklinde bir taşı vardır. L-taşını koyduktan sonra siyah yuvarlakların biri ya da ikisi boş karelere konur, ya da her ikisine de dokunulmaz.

---

* Limerik: 1, 2, 5. dizeleri ile 3, 4. dizeleri kendi aralarında uyak olan beş dizeli, genellikle mizahî şiir. (ç.n.)

** Anapestik: İki kısa ve bir uzun heceden oluşan vezin. (ç.n.)



(a) (b)

Şekil 1.2 (a) Edward de Bono'nun tasarladığı L-oyununda taşların başlangıçtaki konumu. Birinci oyuncu kendi L-taşının yerini değiştirerek başlar, sonra da bir ya da iki yuvarlak taşı boş karelere getirir; veya yuvarlak taşlara hiç dokunmaz. Amaç, rakibin L-taşını oynamasını engellemektir. (b) Açık renkli L-taşı için kazanma düzeni. Oyun sırası koyu renkli oyuncudadır, ama koyu L için gidecek yer yoktur.

Oyunun amacı bir sonraki adımda rakibinizin L-taşını oynatmasını engellemektir. Şekil 1.2'de, başlangıçtaki konumlar ile tipik bir kazanma düzeni gösterilmiştir.

Horton Conway'ın Yaşam Oyunu[9] gibi kuralları aldatıcı basitlikte olan oyunlar, büyük karmaşıklıkta o denli çok gelişmelere sahiptirler ki, ortaya çıkabilecek bütün olanaklı durumları saptamak olanaksızdır. Bu oyunun karmaşıklık düzeyinin, aritmetiğin tümü kadar olduğu bile gösterilmiştir. Bizim doğal dünyayı araştırma girişimlerimizin, en sonunda, herhangi bir anlamda tamamlanıp tamamlanmayacağını sorgulayabiliriz. Belki de, doğanın bütün yasaları keşfedilebilir —her ne kadar sonuçları listelenebilir olmasa da. O zaman Sıfırlar ve Çarpılar oyununun bıkmayan tiryakileri gibi, doğal dünyada bulduğumuz hiçbir şey bizi şaşırtmayacaktır. Daha sonraki bölümlerde bu soruya farklı açılardan bakmak için, konuya tekrar tekrar döneceğiz.

Her şeye muktedir olanlar

Bu, insanlar için olanaksızdır; ama Tanrı için her şey mümkün.
ST. MATTHEW[10]

Olanaksız kavramının dinsel fikirlerle iç içe olan bir tarihi vardır. İnsan kültürlerinin çoğu, kendilerinden daha güçlü olan varlıkları kabul etme ya da onlara tapma arzusunu sergilemişlerdir. Bu "tanrılar"ın insan üstü güçlere sahip olduklarına inanılmıştır; onları ölümlü erkek ve kadınlardan ayrıcalıklı kılan da budur. Onlara atfedilen güçler, insanların sahip olmadıkları, abartılı-insana özgü güçler olabilirdi. En uç durumlarda, tanrılar, onları her şeyi yapmaya ve her şeyi bilmeye muktedir kılan sınırsız güçlere sahip olabiliyorlardı.

Aldatıcı ölçüde basit görünen bu düşünce, sorunlardan arınmış değildir. Belirli bir tanrıya inananlara, kendi tanrılarının sınırsız güce sahip olmasının, en azından komşunun tanrısına hizmet etmeyi önlediği için çekici geleceğini anlayabiliriz. Ancak biraz daha derine indiğimizde, eğer tanrılarının gücü bazı bakımlardan sınırlıysa; onu sınırlayan her neyse ya da her kimse, olayları kontrol etmekte kendi tanrılarından daha fazla söz sahibi olsa gerek. Eğer tanrınızın rüzgâr üzerinde egemenliği yoksa, o zaman rüzgâr, üstün bir tanrı olduğunu haklı olarak ileri sürebilir; zamanla birileri rüzgârın üstün gücüne yakaracaktır.

Sınırlı güçleri olan bir tanrının bir inanılırlık sorunu varsa da, sınırsız güce sahip olanların, ilke bazında çok daha derin sorunları vardır. O'nun için hiçbir şeyin olanaksız olmadığı bir Varlık nasıl var olabilir? Kimin için, 2 + 2 = 5 dir; kimdir varlığının sonu gelmeyen; kim mantık yasalarına bağımlı değildir? Kuşkusuz bazı şeyler olanaksız olmalıdır; yoksa kaos ve çelişki kapıdadır. Eğer bir tanrının tanımlayıcı nitelikleri varsa, o zaman, bu niteliklere karşıt olan ve onun için olanaksız eylemleri belirleyen nitelikler de vardır. Geleneksel dinlerin çok azı, bu zor sorularla yüzleşir; ancak yine de bu sorular birçok bilimciyi rahatsız eder.[11] Merhum Heinz Pagels, bu sorunun, tanrıya -önceleri var olan- inancını nasıl yok ettiğini şöyle anlatıyor:

> Lisede okuduğum dönemde, Tanrı'nın nasıl bir varlık olabileceği konusunda düşündüğümü hatırlıyorum -merak ediyordum, ...Dahası, eğer Tanrı her şeye muktedirse, mantık yasalarını değiştirme gibi şeyler yapıp yapamayacağını sorduğumu da hatırlıyorum Eğer mantık yasalarını değiştirebiliyorsa o, yasa tanımayan, anlaşılamayacak bir Varlıktı. Öte yandan, eğer mantık yasalarını değiştiremiyorsa, o zaman hiç de her şeye muktedir değildi. Bu seçenekler beni tatmin etmedi. ....Bu onlu yaşlar teolojisi, bende şu izlenimi bıraktı: ya Tanrı mantık yasalarına bağımlı değildi, ki bu durumda Tanrı hakkında rasyonel biçimde düşünmenin yararı yoktu; ya da mantık yasalarına bağımlıydı, o zaman da pek etkileyici bir Tanrı değildi.[12]

Bazılarımız, doğanın işleyiş kurallarına (ya da en azından, bizim onlarla olan deneyimlerimize) karşı gelen bir olay olan "mucize" kavramından rahatsızlık duymaz; oysa mantık veya matematik yasalarının ihlalini hiç kimse aynı rahatlıkla karşılamıyor.

Antik otoriteler, tutarlı olan eylemlerle tutarlı olmayan eylemleri daha belirgin biçimde ayırt etmeye çalıştılar; ikincisinin, tanrısal niteliklere sahip bir varlık için mantık bakımından olanaksız olduğunu düşündüler. Bu ayırımlar çağdaş kulaklara oldukça kaypak geliyor. Mucizeyi savunan bazı kişiler, evrende neyin olanaklı olduğu konusundaki bilgimizin yetersiz olduğunu vurgulayarak, Tanrı'nın eylemlerinin doğa yasalarının dışında olduğunu öne sürdüler. Bazıları ise, O'nu, kaotik duyarlılıklı durumların gelecekte nereye yöneleceğini saptama yetimizin olmayışı ile açıklamaya çalıştı.[13]

Musevi-Hıristiyan vb. dinsel geleneklere baktığımızda, Tanrı'nın tanımlayıcı niteliğinin, insanlar için "olanaksız" olan şeyleri yapma yetisi olduğunu görürüz. 17. yüzyılda Thomas Browne "Yalnızca olanaklılığa inanmak, inanç değil, felsefedir." diyerek buna karşı gelmiştir.[14] Bu özellik aynı zamanda Tanrı ile insanlar arasındaki tanımlayıcı farkı saptamaya da yarar: Tanrı ile insan arasındaki derin ayırımı belirleyen şey, insanın sınırlarıdır. Bu yüzden, sihirbazlar ve şamanlar ortaya çıkarlarken, mucizevî görünen güçler göstererek ve bizlerin yapamadığı şeyleri yaparak kendi statülerini onaylatmak isterler. Onlar, aralarında bir hiyerarşi bulunan ve eylemlerindeki si-

nırlamalar azalıp zayıfladıkça konumları yükselen varlıkların bulunduğu bir evren görüşünü benimserler.

Dinsel geleneklerimiz, insan düşüncesi ve eylemi üzerindeki kısıtlamaların, çoğu kez tanrılar tarafından *konulduğunu* açıklar. Bunları aşmamızı engelleyen bizim ölümlü doğamız değildir; bunlar, kütle çekimi yasasından çok, otoyoldaki hız limitine benzer; dikkate almadığımızda sonucundan sorumlu olacağımız tabular olarak sunulurlar. İnsan kültürlerinin çok büyük bölümünde tabular vardır. Bunlar tanrıların adlandırılmasına, bazı yerlerin ziyaret edilmesine ya da nüfus sayımına konan yasaklar olabilir.[15] Nasıl ki dünyasal hükümdarlar tebaalarının davranışı üzerine, onları etkilemek dışında hükümdara bir yararı olmayan kısıtlamalar koyarlar; tanrıların da benzer uygulamaları olacağı düşünülür. İtaat etme alışkanlığı, herkesin öğrenmesi gereken değerli bir derstir -bu, ordudaki bir başçavuşun yürekten katılacağı bir düşünce. Böylece, olanaksızlık kavramının, hiç zorlanmadan, birçok yolla dinsel düşüncelerimizin kalbine yerleşmiş olduğunu görüyoruz.

Tevrat'ın Yaratılış[16] kitabındaki "İyi ve Kötünün Bilgi Ağacı"nın yasaklanmış meyvesi ilginç bir örnektir. Çünkü genellikle birbirinden ayrılmış iki kavramı birleştirir: yasaklanmış eylemler ve yasaklanmış bilgi. Bilgi ağacının meyvesini yemeyi yasaklamak, yeni bir bilgi biçiminin bilincine varmayı önlemek içindir. O günden bu yana, "yasak meyve", insan davranışları üzerindeki her türden tabu için kullanılan bir deyim haline gelmiştir.

Yasaklanmış eylemlerle oldukça sık karşılaşırız; yasal sistemimiz onlarla doludur. Yasaklanmış bilgi ise daha tartışmalı bir kavramdır. Bütün çağdaş devletler gizli bilgilere sahiptir, çeşitli nedenlerle bazı bilgileri bazı kişilerden saklarız -güvenlik, gizlilik, parasal avantaj, kötü niyet, şaşırtmaca vb... Buna karşılık, *bilgi edinme* özgürlüğünün, -hangi biçimde olursa olsun, eğitim ve adalet hakları gibi temel bir insan hakkı olarak- bütünüyle bulunması gerektiğini savunan pek çok insan vardır. Bu konu, internete getirilen kısıtlamalar ve bazı hükümetlerin PGP (Pretty Good Privacy)[17] gibi herhangi bir devlet bilgi-işlem sistemi tarafından şifresinin kırılması mümkün olmayan bazı şifreli programların serbestçe elde edilmesine karşı aldığı tavırlar-

la, bir karşılıklı tartışma konusu haline gelmiştir. Bir başka yaklaşım da, bilginin 'özel' olmadığını ileri süren uzlaşmacı tutumdur (İngiliz tutumu). Herhangi bir insan eylemi ya da mülkiyeti gibi (silah, otomobil, vb.) bilgi de, toplum yararı için demokratik olarak uygulanan kısıtlamalara tâbi olabilir (tıpkı, kredi kartınızın PIN sayısının her gün gazetelerde açıklanmasını arzu etmemeniz gibi).

Dinsel tabular genellikle, tanrıların ayrıcalıklı olmalarını sürdürmek için tasarlanmışlardır. 'Her Şeye Muktedir' olana bir üstünlük sağlanacaksa eğer, bazı şeyler, onun dışındaki herkes için olanaksız olmalıdır. Bazı İslami kültürlerde, kusursuz örüntülü mozaikler üretmeye karşı bir direnme vardı; çünkü bu, Allah'ın korumasında olan kusursuzluk bölgesine tecavüz etmek olurdu. Görülüyor ki, bazı dinlerde insanların sınırlı ve ölümlü olmaktan dolayı bilemeyecekleri şeyler olmasına karşı, başka dinlerde tanrıların ayrıcalıklı durumlarını ihlal etme korkusuyla, insanların yapmayı bildikleri ama yapmamaları gereken şeyler de vardır.

Alan Cromer, Müslümanlık ve Musevilik gibi büyük tek tanrılı dinlerin, bilimin gelişmesini güçleştiren ortamlara yol açtığını ileri sürmüştür. Bunun birincil nedeni, olanaksızlık nedir bilmeyen tanrılara odaklanmalarıydı:

> Olanaksızlığa inanma, mantığın, çıkarımsal matematiğin ve doğa bilimlerinin başlangıç noktasıdır. O, ancak, her şeye muktedir olduğu inancından kendini kurtaran bir akılda ortaya çıkabilir.[18]

Buna karşı, doğa yasaları ile kısıtlanmamış olan, her şeye muktedir, müdahaleci bir varlık, doğanın tutarlılığına da gölge düşürür. Dünyayı bilimsel olarak anlamak için olanaksızlık kavramının bir önkoşul olduğu görülmektedir. Bu ilginç bir argümandır; çünkü, evrensel doğa[19] yasaları düşüncesini desteklediği için, tek tanrılılığın da bilimin gelişebileceği bir ortam sağladığı iddia edilmişti. Her Şeyi Bilen bir tanrının buyrukları, dünyanın işleyişinin nesneler üzerine dışardan empoze edilmiş yasalarla yönetildiği inancına yol açtı. Bu, dünyadaki nesnelerin davranışlarının nedeninin kendi içlerinde var olan özellikler olduğu düşüncesine karşıttı. Aradaki fark önemlidir. Eğer her taş kendi iç doğasının buyrukları ile, ya da

öbür taşlarla uyum içinde olmak için hareket ederse, o zaman her taş farklı davranırdı ve hareket eden bütün taşlarda ortak olan alışılmış davranışları aramak için pek de bir neden olmazdı. Bu yaklaşımın bir özelliği şudur: Her ne kadar soyut bilimin gelişmesi ile ve dışardan empoze edilmiş doğa yasaları ile tutarlıysa da, onun güvencesini vermiyor. Bir tek-tanrı görüşünün olmamasının, matematiksel bilimlerin gelişmesini engellediği ve doğanın[20] temelinde akılcılığın ve tekliğin yattığına olan inancın zayıflamasına yol açtığı yolunda eski Çin'de güçlü kanıtlar vardır. Ancak, Batı biliminin Musevi-Hıristiyan ve İslam kültürünün kaçınılmaz bir sonucu olduğunu, bu tek-tanrı inancı olmasaydı onun gelişmiş olamayacağını gösterme olanağı yoktur; bu, teolojik bir dünya görüşünün beklenmedik bir yan ürünü de olabilirdi, ne var ki bu iki dinsel kültürün dünyaya yaklaşımları ve amaçları farklı olabiliyordu. Belki de, Oscar Wilde'ın ciddi olduğu ender anlardan birinde söylediği gibi, "Dinler doğru oldukları kanıtlandığında ölürler. Bilim, ölmüş dinlerin bir tutanağıdır".[21]

Bu bölüme, âşina olduğumuz, Her Şeyi Bilen bir tanrı görüşünü ele alarak başladık. Bu olasılık, zihnimizde hemen tehlike zillerinin çalmasına yol açmıyor; böyle bir varlığın var olabileceği akla yakın geliyor. Ancak daha derinden düşünüldüğünde, her şeyi bilme fikri, mantıksal bir paradoksa yol açıyor; insanın uslamlama ölçütlerine göre ya olanaksız olduğu sonucuna varılmalı, ya da bir şekilde koşullar getirilmeli. Bunu görmek için şu önermeyi ele alalım:

BU ÖNERMENİN DOĞRU OLDUĞUNU HİÇ KİMSE BİLMİYOR.

Şimdi bizim varsayımsal Her Şeyi Bilen varlığımızın ("Büyük B") sorununu düşünelim. Önce bu ifadenin doğru olduğunu ve Büyük B'nin bunu bilmediğini varsayalım. Öyleyse, Büyük B her şeyi biliyor değil. Şimdi de ifadenin doğru olmadığını varsayalım. Bu durumda, bu ifadenin doğru olduğunu bilen biri vardır; öyleyse ifade doğru olmalıdır. Demek oluyor ki, bu ifadenin doğru olduğunu da, yanlış olduğunu da kabul etsek, onun doğru olduğu sonucuna varmak zorundayız. Ve bu nedenle de, ifade doğru olduğundan, hiç

kimse (Büyük B dahil) onun doğru olduğunu bilemez. Bu bize, her zaman, hiç kimsenin doğru olduğunu bilemeyeceği doğru ifadeler olması gerektiğini gösteriyor. Öyleyse bir Her Şeyi Bilen Varlık (Âlimi Mutlak) var olamaz. Aynı gerekçelerle, bizim veya gelecekteki ardıllarımızın hiçbir zaman böyle bir "Her Şeyi Bilen"liğe ulaşma olanağı yoktur. Bilinebilecek her şey, sadece bilinebilecek her şeydir, hakikatin tümü değil.

Bir ek-not olarak, Amerikalı siyaset bilimci Stephen Brams'ın, Tanrı'nın dünyadaki eylemleri ile ilgili geleneksel birçok dinsel soruları, örneğin, ıstırap sorununu analiz etmiş olduğunu ekleyelim[22]. Brams'ın uyguladığı yöntem "oyun teorisi" dir. Oyun teorisi, çeşitli eylem seçenekleri olan insanların uygulayabilecekleri optimal eylem stratejileri olup olmadığını saptamakla uğraşan bir matematik dalıdır. "Oyun" sözcüğü, iki ya da daha çok kişinin strateji seçimleri ile, her bir strateji ile ilgili maliyet ve getirilerin olduğu herhangi bir durumu ifade eder. Brams, evrenin manevi doğasının, Her Şeyi Bilen'in optimal stratejisini yansıttığı konusunda herhangi bir kanıt bulup bulamayacağımızı araştırdı. Sonuçlar aydınlatıcıydı. Kötülük ve ıstırap, iyilik yapmak için optimal stratejinin kaçınılmaz yönleri olabilir. Bazı stratejiler uygulandığında, Her Şeyi Bilen Varlık'ın var olduğu sonucuna varmanın, mantıksal bakımdan saptanabilir olmadığı ortaya çıkabilir.

Her şeyi bilmenin olanaksız olmasının yol açtığı sınırlamaların yalnızca olumsuz olduğu sanılmamalıdır. Hata ve tutarsızlıkların, öğrenme sürecimizde önemli yerleri vardır. Hatalarımızla öğreniriz. Eğer bir tutarsızlıkla karşılaşırsak, durumu bir bütün olarak tekrar değerlendirir ve varsaydığımız şeyleri tekrar inceleriz. Yapay zekânın bizi bu bakımdan ne ölçüde taklit edebileceği, henüz anlaşılmaktan çok uzaktır. Evrim sürecinin bir yerinde, hayal etme yetisini geliştirmeye başladık. Bu bizim olanaklı olan kadar, olanaksız olanı da bilmemizi sağladı. Bu yolla dünyayı anlama yetimiz kapsam ve hız bakımından önemli ölçüde arttı. Olanaksız olan şeyleri algılayabilmemiz çok dikkate değerdir. Çoğumuz günlük yaşamımızda olanaksız olan birçok şeyin, sadece olanaklı değil, gerçek de olduğundan emin olarak yaşarız. Çoğumuz olanaklıya, olanaksıza olduğundan daha fazla ilgi du-

yarız (bu yaklaşıma bazen "pragmatizm" denir). Ancak bazı kişiler olanaksıza daha çok ilgi duyarlar. Bunlar sadece idealistler ve hayalperestlerden ibaret değildir. Dilsel ve görsel olanaksızlıklar, birçok türden fantastik edebiyat ve resim sanatının kaynağıdırlar.

Paradoks

Paradoks, dikkat çekmek için tepe taklak duran hakikattir.
NICHOLAS FALLETTA[23]

Paradoks sözcüğü, iki Yunan sözcüğünün bir sentezidir: *para*, ötesi ve *doxos*, inanç. Zamanla çeşitli anlamlarda kullanılagelmiştir: Aslında doğru olan ama çelişkili görünen bir şey; doğru görünen ama aslında çelişkili olan bir şey; doğruluğu apaçık olan bir başlangıç noktasından, zararsız bir çıkarımlar zinciri sonucunda çelişkiye varılması. Filozoflar paradoksları çok severler.[24] Hatta Bertrand Russell bir keresinde "İyi felsefenin ayırdedici niteliği, ilginç olmayacak ölçüde aşikâr olan bir ifade ile başlayıp, hiç kimsenin inanmayacağı bir sonuca varmasıdır" demişti.

Bazı paradokslar önemsiz olabilirler; bazıları ise düşünce biçimimizdeki derin sorunları yansıtırlar ve bizi onları tekrar değerlendirmeye, ya da aşikâr olarak doğru olduğunu kabul ettiğimiz inançlarımızda hiç kuşkulanmadığımız tutarsızlıklar aramaya zorlarlar. Masum başlangıçların çoğu kez çelişkili sonuçlara yol açtığı bir alan olan stratejik analizler konusunda uluslararası bir otorite olan Anatol Rapoport, paradoksların farkedilmesinin insan düşüncesinin birçok alanlarında oynadığı uyarıcı role dikkat çekmektedir:

> Paradokslar entelektüel tarihte önemli bir rol oynamışlar ve bilim, matematik ve mantıktaki devrimsel gelişmelerin ön habercisi olmuşlardır. Herhangi bir bilim dalında, uygulanması gerektiği düşünülen kavramsal çerçevede çözülemeyen bir problem bulduğumuzda çok sarsılırız. Bu şok bizi eski çerçeveyi bırakıp bir yenisini benimsemek zorunda bırakabilir. Matematikteki ve bilimdeki birçok temel fikirlerin ortaya çıkmasını bu entelektüel değişime borçluyuz. Zeno'nun Achille ile Kaplumbağa paradoksu, yakınsayan sonsuz seriler kavramına yol açmıştır. Antimoniler (matema-

tiksel mantığın kendindeki çelişkiler), sonunda Gödel teoreminde meyvesini vermiştir. Işığın hızı konusundaki Michelson-Morley deneyinin çelişkili sonucu, sahneyi görecelik teorisine hazırlamıştır. Işığın dalga-parçacık ikiliğinin keşfedilmesi, bilimsel felsefenin temeli olan gerekirci nedenselliğin tekrar incelenmesini kaçınılmaz yapmış ve kuantum mekaniğine yol açmıştır. Leo Szilard'ın 1929'da ilk kez çözümlemeyi başardığı Maxwell'in Şeytanı paradoksu, yakın dönemde görünürde apayrı kavramlar olan bilgi ile entropinin birbirleri ile yakından bağlantılı olduğu yolundaki derin içgörüyü güçlendirmiştir.[25]

Görsel paradoks

Eğer öykü yazıyorsanız, birçok yalan sonunda gerçeğe ulaşırsınız; buna karşı, gazeteciyseniz, gerçeği anlatarak birçok yalana ulaşmaya çalışırsınız.
MELVIN BURGESS[26]

Dünyanın sanatsal ve bilimsel resimleri arasındaki fark, 20. yüzyıl sanatçılarının dünyanın günlük yaşamdaki resmini soyut imgelere ve çarpıtmalara (distorsiyon) odaklamasıyla, en vurucu biçimde ortaya konmuştur. İnsan bilincinin en olağanüstü sonuçlarından biri, fiziksel bakımdan olanaksız olan şeyleri hayal edebilmemizi sağlama yetisidir. Bu, bizim gerçekliği çok farklı bir biçimde, onu olanaksız olan olaylarla tanımlanan bir içerikte ele almamızla sağlanabilir. Bu yolla, zihni genişletici ve uyarıcı fikirlerin bileşiminin ve anlamının rezonanslarını elde edebiliriz. Bunun yepyeni ve hoş bir şey olduğu kanısındayız. Bazı bireyler, yaşamlarını bu etkinliğe adayarak, bu farklı gerçeklikleri bir sürü farklı ortamlarda yaratır ve algılarlar. Zihnimizin bu eyleme olan yatkınlığı neredeyse korku vericidir. Alternatif gerçeklikler için çok gelişmiş bilgisayar simulasyonlarının birdenbire ortaya çıkması ve gerçek insan etkinliklerinden ayırt edilemeyen bilgisayar oyunlarının kolayca elde edilebilmesi, bu deneyimlerin genç insanlar için ne kadar çekici olduğunu ortaya koymuştur. Bunlar insana rahat koltuğundan kalkması gerekmeden sanal olarak çok çeşitli deneyimler sunuyorlar. Bu gerçek benzeri serüvenlere gösterilen ilgi, insan beyninin 20. yüzyılın rahat yaşamında

pek az kullanılan olası güçleri hakkında belki de birşeyler söylemektedir. Eğitimde bilgisayarı karşılıklı etkileşimle kullanmaya başladık; ama bu konuda henüz hayal gücünden pek yararlanmıyoruz. Bu yolla birçok konuyu, özellikle de bilim ve matematiği, serüven tipi bir yeni yaklaşımla öğretmek için büyük bir fırsatın var olduğu kanısındayım. Hatta kelime-işlemleme gibi bir sıradan bilgisayar etkinliği, yazma ve düzeltmeyi daha verimli yapmanın ötesinde, yazarların düşünme biçimlerini de değiştirmiştir. Yazarlar, söyleyecekleri birşeyler olduğu için yazarlardı; şimdiyse söyleyecek birşeyleri olup olmadığını anlamak için yazıyorlar.

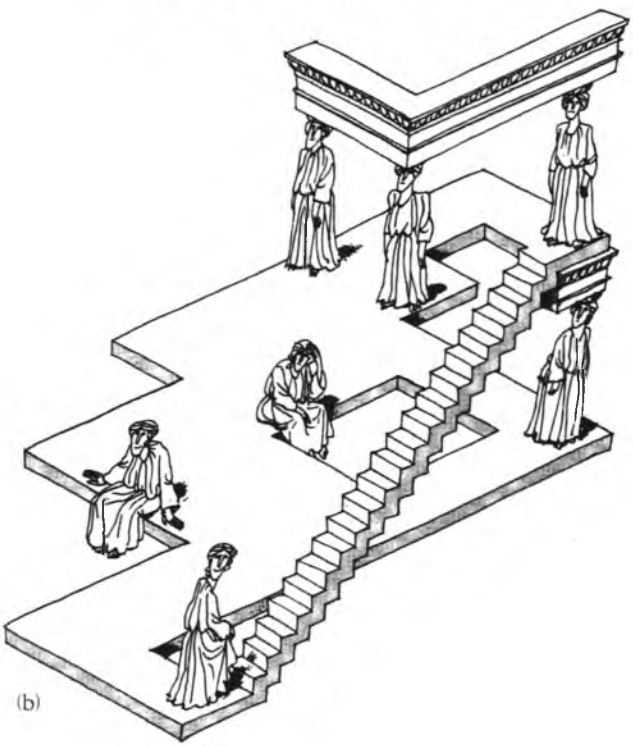
Olanaksızı temsil etmek, çağdaş sanat dünyasının en belirgin bölümünü oluşturur. Bu, farklı biçimlerde gerçekleşmektedir. Maurits Escher'in grafik biçemi[27] görenleri olanaklı bir dünyaya girdiğine inandırarak aldatmayı amaçlayan kesin ve ayrıntılı bir çizim kullanıyor; yakından incelendiğinde ise resmin yaşadığımız uzayın nitelikleri ile tutarlı olmadığı anlaşılıyor. Escher, üç boyutlu gibi görünen nesnelerin iki boyutlu resimleri diyebileceğimiz, ama bizim yorumladığımız biçimlerde var olamayacak, yani üç boyutlu uzayda yapılandıramayacağımız olanaksız nesnelerden hoşlanıyor.

Bu imgelerin üç boyutlu yorumu farklı bir konudur. Göz, farklı lokal resimler oluşturmaya yöneltilmektedir. Ancak bunlar en sonunda tutarlı tek bir görsel senaryo ile uyuşamazlar. Modern çağlarda olanaksız resimler ilk olarak Oscar Reutersvärd tarafından çizilmiştir;[28] 1934'de olanaksız bir üçlü-çubuğun (Şekil 1.3a) bilinen ilk örneğini çizdi. Escher 1958'de ilk olanaksız küpü yarattı. Üçlü çubuk, daha sonra, 1961'de hiç bitmeyen merdiveni (Şekil 1.3b)[29] çizen Lionel ve Roger Penrose tarafından tekrar kullanıldı. Escher bunları ünlü *Şelale* (1961) ve *Yükseliş ve İniş* (1961) çizimlerinde kullandı.

Bu türün, eskiye dönerek bulunmuş bazı tuhaf örnekleri de vardır. Hogarth'ın bakır oyması *Yanıltıcı Perspektif* 'i (1754)[30] bunlara güzel bir örnektir (Şekil 1.4). Bu resim, Hogarth tarafından, deneyimsiz çizimcilerin hatalarını abartmak için çizilmiştir. Resime "Perspektif Bilgisi olmadan resim çizen bir kişi, resimde görülen saçmalıkları yapmaya adaydır." altyazısını eklemiş.



(a)



(b)

Şekil 1.3 (a) Olanaksız bir objenin ilk çağdaş resmi, İsveçli ressam Oscar Reutersvärd tarafından 1934'de (" DACS 1998) yapılan, dokuz küpten oluşan bir üçlü-çubuktur. (b) Yine Reutersvärd tarafından çizilen ve uzamsal uyumsuzluğu vurgulamak için Bruno Ernst tarafından insan figürleri eklenmiş olan Caryatids resmindeki sürekli merdiven (© DACS 1998).



Şekil 1.4 William Hogarth'ın bakır oyma tablosu: Yanıltıcı Perspektif (1754)

1916'da Marcel Duchamp, boya imalatçısı Sapolin için bir reklam yarattı.[31] Karyola, üç ve dört çubuklu bir yapıyı içerir (Şekil 1.5). *Apolinère enameled* isimli orijinal eser şimdi Philadelphia Museum of Art'da bulunmaktadır.

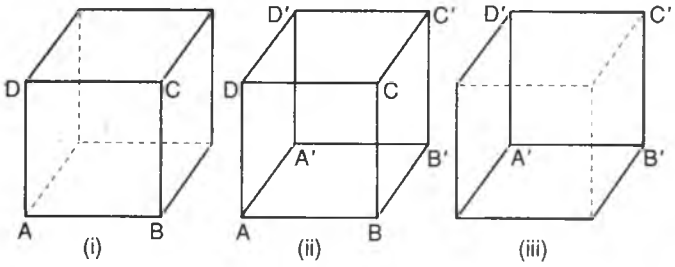


Şekil 1.5 Marcel Duchamp'ın Apolinère enameled reklamı (1916 – 17). (Philadelphia Museum of Art : The Louise ve Arensberg Koleksiyonu. © ADAGP, Paris ve DACS, Londra 1998.)

Ünlü İtalyan mimar ve oymacı Giovanni Piranesi (1720–78), 1745 ile 1760 yılları arasında, bir dizi labirent-zindanlar içeren korku verici tasarımlar çizdi. Bu akıl almaz yapıtlar, olanaksız odalar ve merdivenleri resmediyordu. Çalışma taslakları, özellikle olanaksız düzenlemeler yapmayı amaçladığını ortaya koyuyor.[32]

Brueghel'in, *The Magpie on the Gallows* (1568) resminde açıkça ve bilerek olanaksız bir dört-çubuktan yararlandığı görülüyor. Çok eski zamanlardan da, amaçlanmamış olanaksız nesneler bulunabilir. Bilinen en eski örnek 11. yüzyıla aittir.[33]

Bu olanaksız şekiller, teknik ressamın ustalığından çok daha derin şeyler açıklarlar. Bize uzayın doğası ve beynin uzamsal analiz işleyişinin programlanması konusunda birşeyler anlatıyorlar. Beynimiz, gerçek dünyanın geometrisiyle baş edecek şekilde gelişmiştir. Yanıltıcı ve beceriksiz perspektifle aldatılmaya karşı koruyucu mekanizmalara sahiptir. Böyle bir ikilem karşısında beyin, yanlış seçim

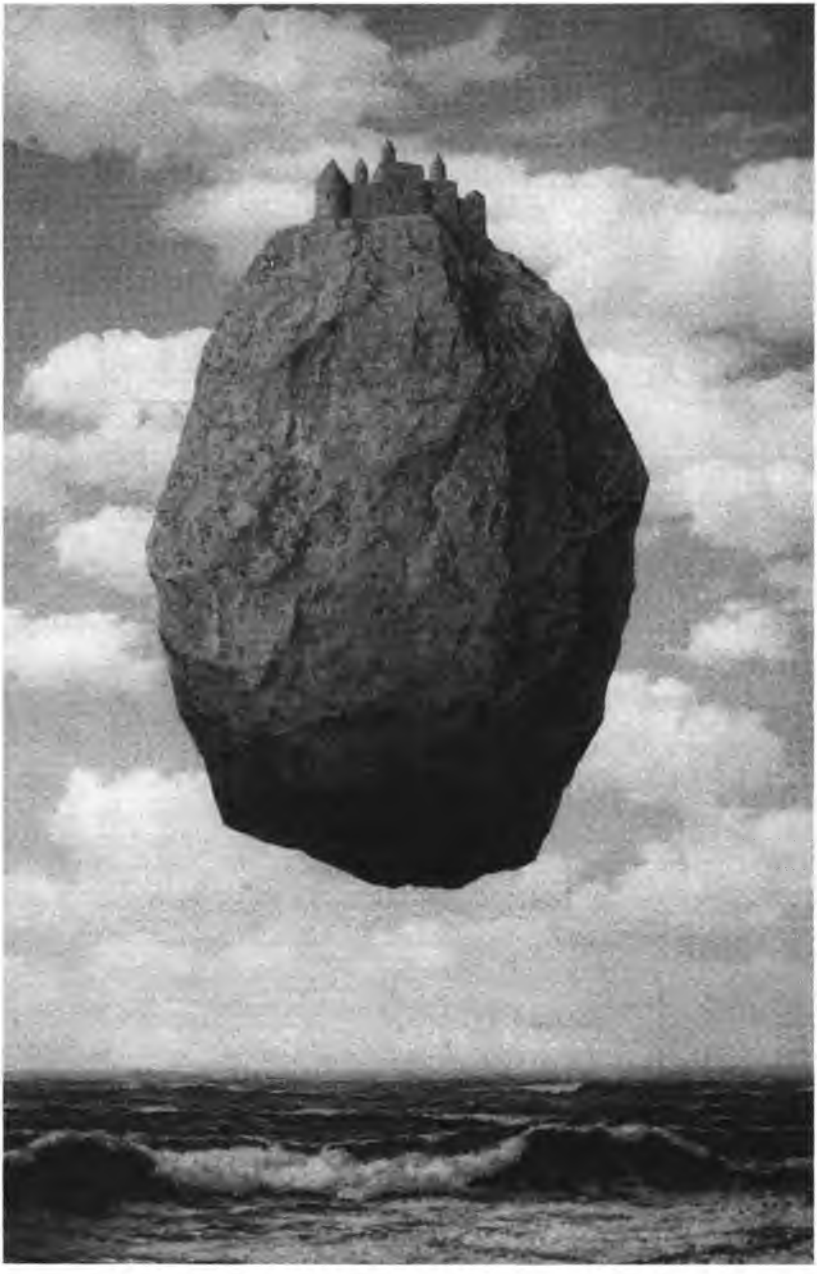


Şekil 1.6. Bütün kenarları kesiksiz olan Necker Küpü (ii) ortada gösterilmiştir. İki yandaki (i) ve (iii) küpün farklı yönelimleri gibi görünen değişik görsel yorumlaması verilmiştir. Göz, (i) ve (iii) yorumları arasında hızla gidip-gelir. Kesiksiz çizgiler önde, noktalı çizgiler arkadadır.

yapmamak için, yaptığı perspektif seçimini birkaç saniyede bir değiştirir. Bunun bilinen bir örneği, farklı iki yönelme arasında gidip-geliyor gibi görünen Necker Küpüdür (Şekil 1.6).[34]

Sürrealist sanatların amaçları başkadır. Onlar aklımızı, mantıksal bakımdan olanaksız olduğuna inandığı durumları değerlendirmeye ve uzlaşmaya zorlayarak harekete geçirirler. Olanaksız bir durumu temsil ederek, dikkatimizi unutulamayacak yollarla kendilerine çekerler. Bu yolla kendilerini gerçek deneyim dünyasının sadece ayrıntılı bir kopyası olarak değil de, ondan tümüyle farklı bir şey olarak ortaya koyarlar. Bunun klasik bir örneği Magritte'in yer çekimine karşı koyan, havada asılı bir kale olan *Le Château des Pyrénée* resmidir (Şekil 1.7).[35] Hayalî dünyaları sevmemizin nedeni, belki de, onların olanaksız olma özelliklerinin, alışılmadık ortamların ve koşulların sanatsal tasvirlerinin çekiciliklerini güçlendirmesi ve bizim onları korkusuzca hissetmemizi sağlamasıdır. Tehlikeli ortamlara, yani bizim (veya başka herhangi bir kişinin) yaşamamız olanaksız olan ortamlara, gerçek bir riskle karşılaşmadan girmemize izin verirler. Onlar, insanı hortlak tünellerine, korku filmlerine cezbeden korku-severlik (phobophilia) eğiliminin uzantısıdırlar.

Fizikçilerin Euclid geometrisinden başka geometrilerin geçerli olduğunu ilk kez fark etmelerinden bu yana, geometrik bakımdan çarpıtılmış birçok resim ortaya çıkmaya başlamıştır. Picasso gibi öncü



Şekil 1.7. René Magritte, Le Château des Pyrénées (1959). (İsrail'deki Israel Müzesinin izni ile basılmıştır) © ADAGP, Paris ve DACS, Londra, 1998.

kübistler, bilimsel ilerlemenin onları etkilediğini hep reddetmişlerdir.[36] Escher'in ise, matematikçilerin farklı geometrileri araştırmalarını övgüyle değerlendirdiği görülüyor. Hatta çalışmaları, uzayın yeni mozaiklerinin araştırılmasına güç katmış da olabilir.[37]

Edebiyatta da olanaksızlığa ve paradoksa dayanan benzer bir tarz gelişmiştir. Bunun en eski ve en ünlü temsilcisi belki de, Kraliçe Victoria döneminin sürrealisti Lewis Carroll idi. Değişik ve fantastik biçimlerini Jorge Luis Borges'in kısa öykülerinde ve başka bazı yazarlarda da görüyoruz.[38] Gerçeklikle uyuşmayan dünyalar yaratmak, garip bir çekiciliği olan, yaratıcı bir eylem olmayı sürdürmektedir. Gerçekten orijinal olmak için izlenecek tek yol budur.

Bütün bu örneklerin ilginç özelliği, olanaksızı nasıl farkettiğimizi göstermeleridir. Olanaksızlık, fiziksel deneyimlerimizin ötesinde olsa bile, zihinsel deneyimlerimizin ötesinde olması gerekmiyor. Deneyimlediğimizden tamamen farklı olan zihinsel dünyalar yaratabiliyoruz. Hatta, bazı insanlar bu olanaksız dünyaların hayallerinden, dünyadan alınabilecekler kadar çok haz duyarlar.

Dilsel paradoks

Aklın en büyük zaferi, kendi geçerliğinden kuşku duymasıdır.
MIGUEL DE UNAMUNO

Olanaksız resimler görsel paradokslara, ya da belki de tersine çevrilmiş dememiz gereken paradokslara örnektirler. Bir paradoks, genel olarak yanlış görünmekle beraber aslında doğru olan bir şeydir. Olanaksız resimler ise, doğru görünmekle beraber aslında doğru olmayan şeylerdir. Paradokslara tepkimizin bir şaşkınlık ya da dışlama olması beklenirdi. Ancak görünen odur ki, paradoksal gelse de, tepkimiz tam tersidir. Paradoksları severiz; çeşitli türde mizahî öykünün, resmin ve insan karakterindeki iyi bilinen bir sürü acayipliklerin kökeninde o vardır.

Eğlence amacıyla oluşturulan bir çok paradoksun, daha sonra, son derece derinlerde karşımıza çıkma gibi bir alışkanlığı vardır. Tarih bunun örnekleri ile doludur. Zeno'nun paradoksu sonsuzluk

anlayışımızı geliştirmiştir.[39] Zeno, İ.Ö. 5. yüzyılda yaşamış bir Yunan filozofuydu. En çok, hareketin olanaksız olduğunu gösteren paradokslarla ünlüdür. En bilinen örneği, Achilles ile kaplumbağa arasındaki yarıştır. Diyelim ki, kaplumbağa yarışa 100 metre önde başlıyor; Achilles de kaplumbağadan yüz kat daha hızlı koşuyor. Achilles 100 metre koştuğunda kaplumbağa bir metre gidecek, Achilles bir metre koştuğunda kaplumbağa bir santimetre gidecek, sonsuz sayıda adım böylece sürecektir. Sonuçta Achilles kaplumbağaya hiç yetişemeyecektir! Problemin çözümü, Achilles'in kaplumbağayı yakalaması için sonsuz sayıda an'lar geçecekse de, sonsuz sayıdaki anın toplamının, sonsuz uzunlukta bir zamana erişmesinin gerekmediğini anlamakta yatmaktadır.[40]

Çağdaş bilimde "paradoks" kavramı genellikle, temel birşeylere ışık tuttuğu düşünülen, sezgi karşıtı bulgular için kullanılır. Göreceliğin "ikiz paradoksu",[41] Schrödinger'in "kedi paradoksu"[42], "Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) paradoksu"[43], kuantum alan teorisinin "Klein paradoksu"[44], kuantum ölçümündeki "Wigner'in dostu paradoksu"[45] bu türdendirler. Bu "paradokslar" olup bitenler hakkındaki bilgi eksikliğini kullanarak oluşturulabilirler. Bu eksiklik, bir şeyi açıkladığını düşündüğümüz teori düzeyinde, ya da gözlemlenen şeylerin tanımlanmasında, ne olup bittiği hakkında tam bilgi sahibi olmamaktan kaynaklanabilir. Bundan başka, beklentilerimizin tümüyle yanlış, gerçeklik deneyimlerimizin de sınırlı olması sonucunda ("ikiz paradoksu"nda olduğu gibi) paradokslar ortaya çıkabilir. Anlayışımızın gelişmesiyle paradoks durumunun ortadan kalkmasını veya gerçekte bir paradoks olmadığının anlaşılmasını bekleyebiliriz.

Dil ve mantıktaki paradokslar bunlardan çok farklıdırlar; herkesin anlayabileceği kadar basittirler. Olup biten şeyler konusunda düşünürken kullandığımız araçları etkilerler ve bu nedenle daha derin endişe uyandırırlar. İnsan düşüncesi için mantığın son durak olduğu kanısı yaygındır. Bilimi matematiğe, matematiği de mantığa indirgeyebiliriz; ancak mantığı indirgeyebileceğimiz bir şey yok gibidir. İndirgeme orada son bulur.

Mantıksal paradoksların uzun bir geçmişi vardır. En ünlüsü, St. Paul'ün Titus'e mektubunda söylediği "Bütün Giritliler yalancıdır; kendi ozanlarından biri böyle söyledi."[46] paradoksudur. Buna Epimenides (ya da "Yalancı") Paradoksu[47] denir. Bu tür paradokslar, gündelik yaşamda ortaya çıkmadıkları için yüzyıllar boyu kendilerine özgü ilginç şeyler olmanın ötesinde pek önemsenmediler. Ancak 20. yüzyılda temel bir önem taşımaya başladılar. Onlar, kendilerine gönderme yapacak ölçüde karmaşık olan mantıksal yapılarda, belirli bir dildeki ifadeler ile bir başka dildeki ifadeler arasındaki farkı ayırt etmede yeterince dikkat gösterilmediği durumlarda ortaya çıkarlar. Dil kökenli paradokslar önemsiz olarak nitelenmekten uzaktırlar; mantık sistemlerinin mantıksal olarak eksiksiz olmadıklarının biçimsel ispatlarında, çok önemli rolleri olduğu anlaşılmıştır.

Paradokslardan huzursuzluk duyan ünlü çağdaş düşünürlerden biri de filozof Bertrand Russell'dı. Mantığın temel bir tutarsızlık içerdiğini keşfetmesini 1901 yılı Haziran'ındaki yazısında açıklamıştı. Bu, daha sonra "Russell Paradoksu" olarak bilinegeldi:

> Bana öyle geliyor ki, bir küme bazen kendi elemanıdır, bazen de değildir. Örneğin çay kaşıkları kümesi bir çay kaşığı değildir; ama çay kaşığı olmayan şeylerin kümesi, çay kaşığı olmayan şeylerden biridir. ... (bu) beni kendilerinin elemanı olamayan kümeleri düşünmeye ve onların da bir küme oluşturması gerektiğine yöneltti. Kendime bu kümenin kendi elemanı olup olmadığını sordum. Eğer kendinin bir elemanı ise, o kümeyi tanımlayan özelliklere, yani kendi elemanı olmama özelliğine sahip olması gerekir. Eğer kendi elemanı değil ise, kümenin tanım özelliğine sahip olmaması gerekir ve bu nedenle de kendinin bir elemanı olmalıdır. Böylece her iki durum, kendi karşıtı olan sonuca yol açmaktadır ve bir çelişki vardır.

Russell, kendi elemanı olmayan kümelerden oluşan kümenin yol açtığı sıkıntıyı unutulamaz bir yolla açıkladı. Kendilerini tıraş etmeyenleri tıraş eden bir berberin olduğu bir kentten söz etti. Bu berberi kim tıraş ediyordu?[48] Bu paradoksun Russell'ı bu kadar huzursuz etme nedeni, onun mantığın kendine de sızmış olmasıydı. Eğer herhangi mantıksal bir çelişki varsa, o zaman bu, herhangi

bir şeyin doğru olduğunu göstermek için kullanılabilir. Bu, insanın mantıksal düşünme yapısının tümüyle çökmesi demek olur. Russell bu paradoksun yol açabileceği sonuçlar konusunda derinden endişeliydi:

> Her sabah boş bir sayfa kâğıt karşısında oturuyordum. Öğle yemeği için kısa bir ara dışında bütün günü o boş kağıda bakmakla geçirirdim. Akşam olduğunda kâğıt genellikle hâlâ bomboş olurdu. ... geriye kalan yaşamımın tümünü boş bir kağıda bakarak geçirecekmişim gibi geliyordu. Bunu daha da can sıkıcı yapan, paradoksların önemsiz olması ve zamanımın ciddi biçimde, dikkate değer olmayan konuları düşünmekle harcanmasıydı.

Daha sonra, bu masum görünümlü sözel paradoksların, mantık ve matematiğin bütününde çok derin problemlerin varlığını açığa vurduğunu göreceğiz. İfadelerin doğru ya da yanlış olduğunu saptayabilme ile, kullandığımız mantıksal düşünce sisteminin kendi içinde tutarlılığını saptayabilme arasında bir seçim yapmamız gerektiğini göreceğiz. Ya birine ya ötekine sahip olabiliriz, her ikisine birden sahip olamayız. Matematiğin bizim için yapacaklarının bir sınırı olduğunu, bu sınırların sadece insanların yanılgıya açık olmalarının bir sonucu olmadığını da göreceğiz.

Kesinliğin sınırları

> *Evrenin ne amaçla ve nasıl var olduğunu kesin olarak keşfeden biri çıkarsa evrenin yok olacağını, daha da acayip ve anlaşılmaz bir şeyin onun yerini alacağını söyleyen bir teori var. Bir de, bunun zaten gerçekleşmiş olduğunu söyleyen bir teori var.*
>
> DOUGLAS ADAMS[49]

Ele aldığımız sözel ve mantıksal paradokslar binlerce yıl geriye, eski Yunan'a kadar uzanır. Ancak çağdaş zamanlarda başka türden paradokslarla karşılaştık: Sadece ne söyleyebileceğimizi değil, ne yapabileceğimizi de yöneten paradokslar. 20. yüzyılın ilk çeyreğinde görecelik ve kuantum teorilerinin keşfedilmesi, uç koşullarda nelerin olabileceğinin beklenmeyen sınırlarını açığa vurdu. Deneyler ve te-

orik araştırmalar küçük boyutların, büyük boyutların, büyük hızların, çok güçlü çekim alanlarının, çok büyük enerjilerin, çok düşük sıcaklıkların sınırlarına doğru indikçe; her zaman, her seferinde evrenin durumu hakkında yapılabileceklerin ve bilinebileceklerin beklenmedik sınırı ile karşılaşıldı. Bu şaşırtıcıydı; çünkü bunlar, doğa yasaları konusunda normal laboratuvar koşullarındaki deneyimlerimize dayanarak yapılan öngörülere karşı idiler. Bunlardan ikisi, maddenin kuantum doğasının gerektirdiği ölçmenin sınırları ve göreceliğin zorunlu kıldığı kozmik hız sınırı, artık, fiziksel dünya anlayışımızın temel taşlarını oluşturmaktadırlar.

Son yıllarda büyük bir heyecanla popüler ilgi gören bilim alanlarından biri de kuantum teorisidir.[50] Konu ile uğraşanlar için bu biraz şaşırtıcı olmuştur; çünkü bu alanda yeni olan bir şey yoktur. Teori çok önce tamamlanmıştı. Daha sonraki medya ilgisi onun yorumlanmasıyla alâkalıdır. Kuantum teorisinin mistik perdesinin bir bölümü, onun şaşırtıcı deneysel başarısının, dünya hakkındaki sağduyuya aykırı bir zırh ile birleştirilmesinden kaynaklanır. Onun ilgi alanı ufak ölçekli atomlar ve onların birleşmesidir. Şaşırtıcı özelliği ise, hareket eden nesnelerin davranışları hakkındaki tanıdık sezgilerimizin görece büyük nesnelerle olan deneyimlerimizden esinlenmiş olmasından kaynaklanır.

Kuantum teorisi bize bütün nesnelerin dalga-benzeri bir niteliğe sahip olduğunu söyler. Bu nitelik, bir su dalgasından çok, bir intihar dalgası anlamında bir dalgadır. Yani o, bir bilgi dalgasıdır. Detektörünüzden bir nötron dalgası geçerse, size, orada büyük olasılıkla bir nötronun saptanabileceğini söyler. Bu madde dalgalarının dalga uzunlukları, onların fiziksel boyutları ile ters orantılıdır. Bir nesnenin, fiziksel boyutundan daha büyük bir kuantum dalga uzunluğu varsa, o nesne açıkça kuantum gibi davranır. Dalga uzunluğu fiziksel boyutundan daha küçük ise, klasik Newton kurallarına uygun bir biçimde davranır. O halde, sizin ve benim gibi büyük nesneler "klasik biçimde" davranır, elementer parçacıklar gibi küçük nesneler "klasik olmayan biçimde" yani kuantum mekaniğine göre davranır. Klasik davranış, bir nesnenin, fiziksel boyutunun kendi kuantum

dalga uzunluğundan çok daha büyük olduğu ekstrem sınırdaki kuantum davranışıdır, başka bir şey değil.

Kuantum dünyasının ilginç yanlarından biri de şudur: Klasik olarak olanaksız olan bazı şeyler olanaklı olur, olanaklı olan bazı şeyler de olanaksız olur. Örneğin, klasik Newton fiziğinde bir parçacığın aynı andaki konumunun ve hızının, tam bir kesinlikle bilinebileceğini varsayarız. Bunun hangi hassasiyet derecesinde yapılabileceğinin pratik bakımdan teknolojik sınırları olabilir; ancak ilkeler bakımından herhangi bir sınırlama için neden yoktur. Tam tersine, sürekli gelişen teknolojinin, her zaman olduğu gibi, bu hassasiyeti de daha ileriye götürmesini bekleriz. Ancak kuantum mekaniği bize, kusursuz enstrümanlarla bile, bir cismin aynı andaki konumunu ve hızını, doğanın yeni bir değişmezi olan Planck değişmezi ile tanımlanmış bir kritik sınırdan daha iyi bir hassasiyetle ölçmenin olanaksız olduğunu söyler. Bu değişmez ve onun belirlediği kesinlik sınırı, evrenimizi tanımlayan özelliklerden biridir. Andromeda Galaksisi'ndeki fizikçilere de, Dünya'daki fizikçilere koyduğu aynı sınırları koyacaktır.

Ölçümlerimizin kesinlik derecesine getirilen bu sınırlama, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi olarak anılır. Böyle bir sınırlamanın gerekliliğini anlamanın bir yolu da şudur: Ölçmenin, ölçülen nesne ile bir çeşit etkileşim gerektirdiğini kabul edersek, o zaman, ölçülen şey küçüldükçe ölçme sürecinin etkisi de o ölçüde artacaktır. En sonunda bu etki, ölçme öncesindeki durum hakkında bütün bilginin yerini alacaktır. Böylece gerçekliğin kuantum resmi, bizim dünya resmimize yeni bir tür olanaksızlık getirir. Nelerin ölçülebileceği konusundaki yanlış anlamadan kaynaklanan daha önceki inancımız, yani doğanın deneysel yollarla sınırsızca araştırılabileceği inancı, yerini bu olanaksızlığa bırakmıştır. Heisenberg Belirsizliğine daha sağlıklı bir bakış yolu daha vardır. Basit ve aşikâr örneğimizde olduğu gibi, ölçmenin bir müdahale içermesi nedeniyle yakalayamadığımız, var olan bir kesin gerçeklik yoktur. Öyle olsaydı, belirli bir müdahalenin etkisini hesap edebilir ve onu dikkate alırdık. Gerçekte, Belirsizlik İlkesi bize, boyutların yeterince küçük olduğu kuantum diyarında, konum, hız ve enerji gibi birbirini tamamlayıcı ikili kavramların ancak Planck değişmezinin öngördü-

ğü sınırlı kesinlikle, beraberce var olabileceklerini söyler. Sözü edilen kavramlar klasik kavramlardır ve uygulamaları sınırlıdır. Ölçülebilir olan bütün nicelikleri ölçebilmemize ilkelerden kaynaklanan bir sınır olmadığını kabul etmiş olduğumuz için (hatalı olarak), Heisenberg'in Belirsizlik İlkesini şaşkınlıkla karşılıyor ve onun bizim yapabileceklerimize bir sınır getirdiğini düşünüyoruz. Heisenberg bize, bilimcinin iyice saklanmış bir kuş gözlemcisi olmadığını öğretiyor. Dünyayı gözetlemek, zorunlu olarak bizi onunla birleştirir ve sadece bir ölçüde öngörebileceğimiz ve bileceğimiz yollarla, onun durumunu etkiler.

Heisenberg İlkesi, kesinlik ve bilgi konusunda insan düşüncesinde çok yaygın etki yapmıştır.[51] Bilim ile din arasındaki ortak bölgede birçok tartışmanın öne çıkan konusudur. Çünkü Boşluklar Tanrısı argümanında her zaman doldurulacak bir boşluk olması zorunluluğunun hazır güvencesini sunar. Bu tartışmanın tenoru, Heisenberg'in garanti ettiği bu bilme olanaksızlığından umutsuzluğa düşeceğine, genellikle memnun kalır. Arada, Heisenberg belirsizliğinin zihinsel etkilerini saptamaya yönelik çabalar olmuştur; ancak genel kanıya göre, etkiler nöronların ölçeklerine göre çok küçük olduğundan, insanın düşünme sürecinde dikkate değer bir etki yapamazlar.[52] Doğal seçimin bizi şu beklentiye yönelteceği kuşkusuzdur: Eğer Belirsizlik İlkesinin getirdiği sınırlamalar, önemsenecek ölçüde irrasyonelliğe yol açsalardı, yaşam-sürdürme olasılığında önemli bir düşüş olurdu. Kuantum belirsizliğini önleyecek ölçüde büyük çapta gelişen nöron şebekeleri, kuantum belirsizliğine daha duyarlı olan daha küçük türlerden daha iyi uyum sağlarlardı.

Dünyamızın kuantum belirsizliğine sahip olması, Planck değişmezinin sıfır olmamasının bir sonucudur. Onun sıfırdan farklı bu kesin değeri almasının nedenini bilmiyoruz. Olduğundan daha büyük olsaydı, güçlü dalga-benzeri nitelikleri daha büyük nesneler sergilerdi. Merhum George Gamow, ünlü "Mr. Tompkins" öykülerinde kuantum gerçekliğinin bazı niteliklerini açıklamayı amaçlıyordu. Bu nedenle, Planck değişmezi, günlük nesnelerin açıkça dalga-benzeri niteliğe sahip olacakları ölçüde büyük olsaydı, dünyanın ne hale gelecek olduğunu göstermeye çalışmıştır.[53]

Cisimlerin nasıl hareket ettiklerini belirleyen klasik Newton yasaları, neden ve sonuç kuralları koyar. Bir cisim belirli bir kuvvetin etkisine maruz kalırsa, belirli bir ivme ile hareket eder. Eğer başlangıç durumu biliniyorsa, kuvvetlerin etkisinde olan bir cismin izleyeceği yolun hesaplanmasını bu yasalar olanaklı kılar. Bu yolla, Güneş çevresindeki bir gezegenin yörüngesini de hesaplayabiliriz. Böylece doğa yasalarının, bazı hareketlerin olanaksız olduğu kavramını içerdiğini görüyoruz. Yani, eğer bu hareketler vuku bulurlarsa, hareket yasalarına ya da enerjinin sakınımı gibi bir ilkeye karşı geleceklerdir. Bu sonuç kuantum mekaniğinde olağanüstü bir farklılık gösterir. Kuantum mekaniği, başlangıç durumu bilinen bir nesnenin gelecekteki konumu ve hızı hakkında hiçbir kesin öngörüde bulunmaz. Yaptığı sadece, onun belirli bir hızla, belirli bir konumda gözlenme olasılıklarını vermektir. Hareket eden nesne büyükse (yukarıda açıklandığı anlamda) bu olasılıkların etkisi ihmal edilebilir ölçüde olacak ve bütün pratik amaçlar için (hemen hemen %100 kesinlik ölçüsünde bir olasılıkla) nesnenin konumu ve hızı Newton yasalarınca öngörülebilecektir. Ama eğer nesne, dalga-benzeri özelliği dikkate alınacak ölçüde küçük ise, onun Newton yasalarına göre olanaksız olan bir hareket halinde bulunma olasılığı hayli yüksek olabilir. Böyle durumlar sık sık gözlenmektedir. Bunlar, mikroskobik dünya ile günlük deneyimler arasındaki ayrımı anlamaya yarıyorlar. Kuantum mekaniğinde her şey, belirli bir olasılıkla gözlemlenebilir -ama bu olasılık yok sayılacak ölçüde küçük de olabilir.

Kozmik bir hız sınırı

Doğa yasalarının basit olmaları, onları ifade etmek için kullandığımız dillerin karmaşıklığından kaynaklanır.

EUGENE WIGNER[54]

20. yüzyılın ilk yıllarında Albert Einstein, doğanın bir resmini tamamladı; birçok başka bilimci de, parçalar birleştirildiğinde ne oluşturacaklarını açıkça ve derinden bilmeden, o resme katkıda bulundu. Einstein, yüksek hızla hareket eden cisimler için Newton'un hareket

yasalarının geçerli olmadığını gösterdi. Bu yasalar, olanaklı bütün hızlardaki hareketle ilgili daha genel yasalara, düşük hızlardaki iyi bir yaklaştırımdan başka bir şey değildir. Ancak "düşük" ve "yüksek" hız ile ne kast ediyoruz? Doğa, hiçbir öznellik içermeden ve bizim hareketimize hiç değinmeden, bizi yanıtlıyor. Bütün hızlar, boş uzaydaki ışık hızına göre değerlendirilecektir. Saniyede 299,792,458 metre (saniyede yaklaşık 186,000 mil) olan bu hız, kozmik hız sınırıdır.[55] Hiçbir bilgi, hiçbir yolla bundan daha hızlı olarak iletilemez. Işığın, boş olmayan bir ortamda, boş uzaydakinden daha yavaş hareket ettiğini unutmayalım. Bilgileri bir ortamda, o ortamdaki ışık hızından daha hızlı göndermek mümkündür; yeter ki, ışığın boş uzaydaki hızından daha yavaş hareket etsin.[56] Newton'un hareket yasaları hiçbir hız sınırlaması öngörmez (bilgi anında iletilir) ve ışık hızına yakın hızlarda hareket eden parçacıklara uygulandıklarında, dünya hakkında yanlış *öngörülere* yol açarlar. Bu, "yüksek hız" ya da görecelikli hareket düzenidir.

Bilginin doğadaki iletim hızının sınırlı olmasının birçok olağan dışı sonuçları vardır. Bizim astronomik izolasyonumuzun sorumlusu odur. Evrendeki öteki yıldız sistemlerine ışık ve radyo dalgaları ile mesaj gönderme ve mesaj almanın çok uzun zaman gerektirmesi, ışığın hızının sonlu olmasının bir sonucudur. İlk bakışta aşikâr olmayabilen nedenlerle var olmamızı da, ona borçluyuz. Işığın hızı sonlu olmasaydı her türden radyasyon, ne kadar uzakta olursa olsun, salındığı anda alınır ve bozuk seslerin yankılanmasına yol açardı. Her yerden gelen sinyallerin çarpıcı etkilerine maruz kalırdık. Yöremizdeki etkilerin çok uzaktakilere baskın olması yerine, evrenin öteki ucunda yer alan değişikliklerden anında etkilenirdik. Bilginin ışık hızından daha hızlı iletilmesinin olanaksız olması, her türden bilginin ayırımını ve organize edilmesini olanaklı kılar.

Işığın hızı sonlu olduğu için dünyamız göreceliğin yönetimi altındadır. Işığın evrenimizde sahip olduğu belirli hıza neden sahip olduğunu bilmiyoruz. Işık hızı daha küçük olsaydı, daha yavaş hareket eden cisimler, ışık hızına yaklaşıldığında ortaya çıkan uzay ve zaman çarpıtılmasına maruz kalırdı; maddenin nükleer reaksiyon-

larla yok edilmesi sonucu daha az enerji ortaya çıkardı; ışık madde ile daha güçlü biçimde etkileşir ve madde daha az durağan olurdu.

Burada da, olanaksızlık ve onun sonuçları hakkındaki düşüncelerimizin iki yönlü gelişimini görüyoruz. Einstein'dan önce, Newton-vari dünya görüşü, ışık ya da herhangi türden bilgilerin evrende iletilmesi için bir hız sınırı koymadı. Ancak bu varsayım ile evrenin yapısının başka yönleri arasındaki bağlantı farkedilmemişti. Gerçekte, Newton-vari bir evren olanaksızdı, ışıkla uyumlu olmayacak ölçüde basitti. Einstein'dan sonra da ışıktan daha hızlı bilgi iletiminin veya uzay yolculuğunun genel olarak olanaksız olduğunu kabul etmek durumundayız. Ne var ki, doğa yasalarının birbirleri ile tutarlı olmalarını sağlayan da bu olanaksızlıktır.

Özet

Rüyamda öldüğümü ve cennete gittiğimi gördüm. Saint Peter beni Tanrı'nın huzuruna götürdü. Ve Tanrı bana, "Sen beni hatırlamazsın; ama 1947'de Berkeley'de senden Kuantum Mekaniği dersi almıştım." dedi.

ROBERT SERBER[57]

Konumuza insan düş-gücünün çoğu gelişimlerinin köklerinde olanaksızlık kavramının yer aldığı bazı durumları keşfetmekle başladık. Kültürel gelişmemizin, olanaksızlık kavramının kullanılmasının önemli katkısı bulunan çeşitli yönlerinin şip-şak fotoğraflarını çektik. Olanaksızlık kavramı, hem insan eylemlerini kısıtlayıcı olarak, hem de tersine, hiçbir şeyin olanaksız olmadığı bir Varlık kavramı bağlamında kullanıldı. Resim sanatında olanaksız resimlerin yaratılmasında olanaksızlık kavramı uyarıcı bir rol oynadı. Felsefede paradokslar her zaman ilgi çekmiş ve sonsuz, gerçek, mantık ve dilin doğası problemlerinin derin ve yepyeni bir biçimde ele alınmasına yol açmışlardı. Son olarak da, fiziksel evreni anlayışımızdaki gelişmelerle ilgili iki örnek gördük; bunlar bize ölçebileceğimiz şeylerin ve bilgi iletme hızımızın beklenmedik sınırları olduğunu gösterdi. Fiziksel dünyanın işleyişinin karmaşık betimlemelerinin geli-

şiminin, kaçınılmaz biçimde, kendi sınırlarını bilen teorilere yol açtıkları anlaşılıyor: öngöremeyecekleri şeyleri öngörüyorlar.

Bu gezintiler bizi, evreni anlama çabalarımızda karşılaşabileceğimiz sınırlara daha yakından bakmaya, sürekli ilerleme kaydedip edemeyeceğimize, ve "ilerleme"nin anlamını ele almaya götürüyor.

II

İlerleme Umudu

Vur-gu-la-man gerekir pozitifi
Yok-et-men gerekir negatifi
Bırakma Bay İyimseri
Uğraşma Bay Kararsızla.

JOHNNY MERCER

Gökkuşağının ötesi

Hayatın ironisi, ileriye dönük yaşanması, ama geriye dönük anlaşılmasıdır.

SØREN KIERKEGAARD

Bir yüzyıl geriye baktığımızda pratik başarı alanlarının çoğunda hiç görülmemiş bir ilerleme kaydedildiğini farkederiz. Makineler, ilaçlar, eğitim, bilgisayar sistemleri, ulaşım, ... başarıların listesi sonsuz ve etkileyici görünüyor. İlerleme olduğu kesin, ama ilerlemenin *hızı* ne durumda? Artıyor mu, yoksa azalıyor mu? Doğa bilgimiz artmayı sürdürecek mi? Yoksa sonunda yavaşlayıp, damla damla mı akacak?

Son otuz yılda bilim, yeni teknolojinin yol açtığı birçok problemi halletmeyi başardı. Yeni bilgi, enformasyon aktarımında daha az zaman ve enerji gerektiren aletler yapmak ve yöntemler bulmak demek oldu. Ancak yeni bilginin her zaman yeni pratik sonuçları olacak mı? Yoksa yapılabilir olanların hudutları, kavranabilir olanların sürekli arkasında mı kalacak?

Günümüzdeki fizik teorileri bizi, şaşılacak ölçüde az sayıda temel doğa yasası olduğuna inanmaya yöneltiyor. Ancak yine de, bu yasaların izin verdiği sonsuz sayıda farklı durumlar ve yapılar olduğu görülüyor -tıpkı satranç oyununu tanımlayan az sayıda kural ve taş olduğu halde, oynanabilecek sonsuz sayıda oyun olması gibi.[1] Henüz keşfedilmemiş kuvvetlerin etkileri son derece zayıf, ya da ciddi biçimde sınırlı; belki de çok kısa mesafelerde ya da ender bazı kısa ömürlü varlıklar için etkin olsa gerek. Fizikçiler, bulmuş oldukları kuvvetler dışında gözden kaçırdıkları başka bir şey olmadığından oldukça

eminler.[2] Ancak bu yasaların sonuçları konusunda aynı ölçüde güvenli değiller. Sürekli yeni keşifler yapılıyor; karmaşık düzenli yapıların nasıl ortaya çıktıkları ve çevreleri ile beraber nasıl geliştikleri konusunda giderek artan bir anlayış var. Bu sadece bir eğilim olabilir: karmaşıklığın, var olabilecek bütün çeşitlerini anlamak ile son bulacak bir eğilim. Belki de karmaşıklık çalışmalarının Altın Çağını yaşamaktayız;[3] 1970'lerin ve 1980'lerin, parçacık fiziğinin Altın Çağı olması gibi. Deneysel bilimler, keşifleri temel alırlar ve Amerika'yı sadece bir kez keşfedebilirsiniz -Vikinglerin, Señor Columbus'a diyebilecekleri gibi.

Bazı bilimciler ve filozoflar, bilimin bir bütün olarak Altın Çağını yaşadığı ve bunun bir gün sona ereceği görüşündeler. Gerçekten, yeni keşifler yapmak giderek daha zorlaşacaktır; küçük değişimler çekici amaçlar haline gelecektir; daha derin kavrayış, başarı için hayal gücünden giderek daha çok çaba gerektirecektir; ve çok çok büyük karmaşıklık içeren sistemler, giderek daha güçlü bilgisayarlar gerektirecektir. Yararlı bilimin altın damarı bir gün tükenebilir; ve geriye sadece giderek daha fazla emekle çıkarılabilecek birkaç altın parçası kalabilir. Doğal olarak, madenin tükendiğini farketmeyebiliriz de. Gökyüzünde, daha fazla temel ilerleme kaydetmesi için insanoğlunun yavaş bir ilerleme yerine büyük bir sıçrama yapması gerektiğini söyleyen bayraklar dalgalanmayabilir. Bilim, bir patlama ile değil, bir inilti ile sona erebilir. Yeni bilgi elde etmenin parasal bedeli, sonunda, kışıtlı insan kaynaklarının çok büyük ölçüde tükenmesine yol açabilir. Araştırmanın bedelini aşacak bir yarar olasılığı da yoktur.

Bu kötümser senaryo geleceğimizi karartmasa bile, sadece onun üstünde düşünmek, gerçeklere daha bilinçli biçimde odaklanmamıza yardımcı olabilir. Bilimsel araştırmanın parasal bedeli, şimdiden politik bir konu haline gelmiştir. Bir ülkenin GSMH'sının ne kadarı, pratik yarar beklentisi çok az olacak ya da hiç olmayacak olan bilimsel araştırmalara harcanmalıdır? Bilimden edinilecek yararlar ne kadar dolaylı olabilir ve ne ölçüde bu yararlar hâlâ bilimden elde edilmiş sayılabilir? Bu bölümde önce bilimsel ilerleme konusunda

bazı çarpıcı çağdaş görüşleri ele alacağız. Daha sonra da, geçmişteki kâhinlerin, yaşadıkları yüzyılların sonunda ilerlemenin sona erip ermeyeceği konusunda yaptıkları kehanetlere bir göz atacağız. Onlar genellemelerle yetinmediler; çoğu kez, hiçbir zaman çözülemeyecek olduğunu düşündükleri bilimsel problemlere de dikkat çektiler. Endişeleri bazı durumlarda bizimkilere çok benziyordu.

Bilimin geleceğinde söz sahibi olanlar sadece bilimciler değildir. Çalışmaları çok pahalı ise ve devlet için doğrudan bir teknik ya da askerî geçerliği yok ise, çalışmaların sürdürülmesi, toplumun karşılaştığı başka önemli sorunların var olup olmamasına bağlıdır. Eğer iklim ile ilgili sorunlar varsa, kamu fonlarını yönlendiren kurumlar, elementer parçacık fizikçileri ya da metal-bilimciler yerine, meteoroloji uzmanlarına ve uzay bilimcilerine daha olumlu bir gözle bakacaktır. Gelecekte, "problem bilimleri" diyeceğimiz, insanlığın varlık ve refahını tehdit eden önemli çevresel, toplumsal ve sağlıkla ilgili sorunları çözmek için gereken çalışmaları içerecek bir bilim dalının giderek ön plana çıkmasını ve kaynakların cömertçe buraya akmasını bekleyebiliriz. İnsanlık tarihi boyunca, savaş ya da savaş olasılığı, bilim ve matematiğin özel alanlarına önem verilmesine ve ilginin onlar üzerinde odaklanmasına yol açmıştır. Bu acil durum gelecekte, dikkatlerimizi, geçmişteki eylemlerimizin yan ürünleri ve onların doğal dünyadaki iklimsel ve ekolojik eğilimler üstündeki etkileri üzerinde yoğunlaştırabilir. Olasılığı çok düşük olan bu felaket, eğer sürekli önlem alınmazsa, uzun bir süre sonra kesinlik kazanır.

"İleri" toplumların -bilim ve teknolojiye büyük yatırım yapan ve onlara güvenen toplumların- giderek artan biçimde, başka iç sorunlar, gerilimler ve karşılanması pahalı beklentiler yaratma eğiliminde oldukları görülüyor. Bilimsel araştırma için gereken parasal güce sahip olanlar, her zaman, kaynaklarına yönelen başka birçok taleple karşılaşırlar. Bu talepler sadece dikkatsizlik hatalarını onarma gerekçesiyle sınırlı değildir. Başarı da aynı ölçüde pahalı olabilir. Bir zamanlar tedavi edilemeyen hastalıklar için sürekli yeni tıbbi tedaviler keşfediyoruz. Ancak, onları büyük ölçekte uygulamanın bedeli, toplum için yıkım olabilir. Daha gelişmiş tedavilerin pahalı olması ve

bir zamanlar ileri orta yaşlarda ölümcül olan bazı hastalıkların yok edilmesi sonucunda, özel ve kamusal sağlık bakım giderleri sürekli artmaktadır. Yavaş yavaş ilerleyen hastalıklar için bulunan sistematik her tedavi, yeni bir grup insanı ölümden kurtarmakta; bunların bir sonraki yaşlılık hastalığına yakalanmaları ise yeni bir sosyal soruna yol açmaktadır.

Bilimsel ilerlemenin sürekliliği için, bilgisayar sistemlerinin küçülmesi, hız ve karmaşıklığının yeni düzeylere yükseltilmesi bir umut olabilir. Bu yeni teknolojilerin gelişmesini sağlayan saf bilim projelerinin, gelecekte çok önemli işlevleri olacaktır. Geçmişteki "büyük bilim" projelerinden âşina olduğumuz gibi, temel bilim araştırmalarının bilgisayara yansıyan getirileri olmaktadır. İlk ABD uzay programının en büyük yararlarından biri, Ay'daki taşların örnekleri değil, büyük ve güvenilir gerçek-zamanlı bilgisayar sistemlerinin hızla gelişmesidir. Daha yakın zamanlardaki, dünya çapında Internet bilgisayar ağı, CERN'den -European Center for Particle and Nuclear Physics (Avrupa Parçacık ve Nükleer Fizik Merkezi)- ortaya çıkmıştır.

Bilimin başarısı, onun işlevlerini büyüklük ve karmaşıklık bakımından yeni bir düzeye yükseltmiştir. "Büyük bilim", yüzlerce bilimcinin uluslararası işbirliği, yüzlerce milyon sterline varan bütçeler, başlıca katılımcıların yaratıcı yaşam sürelerinden daha uzun araştırma süreleri demektir. Çeşitli bilimler, birer birer, büyük-bilim takımına katılmak için çok büyük bir projeye girişerek yol almak isteyecekleri bir aşamaya geleceklerdir. Bu tür ortak bir projenin asimptotik çekiciliği fiziksel bilimlerde belirli bir olgunluk işaretidir: Başarılı bir merkezî teori vardır ve bu teori, çok büyük miktarda veriden ve bilgisayar analizinden yararlanma olanağına sahiptir. Bu şekilde bir araya gelen ilk bilimciler fizikçiler oldu (parçacık hızlandırıcılar konusunda); sonra gökbilimciler (Hubble Uzay Teleskopunda), şimdi de biyologlar (İnsan Genom projesinde). Başkalarının da arkadan geleceği kesin. Çoğu ülkenin bilim bütçeleri, şimdiden, bilimsel girişimlerle uyumlu duruma gelmiştir. Bilimsel araştırmalar bir zamanlar pahalı olmayan girişimlerdi; birkaç deney

tüpü, kitaplar, kimyasal maddeler, evde yapılan cam gereçler ve fazla teknoloji gerektirmeyen bazı araçlar yeterli oluyordu. Ancak şimdi büyük bilgisayar sistemlerine, spektrometrelere, elektron tarayıcı mikroskoplara, küçük hızlandırıcılara ve diğer birçok pahalı araçlara gerek duyulmaktadır. Bunları kullananları dünya çapındaki araştırma etkinliklerinin zirvesinde tutmak için sık sık ortaya çıkan geliştirme zorunluluğunun gerektirdiği korkunç giderler de unutulmamalıdır.

İlerlemeye karşı duyulan bu dayanılmaz arzu, bizleri sonu gelmez bir para ve kaynak arayışına zorlayan, içimize derinden kök salmış bir duygudur. Bunun gizemli bir yönü de yok. Bizler, en iyi yaşama şansını veren özellikleri seçmiş olan uzun bir evrim tarihinin ürünleriyiz. Çevremizi değiştirme ve kendi ekolojik sığınağımızı bulma yetimiz, öteki türleri geride bırakarak, Dünyanın her bölgesinde yaşamayı sürdürmemizi sağlamıştır. Yarış ne kadar çetin olursa, yeni bir şey uygulayarak marjinal bir avantaj kazanmak için duyulan baskı da o ölçüde artar. Değişen çevre koşullarında sağ kalmak için ilericiler, tutuculardan daha fazla uyum gösterirler. İlerici etkinlikler bazen çılgınlık gibi görülebilir ve bir sürü soruna yol açar. Ancak, yaşlılıkta yaşananlarda olduğu gibi başka seçenekleri göz önüne aldığımızda, pek fena sayılmaz.

Günümüzde Batı demokrasilerindeki insanların çoğu, uzak atalarının kaderi ile kıyaslandığında, lüks içinde yaşamaktadır. Rahatlık arttıkça yeniliğe duyulan güdünün azalacağından endişe edebiliriz. Geleceğe bakarak, teknolojik toplumların ilerlediği doğrultunun -daha az iş üretme, daha uzun yaşama, daha fazla boş zaman,- sonunda, bilim ve teknolojide yenilik arzusunu ve güdüsünü yok edip etmeyeceğini düşünebiliriz. Hükümetler, yeniliği giderek daha çok ödüllendiren ve teşvik eden "ekonomik çevreler" yaratmaya çalışarak alt uçtaki bağımlılık kültürüne ve tepedeki duyarsızlık kültürüne karşı koymaya çalışmaktadır. Uzun vadede gidişat ne olacak? Yaratıcılık, kendini başka alanlara yönelmiş bulabilir; bireyler, beklenmedik bir duyarlılık göstererek, kendilerinin sanal elektronik gerçekliklere ve yüksek teknoloji eğlencelerinin içine çekilmelerine kar-

şı gelebilirler. Öteki olasılık da, duyarsızlığın yaygınlaşmasıdır. Bu sorun, sonsuza dek yaşayacağımızın yüzümüze söylenmesi ile benzerlik gösteriyor. Hiç tükenmeyen meslekler dizisinin ilkine başlamak için hemen dışarı mı fırlarsınız; yoksa, her şeyi yapmak için yeterli mekân ve zaman olduğunu düşünüp, her şeyi çıkmaz ayın son çarşambasına bırakarak, koltuğunuza mı gömülürsünüz?[4] Toplumsal analizci Jose Ortega y Gasset, aşağıdaki gözlemleri yaparken aynı bölünmeyi görmüştü:

> İnsanlığı mümkün olan en kesin biçimde bölmenin yolu, onları iki tür yaratık grubuna ayırmaktır: kendinden büyük beklentileri olup güçlük ve sorumlulukları yüklenenler ile, kendinden hiçbir özel beklentisi olmayıp yaşamın her anını olduğu gibi geçirmek isteyen, kusursuzluk yönünde çaba gösterme sıkıntısına kendini sokmayan, dalga üstündeki şamandıra gibi sadece inip çıkanlar.[5]

Hepimiz, her iki türden de, birilerini tanırız.

Bu, insan kişilikleri arasında kesin bir ikili değerlendirme olsa da, onun nasıl uygulandığı konusunda dikkatli olmalıyız. "İnsan toplumu" ya da "bilimciler" hakkında, sanki onlar tek bir birey imiş gibi konuşmak kolaydır. Hiç de böyle değildirler. Onlar, daha çok, bireylerden oluşmuş, farklı inanç ve güdüleri olan, bütün bir topluluktur. Bu güdüler, birbirinin tersi olan iki kutupta toplanmalara yol açabilirler. Ancak herhangi bir toplumda, herhangi bir zamanda bu ikisinin karışımından ortaya çıkabilecek farklı gelecekler sunabilen, farklı güdüler ve inançlar tayfı da var olabilir.

Telegraph Avenue* yoluyla Polinezya'ya yolculuk

> *İtalya'da, Borgia'ların idaresi altında otuz yıl savaş, terör, cinayet ve kan dökülmesi yaşadılar. Michelangelo, Leonardo da Vinci, ve Rönesansı ürettiler. İsviçre'de ise, kardeş sevgisi, beş yüz yıllık demokrasi ve barışı yaşadılar; peki, ne ürettiler? Guguklu saat !..*
>
> ORSON WELLES[6]

* Amerika'nın California eyaletindeki elektronik ve bilgisayar endüstrisinin bulunduğu Silicon Valley yakınlarında, bu tür cihazların satıldığı alışveriş merkezi (ç.n.).

Bilimsel hudutları ileri itelemenin bedelinin artması, bilimin felsefi analizinin gelişmesine ve "evren nasıl başladı?" benzeri, "yaşamın anlamı"nı içeren, yanıtlanamayacak sorunların tartışılmasına yol açabilir. Bu yolla bilimin değişmez ilkeleri gündem dışı bırakılır; geriye insanın sadece bir fikir yürütebileceği, ama sınanabilir yanıtları olmayan yüzeysel sorulardan oluşan bir cila kalır. Bilimin kendi hazin sonunu getireceği görüşü, ilk kez, o sıralarda Berkeley'deki California Üniversitesinde olan Gunther Stent tarafından *The Coming of the Golden-Age*[7] (Altın Çağın Gelişi) kitabında dile getirilmişti. Onun argümanı yakın zamanda Amerikalı gazeteci John Horgan tarafından yeniden keşfedilip *The End of the Science* (Bilimin sonu) kitabında tekrar yayınlanmıştır.[8]

Stent, bilimin yolun sonuna geldiğini düşünüyordu -ama giderek daha masraflı olduğu için değil. O, büyük keşiflerin yapılmış olduğunu ve bilimin gelecekte barok dönemi ayrıntılarına, öznelliğe, ve yaratıcı sanatların birçoğunda yapıldığı gibi kendi içine bakmaya doğru gittiğini düşünüyordu. Tarih bize, eskilerin, ayrıcalıklı bir ırkın cennet koşullarında yaşadığı bir Altın Çağ efsanesini geri getirmeye özendiklerini söylüyor. Yunan mitolojisine göre bu dünyasal mutluluk, Pandora'nın* kutusunun kapağını açıp daha önce bilinmeyen kötülükleri dünyaya salması ile son buldu. Altın Çağın ardından, parlaklığı giderek azalan Gümüş, Bronz ve Kahramanlık Çağları geliyor; en sonunda da, günümüzdeki insanoğlunun, tanrıların acımasız ürünlerinin hasadını yaptığı emek ve üzüntü çağı olan Demir Çağına geliyoruz. Musevi geleneğinde de, buna benzeyen ve daha yakından âşina olduğumuz, mutluluk dolu Cennet ülkesinden ıstırap ve zorluklarla fokurdayan bir dünyaya gerileyişin ve düşüşün öyküsü vardır.

Stent bu mitolojik resmin baş aşağı edilmesi gerektiğini savunuyordu. Bizim bilimsel Altın Çağımız geçmişte kalmış değildi; olaylar onun *şimdi* yaşandığına işaret ediyordu. Bu çağdaş Altın Çağın

---

* Zeus'un ateşin çalınmasına kızarak, insanları cezalandırması için yeryüzüne gönderdiği kadın (ç.n.).

en önemli özelliği, başarılarının parlaklığı değil, bilimin hızla doruğa ulaşmasının işaretini vermiş olmasıdır. Stent'in çağdaşları, gitmek istedikleri yere aşağı yukarı varmış olduklarının işaretlerini veriyorlardı. Öyle ise frene basan neydi?

Stent'e göre bilimin sonuna yaklaşılmasının başlıca nedeni kolayca çözülebilir problemlerin tükenmiş olması değildi. Tam tersine, bilimin ölümü, art arda gelen dünya savaşlarının yol açtığı yokluk ve dehşetin ardından gelen yaşam koşullarında, toplumsal refahta ve güven duygusunda hiç görülmemiş bir iyiye gidişin sağlanmasının bir sonucuydu. Bilim, eğer başarılı ise, doğal dünyayı yararlı kılacak girişimler için gereken psikolojik güdülerin zayıflamasına izin veren toplumsal koşulları oluşturmaya yönelir. Şöyle yazıyor:

> İlerleme, sanat, bilim ve yaşam koşulları ile ilgili olaylarda yer alan çelişkilerin -tezler ve antitezlerin- bu süreçlerin kendi kendini sınırlamasına yol açtığını, ve de bu süreçlerin günümüzde sınırlarına ulaşmakta olduğunu ve bunların hepsinin son bir büyük senteze, Altın Çağa[9] yaklaştıklarını göstermeye çalışacağım.

Bu durum Güney Denizi Adalarının karakteristik tarihi ile karşılaştırılabilir. Bu adalara, bundan üç bin yıl önce, yaşamak için daha iyi bir yer arayan, Güney Doğu Asya'dan küçük teknelerle yola çıkan, serüvenci bir ruh taşıyan, denizcilikle uğraşan insanlar yerleşmişti. Daha sonraki iki bin beş yüz yıl boyunca bu insanlar, yiyecek ve toprak bulmak dürtüsü ile, yaşanabilir olan bütün Pasifik adalarına yayıldılar ve koloniler kurdular. Ancak, dört yüz yıl gibi bir süre sonra bu süreç tamamlanınca, gidişatta aşağı doğru sarmal bir düşüş başladı. Verimli topraklar ve deniz ürünlerinin bolluğu karşısında serüvenci ruh bozuldu, hedonizm (hazcılık) arttı, entelektüel çaba gevşedi ve geçmişteki yaratıcı sanatlar solup yok olmaya bırakıldı.[10] Polinezya'nın bu hüzünlü tarihinde Stent, çevreye yeni yöntemlerle hükmetmek isteyen meydan okuyucu "Faust-vari" insan ruhunun çöküşünün acıklı sonuçlarını görüyordu:

> Rahatlığın yol açtığı "tehdit" ile daha önce de en azından bir kere karşılaşıldı; çalışma akidesinden basitçe ve çok kolayca vazgeçildi. Ekonomik güvencenin sağlandığı ve çoğunun yararlı bir iş yapma-

> yı bıraktığı bir ortamda insanların zır deli olmaları gerekmiyor. Pasifik'in Vikingleri, Faust-vari bir eğilim ile başlamış olsalar gerek; ama Kaptan Cook onları bulduğu zaman Faust-vari insan çoktan yok olmuştu.

Bu benzetmeleri değerlendirirken Stent'in durumunun dikkate alınması gerekiyor. Bunları 1969'da Berkeley'de Students' Free Speech Movement (Öğrencilerin Özgür Konuşma Hareketi) tarafından yapılan büyük öğrenci protestolarından (bu hareket dünyanın başka bölgelerinde de benzer protestoları başlatmıştı) kısa bir süre sonra yazmıştı. Berkeley'de akademisyenler ve üniversite yöneticileri bu görülmemiş protestoların nedenleri ve uzun vadedeki etkileri üzerinde kendilerini sorgulamakta idiler. Amerikan gençliğinin büyük bir kesimi, en azından, hayatın yaşamaya değer amaçları karşısında topluca fikir değiştirmişlerdi. Amerikan Rüyası, yerini Amerikan Kâbusuna bırakmıştı. Bu değişim ile sarsılmış olan Stent, Amerikan gençliğinin bilgi arayışını bıraktığını ve ona tekrar dönmeyeceğini düşünüyordu. Onu en çok endişelendiren, neyi protesto ettikleri değil, nasıl protesto ettikleriydi. Akılcılık-karşıtı ve başarı-karşıtı görünüyorlardı. Kısacası, ilerleme-karşıtı idiler. Berkeley kampüsündeki Fakülte Kulübünden bakıldığında, bilim gibi akılcı girişimlerin uzun vadeli gelecekleri pek de iç açıcı görünmüyordu. Berkeley'deki bilim ve bilimciler ile Amerikan ordusu arasındaki yakın ilişkiler (Edward Teller'in yönettiği Livermore laboratuvarı, araba ile 45 dakika ötedeydi ve formal olarak Üniversitenin bir bölümüydü) gelecek için pek de iyiye işaret değildi. Bilim, konularında bir tükenme olduğu için değil, köklü toplumsal değişim nedeniyle yavaşlıyordu.

Stent'in düşüncesi, 19. yüzyıldaki "ilerlemenin filozofları"ndan çok etkilenmişti; onlar insan ilerlemesi için objektif bir ölçüt bulduklarını düşünüyorlardı: Doğal dünyayı idare etme gücümüzün kapsamının çizelgesini çıkarmak.[12] Onları izleyerek, Stent de, evrim tarihimizin bize, çevremizi manipüle ve kontrol etmek için bir içgüdü vermiş olduğunu düşünüyordu. Onu, genetik katılım gibi son derece yavaş bir süreç yerine, eğitim, özellikle de genç yaştaki çocuk-

ların eğitimi gibi yöntemlerle, gelecek kuşaklara daha çabuk aktarabilirdik; bu içgüdü, endüstri toplumlarını giderek artan biçimde etkileyen bir içgüdüydü. Dahası, doğayı bizim için optimal olacak şekilde manipüle etmeyi başardığımızda "mutlu" olurduk. Ancak savaş sonrası yıllarda toplum daha varlıklı olunca, bunları gerçekleştirme çabasına esin vermek için gerekli olan sosyal koşullar zayıflamaya başladı. Görece refah koşullarına ilk ulaşan kuşak beatnikler oldu. Stent'in öğrencilerinin ekonomik güvenleri, ilerleme arzusunu törpülemişti. Halbuki, Depresyon dönemini ve mültecilerin karşılaştığı yoksulluk ve kovuşturmaları yaşamış olan önceki kuşaklar için, ilerleme arzusu, doğalarının bir parçasıydı.

Büyüme ve teknolojik ilerlemenin olanaklı sınırlarını incelerken Stent'in argümanlarına tekrar döneceğiz. Berkeley'de 1960 ortalarında yaşananları bir yana bırakırsak, Stent'in argümanı, basit olarak, "ilerleme kendi sınırını getirir" şeklinde özetlenebilir. İlerleme için başlıca esin, çevremizi şekillendirmek ve geleceğimizi kontrol etmek olduğuna göre; bu konuda başarımız arttıkça, yaşamımız da daha zengin ve güvenli olacak, daha fazla ilerlemeye yönelik arzumuz ve gerekçemiz ise azalacaktır. İçinde bulunduğumuz dönemden geriye baktığımızda, Stent'in kehanetleri gereğinden fazla kötümser görünmektedir. Beatnik kültürü kısa süreli bir sarsıntıydı ve yerini, geleneksel koşuşmacada daha dinamik bir katılım olan özel teşebbüs kültürüne bıraktı. Refahın artması, daha da çok refah arzusuna yol açtı.

Geriye bakıldığında, Stent'in analizi belki de gerçekçi olmayacak ölçüde tek boyutlu gibi görülür. İlerlemenin çok yönlü bir şey olduğunu fark etmemişti. Bir alanda gerçekleşen ilerleme, başka bir yerde problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bir toplumda önemli olan faktör, ortalama rahatlık düzeyi değildir; bir kişi ile komşusu arasındaki başarı düzeyi farkı önemlidir. Bu eşitsizliklerin, bir itici güç olarak, ortalama refah düzeyinden çok daha etkili olmaları beklenir. Bu eşitsizlikler olmadan bile, huzur ve refahı artırmak beceri gerektiren bir şeydir. Teknolojik gelişmenin olumsuz bir yanı olduğunu anlamaya başladık. Bu

ilerleme çoğu kez, teknoloji kullanarak azaltmak istediğimiz çevresel problemlere, yararlardan daha ağır basan sorunlar getirir. Eğer teknolojik ilerlemenin başka türlerinin de benzer olumsuz yan ürünleri varsa, o zaman onların üstesinden gelmek insan hayal gücü için sürekli bir uyarıcı olacaktır. Stent'in yozlaşmış Altın Çağı asla gelmeyebilir de.

Horgan, bilim için farklı tipte bir gelecek görür. Stent bilim dışındaki huzur ve güvenin bilim için gereken psikolojik motivasyonu azaltıp azaltmayacağı üzerinde dururken, Horgan da yanıtlanabilir bütün soruların tükenip, sonunda, bilimin kendi içinde bir yozlaşma ile baltalanıp baltalanmayacağını sorgular. Deney ya da gözlem yolu ile bütün temel araştırma alanları kısa sürede, kesin bir sınıra, sınamaya izin vermeyen çok ilgi çekici spekülasyonlar sınırına ulaşabilir mi?

İlk bakışta bu çok olası görünüyor. Evrendeki konumumuz ve teknik yetimiz, *bizim* evren hakkındaki bilgimizi tamamlamamız düşünülerek "tasarımlanmamıştır". Evrenin, bizim rahatımız ya da eğlencemiz için var olduğuna inanmamız için de bir neden yok. Yapabileceğimiz ve bilebileceğimiz şeyler için, sınırlar olacaktır. Eğer sınırlar varsa ve bilgi birikebiliyorsa, biz sadece onlara yaklaşıyor olabiliriz -başka seçenek yoktur. En sonunda, kaçınılmaz olarak, sadece akla yakın senaryolar oluşturarak önemli "ilerleme"ye izin veren bir bilgi düzeyine ulaşacağız. Horgan'ın deyişiyle bu "nahif, ironik bilim", yemek sonrası ilginç sohbetlere yeni konular sunabilir; hatta piyasayı binlerce popüler bilim kitabı ile doldurabilir. Ancak hiçbir zaman daha iyi bir makine üretilmesine yardım edemez ve güvenilir bilimsel bilgi yığınına katkıda bulunamaz. Bilimsel girişim için öngörülen bu gelecek, bazı bakımlardan yaratıcı sanatçıların kaderini anımsatmaktadır. Orada, "ironik" etiketi, çalışmanın kökünde okuyucudan-bağımsız bir öz olmadığını söyleyen postmodernist yaklaşımı betimler. Metnin kendi, onu nasıl bulursanız öyledir. Bütün metinlerde okuyucuya bağımlı olarak birden çok anlam vardır. Edebî eleştiri, yapıbozumcu bir evreye girmiştir; buna göre bir eserin herhangi bir yorumu bir diğeri kadar geçerlidir ve

buna yazarınınki de dahildir.[13] Böylece temel fiziksel bilimlerde çalışanların karşılaşacağı gelecek, Horgan'a göre,

> onların bilimi, benim ironik bilim dediğim, deneysel sonrası ve spekülatif biçimde sürdürmeleri gerekecektir. İronik bilim edebî eleştiriye benzer; şu bağlamda ki, bakış açıları ve fikirler ileri sürer, bunlar en olumlu değerlendirme ile, ilginç oldukları için tartışmayı sürdüren başka fikir ve yorumlara yol açarlar. Ancak bu tür bilim gerçeğe odaklanmaz. Bilimcileri, gerçekliğin temel betimlemelerinde önemli revizyonlar yapmaya zorlayacak, deneysel olarak doğrulanabilen sürprizler başaramaz.

Bilim belki de böyle öznel bir kaderle karşı karşıyadır: Birçok bilimci bunun, bilimin ölümünden de beter bir kader olduğunu düşünür. Mesleğinin belirli bir döneminde olan başarılı bir deneysel bilimci için bu tür bir spekülasyonun özel bir çekiciliği olup olmadığı gibi psikolojik bir soruyu bir yana bırakırsak, bu görüş gerçekten, evrenin doğası hakkında bir öngörüdür. Bu, nesnelerin doğası üzerindeki gözlem araçlarımızın bir sınırı olduğu yolunda bir beklentidir. Göremeyeceğimiz şeyler olacaktır; kaydedemeyeceğimiz olaylar olacaktır; yok sayamayacağımız olasılıklar olacaktır. Bu gerçekleştiğinde, yapabileceğimiz tek şey, bildiğimiz çok az şeyle tutarlı olan olası senaryolar oluşturmaktır. Ancak bilgimizdeki boşluklar, farklı birçok olasılığın var olmasına izin verecektir. Bu boşluklar günümüzdeki bilimin küçük bir bölümünü oluştursa da, onların görece boyutları düzgün olarak artabilir. Bir gün, ardımızdan gelecek kuşaklar uyandıklarında, bunların bilinen ile bilinmeyen arasındaki sınırın tümünü kapsayacak ölçüde büyüdüğünü görebilirler.

Son yıllarda bilimin söylemleri ve öngörüleri giderek artan biçimde cesur ve spekülatif olmaktadır. Bilimciler artık sadece ne yaptıklarını ya da doğanın neye benzediğini anlatmakla yetinmiyorlar. Giderek daha kapsamlı, derin felsefi sorular (yaşamın anlamı gibi) bakımından, bulguların *anlamını* açıklamaya heves ediyorlar; gelecekle ilgili olasılıklar hakkında, bilimsel gerçeklerden ziyade bilim kurgu alanına yakın görünen spekülasyonlar yapmaya çok daha yatkınlar. Aklımıza hemen bazı örnekler geliyor: Yapay zekâ üretme arayı-

şı, gelişmiş dünya dışı yaratıklar, insan duyularını ve duygularını uyumsal evrim ile açıklamak, yaşamın genetik şifresini okuyup, onun öyküsünün can alıcı bölümlerini tekrar düzenleyerek hastalıkları yok etmek ve insan yaşam süresini şimdikinden çok daha öteye uzatmak. Kozmologlar bize, bizim evrenimizin (ve başkalarının !) başlangıcını anlatırken ve nihaî doğa yasalarının biçimi hakkında kehanetlerde bulunurken, diğerleri de bizim sonsuza uzanan kozmik geleceğimizin haritasını çıkarıyorlar. Bu örneklerin her biri kendi başına bir öykü anlatıyor. Popüler bilimin spekülatif boyutunun, açıkladığı konuların ve hedef aldığı dinleyicilerin doğası hakkında bize daha derin birşeyler söyleyip söylemediği sorgulanabilir.

Bazıları, bilimin popüler hale getirilmesindeki deney-ötesi (transandantal) eğilimi, geleneksel dinlerin etki kaybı için bir ihtimal olarak görebilir. Çoğu kişi bilimi, bizleri bazı politik haberlere, skandallara, ekonomik konulara, cinayetlere ve sosyete modalarına ilişkin seçeneklerin ötesine götüren deney-ötesi fikirlerin bir kaynağı olarak görür. Doğaüstü olaylara, astroloji ve bu tür diğer mistik konulara duyulan büyük ilgi, evren ile bütünleşme arzusunun bir göstergesidir (yakın dönemde yapılan İngiliz ve Amerikan seçimlerinde anlamsız bir yaygara eşliğinde ortaya çıkan "Doğal Yasa Partisi" buna bir örnektir). İnsanların, kendilerinden daha yüce bir şeye ve evrenin anlamını öğrenmeye karşı derin bir istek duydukları anlaşılıyor. Bazı yazarlar açıkça bu konuya eğilmeye çalışmıştır. Örneğin, Paul Davies, bilimin Tanrı'ya ulaşmak için dinden daha emin bir yol sunduğunu iddia etmiştir.[15] Bu yeni bir iddia değildir. 1932 yılında, dönemin etkin bir matematikçi ve fizikçisi olan Hermann Weyl, bu soruyu oldukça ayrıntılı bir biçimde ele almıştı. İleri sürdüğü argüman şöyleydi:

> Çoğu kişi çağdaş bilimin Tanrı'dan çok uzak olduğunu düşünür. Ben ise, tam tersine, günümüzde bilgili bir insanın, Tanrı'ya geçmişten, dünyanın tinsel yanından ve etik açılardan yaklaşmasının daha zor olduğu kanısındayım; çünkü o zaman, merhametli ve her şeyi yapmaya kadir olan bir Tanrı ile pek bağdaşmayan, dünyadaki ıstırap ve kötülüklerle karşılaşıyoruz. Bu alanda insan doğasının, nesnelerin özünü örten peçeyi kaldırmayı henüz başaramadığı açıkça

> görülüyor. Ancak, fiziksel dünya hakkındaki bilgimizle o ölçüde derinlere nüfuz ettik ki, yüce akıl ile uyumlu olan kusursuz harmoniyi artık hayal edebiliriz.[16]

Bilim-kurgu yazarlarının şimdiye kadar hayal ettiklerinden daha olağan dışı olanakları, bilim sürekli ortaya çıkardıkça, geleneksel bilim-kurgu yazarlarının işlerini sürdürmeleri, ilahiyatçılarınkinden çok daha güçleşmiştir. Ancak bundan da yararlanmayı bilmişler ve kapsamlarını genişleterek psikolojik ve teknik-dışı problemlere daha derinlikli incelemelerle yaklaşmaya başlamışlardır.[17]

Popüler bilimin satış başarısının, yazarları, okuyucu çekmek amacı ile, giderek daha spekülatif olmaya yöneltip yöneltmediği sorulabilir. Ancak daha dolaysız bir olasılık da var. Bilimsel disiplinlerin "doldurma faktörü" dedikleri bir şey vardır. Bu, bizim, sahip olduğumuz deneysel hassasiyet, bilgisayar teknolojisi ve insana dayanan matematiksel olanaklar ile ulaşabileceğimizin tam olarak ne kadarını açığa çıkardıklarının bir ölçütüdür. Elde edilebilen bütün sonuçlar toplanıp, bilimci olmayanlara basit terimlerle açıklandığı için, geriye el atılabilecek tek yer olarak, konunun spekülasyona açık olan sınırları (ve ötesi) kalıyor. Bir konu hakkında, bilinen şeyler ötesinde çok spekülatif genellemelerin bol olması, o konuda ya yeni gözlemsel olguların bulunmasının çok zor olduğuna (örneğin, evrenin uzak geçmişini inceleme); ya da, o bilim dalında bulunabilecek her şeyi ortaya çıkarmakta çok başarı sağlandığı için, elde edilebilir türden görece çok az bilgi kalmış olduğuna (deneysel parçacık fiziğinde olduğu gibi) bir işarettir.

İlerleme ve önyargı

İyimser kişi, geleceğin belirsiz olduğunu düşünendir.

ANONİM

İlerlemenin sürekli olduğu fikri, oldukça çağdaş bir görüştür;[18] uzun ve hızlı yaşamanın bir sonucudur. Geçmişte yaşam çok daha yavaştı, iletişim daha güçtü, değişiklik sağlamak daha zordu, bunu başaran kişi sayısı da çok azdı. Çoğu kişi için, değişim ile

iyiye gitme arasında hiç ilişki yoktu; varsa bile çok azdı. Yaşam, kazanacağı az şey, kaybedeceği her şey olan bir dönme dolaptı.

Bazı kültürlerde, tarihin akışı ve amacı konusunda derinlerde yatan inanç, ilerlemeyi engelleyebilirdi. Birçok Doğu toplumları, mevsimlik değişiklikler ve doğal dünyada gözlenen doğum ve ölüm evrelerinden esinlenerek, bir döngüsel tekrarlamaya sıkıca tutundu.[19] Hıristiyanlık, insan tarihini, Seçkinler için bir gün geri gelecek olan cennetten bir gerileme olarak gördü. Bunlar, tarih boyunca sürekli ilerleme görüşü ile kolayca bağdaşan görüşler değildirler.

Ortaçağlarda filozoflar ve bilimciler zamanlarının çoğunu, ileriye bakarak değil, geriye bakarak geçirmişlerdir. Her şeyi anlamak için, Aristo'nun klasik eserlerinin hem gerekli hem de yeterli olduğu görüşü yaygındı; onlar yeni fikirlerin sınanması ve değerlendirilmesini sağlayan birer otoriteydi. Gözlemler, günümüzde olduğu gibi, 'olan' ile 'hayal edilen'i birbirinden ayırmak için çok önemli bir araç olarak görülmüyorlardı. Galileo, Jüpiter'in de ayları olduğu savını değerlendirme yolunun, teleskopuyla bakıp onları görmek olduğuna, Pisa'daki felsefe profesörünü ikna edememişti. Otoritelere ve metinlere olan bu abartılı saygının bir yan ürünü de, kavrayış ve keşfetmenin Altın Çağı'nın geçmişte kaldığı görüşüydü. Büyük filozoflar eski Yunan'da yaşamıştı; Eflatun (Platon) ve Aristo "omuzlarında durduğumuz devler" idi. Onları aşmayı bekleyemezdik.

Rönesans, geçmişe duyulan bu abartılı saygıyı bıraktı. Rönesans döneminin ressamları, heykeltıraşları ve bilimcileri, kendilerinden önce gelenlerin yaptıklarından daha iyisini yapabildiklerini gösterdiler. İnsan yetilerine güvenme duygusunun yeniden doğuşu o dönemde çiçeklenip, ilerleme ve başarı için, çağımıza kadar süren bir anlayış geliştirdi.

Uygulamalı bilimin gelişmesi, gerek duyulan konularda oldukça iyi ilerleme sağladı. Örneğin, zamanı doğru olarak saptamak, denizci ülkeler arasında hep bir yarış konusuydu; çünkü boylamların hangi hassasiyetle saptanabildiğinin bir göstergesiydi bu. Newton döneminde İngiliz Deniz Kuvvetleri, denizcilikte kullanılacak zaman-ölçerleri (saatleri) en hassas biçimde tasarlayanlara büyük para ödülleri veriyordu.

Eskiler de bize, gelecek ile ilgili farklı bir yaklaşım bırakmışlardı. Aristo, daha sonra ardından gelenler gibi, olayların neden ve nasıl yer aldığını açıklarken, "amacın" önemini vurgulamıştı. Konu insanlar ve hayvanlar olduğunda bu açıkça görülür; ancak, cansız nesnelerle uğraşırken oldukça yanıltıcı olabilir. Aristo, değişimlerin gelecekle ilgili niyet ve amaçları olduğunu, bunların neden yer aldığını açıklayan "nihaî hedefler" denen bir şey olduğunu ileri sürdü. Bu görüş, yaşam bilimlerindeki, canlı dünya yapısını bir amaç olarak gören, insan merkezli evren argümanı ile birleşti. Belirli canlıların varlıklarını başarıyla sürdürebilmeleri için gerekli olan koşullar ile, çevrenin yapısı arasındaki yakın uyum, İlahî bir ön-programlamanın kanıtı olarak yorumlandı.[20] Bu teolojik görüşün bir sonucu, dünyanın durumunun bir anlamda, 'olanaklı en iyi durum' olarak görülmesidir. Canlı varlıklarla çevreleri arasında daha iyi bir uyarlama için, daha fazla ilerlemeye gerek yoktur. Eğer insan gözünün optik bir alet olarak ne denli harika bir şey olduğunu söyleyip, sonra da onu geliştirecek yenilikler ileri sürerseniz, onun kusurları olduğunu, dile getirmeden kabul etmiş olursunuz.[21] Bu düşünce tarzının başka ve daha sofistike biçimleri, yaşam bilimleri dışında da vardı. Bunlar, çevrenin özellikleri ile canlıların işlevleri arasındaki dikkate değer uyumu değil, Dünyanın ve güneş sisteminin yapısını yöneten, Newton'un açıkladığı doğa *yasalarının* harika yalınlığını, evrenselliğini ve uygunluğunu vurguluyorlardı.

Değişimin farkedilmesine en elverişli alan, canlı varlıkların incelenmesidir. Ancak biyoloji, astronomi gibi değildir; yaşayan varlıklardaki değişimi görmek kolay olmakla beraber, anlamak zordur; geçmişi yeniden-yapılandırmak kolay değildir ve geleceği öngören basit matematik formülleri yoktur. Yaşam çok karmaşıktır. En önemli problem de, yaşayan varlıkların nasıl oluştuğunun (sadece "nesneler oldukları gibiler, çünkü, geçmişte de oldukları gibiydiler" türü bir "Bu iş böyledir" yerine,) ve neden tam da çevrelerine göre yapılmış gibi göründüklerinin, inandırıcı biçimde açıklanmasıdır.

Fransız zoolog Jean Baptiste Lamarck (1744–1829) bu probleme inandırıcı bir yanıt bulmaya çalışan ilk kişidir. Lamarck, organizma-

ların her zaman çevrelerine çok iyi uyarlanmış olduklarını farketti. Ancak, burada büyük bir sorun olduğunu da gördü: Çevre değişiyordu. O halde, eğer çevrelerine uygun olmayı sürdüreceklerse, organizmalar da değişmeli idiler. Lamarck'ın teorisine göre, çevresel değişiklikler karşısında, organizmalar da davranışlarını değiştirmeyi öğrenir, ya da yeni yapılar geliştirirler. Bu değişimler, yavaş yavaş ve art arda gelen başarılı uygulamalarla pekiştirilirler. Organizmalar bir şekilde çevreden emirler alırlar. Ağaçlar uzadıkça, zürafalar da giderek daha uzun bacaklar ya da boyunlar geliştirip, yapraklarla beslenmeyi sürdürebilirler. Bunun sonucunda, organizmaların yapıları ile gereksinimleri arasında, süregelen bir uyum oluşmaktadır. Bütün bunların gerisinde yatan inanç şuydu: Canlı varlıklar en uyumlu ve kusursuz biçim doğrultusunda evrime yöneliyorlar -ve orada da kalıyorlar. Lamarck teorisindeki en büyük boşluk, değişmeleri gerektiğini organizmaların "bilmelerini" sağlayacak olan, çevre ile ilgili değişim bilgisini aktaracak bir mekanizmalarının olmamasıydı.

19. yüzyıl ortalarında, Darwin ve Wallace, birbirlerinden bağımsız olarak, Lamarck'ınkinden temelde farklı olan bir 'doğal seçim yoluyla evrim' teorisi ortaya attılar. Darwin, çevrenin, birbirleriyle çatışan etkilerin ve değişikliklerin olabildiğince karmaşık bir kokteyli olduğunu farketmişti. Çevredeki kargaşanın, yaşayan varlıkların içlerindeki değişikliklerle bağlantılı olması için bir neden yoktu. Çok daha basit bir açıklama yeterli olabilirdi. Darwin, bir çevrede değişiklikler olduğunda, bazı organizmaların yeni çevre ile uyuşmayı başardıklarını, bazılarının da başaramadıklarını gördü. Birinci gruptakiler sağ kalmış ve sağ kalmalarına olanak veren özellikleri bir sonraki kuşağa daha büyük bir olasılıkla geçirmişler, ötekiler ise bunu başaramamışlardır. Bu yolla, belirli bir çevrede yaşam-sürdürmeye yol açan özellikler (ve kalıtımla tercih edilerek) uzun zaman içinde sonraki kuşaklara geçirilmişlerdir. Doğal seçim, işte bu süreçtir. Bu süreç bir sonraki kuşağın iyi uyum sağlaması güvencesini vermez. Eğer çevre aniden değişirse, geçmişteki iyi uyum bir handikap bile olabilir. Eğer çevre çok çarpıcı biçimde değişirse, organizma yeterince hızlı uyum sağlamayabilir ve soyu tükenir.

Çevre, organizmalara meydan okuyan problemler sunar; bunları halledecek yegâne çare de, üreyen toplumlarda ortaya çıkan çeşitlilikte bulunabilir. Eğer çevre uzun bir sürede değişirse, bu çevre değişikliklerine en iyi uyum sağlayan tür bireylerinin hayatta kalmaları, türlerin de yavaş yavaş değişmesine yol açacaktır. Başarılı uyarlamalar sağ kalmaya yönelirler, ancak bunların en iyi uyarlamalar olması için bir neden yoktur. Uygulamada evrimsel uyarlanma süreci son derece karmaşık olabilir; çünkü, bir organizmanın çevresinde başka organizmalar da bulunur ve bunların etkisiyle, çevrenin kendi de değişir. Bu nedenle, tek bir organizmanın ya da türün evrimi yerine, farklı organizmaların çevreleriyle birlikte ortak-evriminden söz etmek daha doğru olur.

Lamarck'dan farklı olarak Darwin, üreyen organizmaların, hiçbir gerek olmadan da, rasgele, çeşitli eğilimler geliştirdiğini gördü. Sadece yakın gelecekte ortaya çıkacak acil gereksinimleri karşılayabilen çeşitleri üreten, görünmeyen bir el yoktur. İşe yarayan eğilimler, uzun vadede üreme verimliliğini artırdıkları için seçilirler.

Doğal seçim süreci konusunda söylenecek çok şey vardır; ancak bizim öykümüz için temel bir sonuç çıkarmak yeterlidir. Doğal seçim, dünyanın bir tasarım sonunda oluşmuş bir son-ürün olduğu görüşüne son vermiştir. Tasarıma gerek yoktur. Son-ürün olan bir dünya kararlı değildir, değişen çevre karşısında kusursuz uyumunu sürdürmek için sürekli yeniden düzenlemeye gerek duyacaktır. Bütün doğal değişikliklerle baş etmek, karmaşık bir çift yönlü süreç gerektirir -bu süreç de doğal seçimdir.

Doğa, saat gibi çalışan bir mekanizma değildir. Yapımı bitmemiş bir saat çalışmaz. Dünyanın bugününden farklı olan bir geleceği vardır. Eğer istersek, gelecek ile şimdiki zaman arasındaki farka "ilerleme" diyebiliriz; yeter ki, bazı bakımlardan *pozitif* olsa da, bu farkın bazı bakımlardan negatif de olabileceğini kabul edelim.

Darwin'den sonra, evrim kavramını toplumsal konulara genişletmek, her şeyi ve herhangi bir şeyi "en güçlünün yaşam-sürdürmesi" ilkesiyle açıklamak için, çeşitli girişimler oldu. Bu spekülasyonlardan sadece birkaçı daha sağlam bir temele dayanıyordu; ancak on-

lar da belirli bir ilerleme ve bir yön değiştirme kavramına yol açtılar.[22] Bölüm 5'de teknolojik olanakları ele aldığımızda, bu konuya tekrar döneceğiz.

Evrimin, yaşayan dünyanın yapımı tamamlanmış bir son-ürün olduğu düşüncesini ortadan kaldırdığını görebiliriz. Bu, ilerleme (ve gerileme) düşüncesine ve dünyanın gelecekte neye benzeyeceği spekülasyonlarına yol açmaktadır. Bu düşünceler yaşam bilimcileri için daha doğaldır. Doğanın matematiksel yasalarıyla uğraşan fizik bilimcileri ise, o yasaların değişmez olma özelliklerini vurgularlar. 20. yüzyıl öncesinde, bu yasaların en başarılı uygulaması, Ay'ın ve gezegenlerin hareketleriyle ilgiliydi. Astronomi alanında görülen değişimler daha yavaş, daha basit ve yaşayan dünyaya kıyasla daha öngörülebilir idi. 20. yüzyıla gelinceye kadar astronomlar, yıldız ve galaksilerin köken ve oluşumu ile, evrenin genişlediğinin keşfiyle ilgili radikal yeni teorilerle karşılaşmamıştı.

Newton'un keşifleri iki yüz yıl boyunca öylesine etkiliydiler ki, son-söz olarak kabul ediliyorlardı. Onun kütle çekimi yasası, her astronomik gözlemi başarı ile açıklıyordu (Merkür'ün Güneş çevresindeki yörüngesindeki aksaklık gibi küçük bir ayrıntı dışında). Hatta, yaşadığı dönemde, ortaya koymuş olduğu mekaniğin başarısı, onun yaklaşımının, bütün soruların araştırılmasında geçerli olabileceği spekülasyonlarına yol açmıştı. Newton'un *Principia*'sının (1687) insanı etkileyen eksiksizliği ve matematiğinin çıkarım gücü, Newton yöntemini taklit eden her düzeyden düşünür üzerinde, lokomotif etkisi yapmıştır. Newton modeli hükümet ve sosyal etiket hakkında yazılmış, veya çocuklar ve "hanımefendiler" için Newton yöntemlerini anlatan, kitaplar vardı.[23] Newton-vari yaklaşımın kapsamı dışında olabilecek bir şey düşünülemiyordu. Newton'un kendi de bu coşkudan sıyrılmış değildi. Simyayı ve kutsal kitabı eleştiren daha sonraki çalışmaları, insan ırkının karşılaştığı bütün gizleri aydınlatma yetisine sahip olduğuna derinden inandığını açığa vuruyor. Önce Tanrı'nın fiziksel dünya tasarımı hakkındaki gerçeği açıkladıktan sonra, kendini, spiritüel ve mistik dünyada da, yerine getirilecek özel görevle yükümlü bir kişi olarak görüyor olmalıydı.[24]

Çağdaş bilimsel yaklaşımlar merceğinden bakıldığında, Newton derinden çelişkili bir kişi olarak görülür. Bilinen bilimciler arasında en derin fiziksel içgüdüleri olan bir matematik dehasıdır. Ancak yine de, kendinde, bir sihirbaz gibi, bütün problemleri çözme ve bütün engelleri aşma yetisi olduğuna inanır. Onun başarıları, çağdaşlarını, 17. yüzyıl sonunda gerçekten bilimin tamamlanmış olduğuna inandırmış olsa gerek.

Sınırsız bilgi ukalâlığı

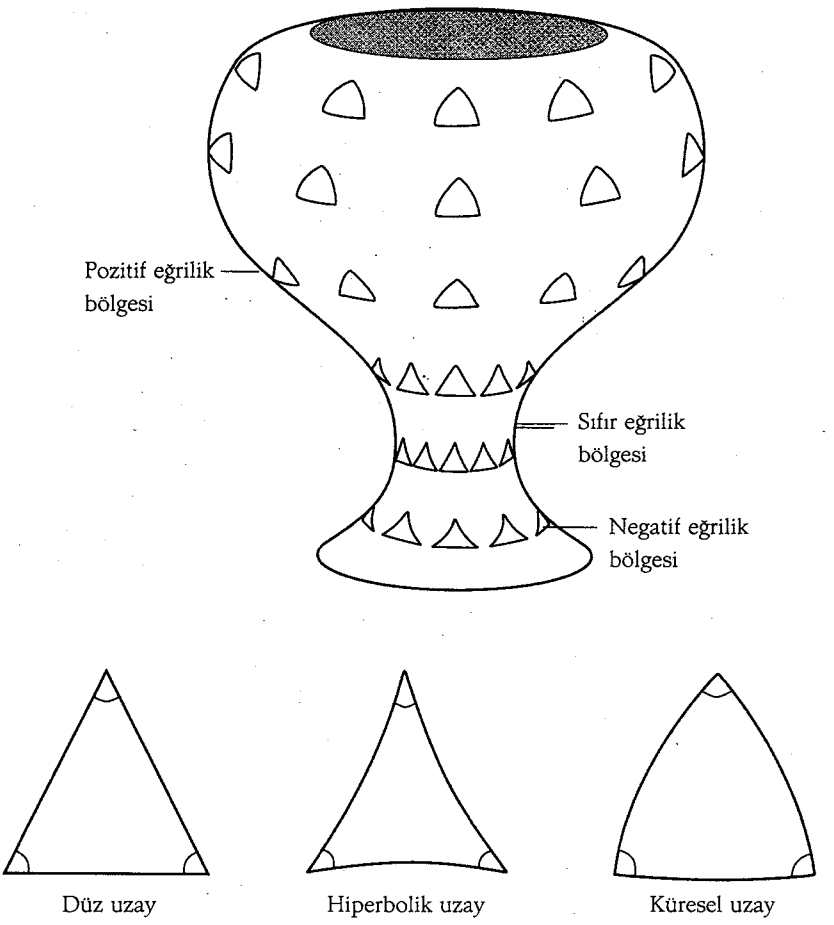
> *Tanım: Bilim, sistemli hale getirilmiş pozitif bilgidir, veya farklı dönemlerde ve farklı yerlerde böyle olduğu kabul edilmiştir.*
> *Teorem: Pozitif bilginin elde edilmesi ve sistemli hale getirilmesi, birikime ve ilerlemeye gerçekten yol açan yegâne insan eylemidir.*
> *Sonuç: Bilim tarihi, insanoğlunun ilerlemesini gösteren yegâne tarihtir. Gerçekte, bilim dışındaki alanlarda, ilerlemenin belirli ve sorgulanamaz bir anlamı yoktur.*
>
> GEORGE SARTON[25]

19. yüzyıl yorumcuları bilimin geleceği konusunda, hemen hemen olası her yaklaşımı sergilediler. Bilimin tamamlanmasının ilke olarak mümkün olduğunu, ama uygulamada öyle olmadığını düşünenler vardı. Farklı bilgi türlerindeki kesinlikleri dikkatle belirlemeye çalışanlar vardı. Bu ikinci konuda en önemli yenilik, dünyanın gerçekte nasıl olduğu ile bizim onu nasıl algıladığımız arasında yapılan ayırımdı. 18. yüzyılda Alman filozof Immanuel Kant tarafından dikkatle yapılan bu ayırım, bizim dünya anlayışımızın, her zaman, beynin sağladığı zihinsel kavramlar tarafından bir işlemden geçirildiğini ileri sürüyordu. Bu işlem sırasında birşeyler dikkate alınmıyor ya da çarpıtılıyordu. Nesneler hakkında, el değmemiş, ayıklanmamış gerçeklere erişme olanağımız yoktu. Gerçek ile bizim onun hakkında bildiklerimiz arasında her zaman bir aralık olması zorunluydu. Böylece Kant, nesneler hakkındaki bilgimizin bir sınırı olduğunu, olup biten ile bizim onun hakkında bilebileceklerimiz arasında doldurulamaz bir boşluk olduğunu ortaya koyuyordu.

Bu boşluğun varlığı tartışılamasa bile, büyüklüğünü tartışmak mümkündür. Eğer çarpıtılma çok küçük ise, onu yok saymamız sakıncalı olmaz. Belki de bizim zihinsel süreçlerimiz, dünya hakkında belirli türden bilgileri almak için özellikle uyarlanmıştır ve bu nedenle, nesneler bu yönde ele alındığında çarpıtma en alt düzeyde, ya da hatta sıfır olmaktadır. Doğal seçim hakkında öğrendiklerimiz, ikinci görüşe ağırlık vermektedir. Çünkü artık biliyoruz ki (Kant bilmiyordu), dünyaya bir anlam vermek için kullandığımız düşünce kategorileri, doğal seçim sürecinin bir sonucudur. Bu kategoriler, büyük olasılıkla, gerçekliğin önemli olan bölümlerini, organizmaların yaşam-sürdürme için hassas biçimde temsil edebilmelerinden dolayı seçilmişlerdir. Bu, sizin dünya hakkındaki resim ve izlenimlerinizin niçin benimkilere benzediğini de açıklayabilir.[26] Bunu, gerçekliği anlama kategorilerimizdeki çarpıtmaya karşı, her şeyi kapsayan bir savunma olarak kullanırken, biraz dikkatli olmamız gerekir. Bu kategorilerin hepsinin evrimin doğrudan sonuçları olması gerekmez. Eğer onlar başka yetiler ve işlevler için yapılmış doğal seçimin yan-ürünleri ise, onların optimal olmaları beklenemez. Yaşam-sürdürmeyi saptayan, insan yetilerinin hepsinin toplamıdır.

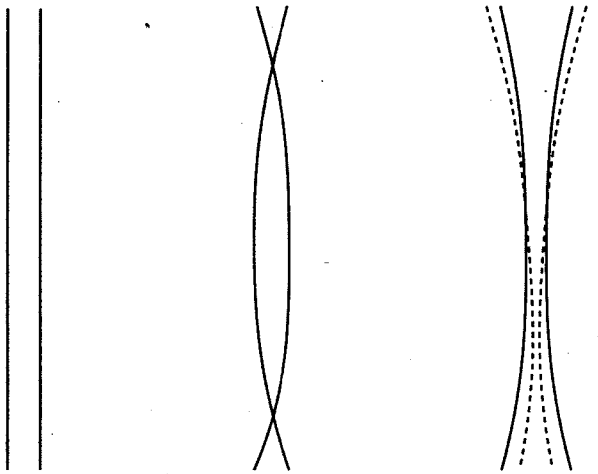
İnsanın araştırma alanlarının birisinde, uzun süreden beri, evrenle ilgili nihaî hakikat konusunda bir yerlere ulaşacağımıza ilişkin sessiz bir güven vardı. Eğer bu başarı, bir araştırma alanında olanaklı ise, ötekilerde de olmaması için bir neden olmadığına inanılıyordu. Bu güvenin kaynağı, eski çağlarda Öklid ve eski Yunanların sağlam bir mantık temeli üzerine koydukları geometri çalışmasıydı.

Öklid geometrisinin büyük başarısı, mimar ve harita uzmanlarına yardım etmekten fazlasını yapmıştı. Bir uslamlama yöntemi getirmişti; bu yöntemle bir dizi aşikâr aksiyomdan, uslamlamanın kesin kuralları uygulanarak, gerçekler elde ediliyordu. İlahiyat ve felsefe bu "aksiyomatik yöntemi" taklit etmiş ve farklı biçimlerde birçok felsefi argüman onun genel düzenini izlemiştir. Aşırı durumlarda, Hollandalı filozof Spinoza'nın eserlerinde olduğu gibi, felsefi önermeler bile, Öklid'in çalışmalarındaki tanımlar, aksiyomlar, teoriler ve ispatlar gibi düzenleniyordu.[27]



Şekil 2.1 Bir vazonun küresel, hiperbolik ve düz (Öklid-vari) geometrileri olan bölgeleri vardır. Bu geometriler, görüldüğü gibi, yüzey üstündeki üç nokta arasındaki en kısa aralıkları çizerek elde edilen üçgenlerin üç iç açılarının toplamı ile tanımlanırlar. Küresel uzayda bu toplam 180 dereceden büyüktür; hiperbolik uzay için 180 dereceden küçüktür ve düz Öklid-vari uzayda 180 dereceye eşittir.

Öklid geometrisinin başarısının en önemli sonucu, dünyanın nasıl olduğunu tarif ettiğine inanılmasıydı. O ne bir yaklaştırım, ne de insan yapısı bir şeydi. Nesneler hakkındaki 'mutlak doğru'nun bir bölümüydü. Bu nedenle, onu anlamamız çok yüreklendiriciydi. O, insan yetisinin dünya hakkındaki mutlak doğruya erişeceğine gü-



Şekil 2.2. Düz bir yüzey üstünde sadece paralel doğrular kesişmez. Küresel yüzeyde bütün doğrular kesişirler. Hiperbolik bir yüzeyde, kesişmeyen birçok doğru bulunur. Doğrular, bu yüzeyler üstündeki iki nokta arasındaki en kısa mesafe olarak tanımlanırlar.

vence veriyordu. Bir ilahiyatçı, İlahî Doğa konusunda sorular sorduğu için, mutlak doğruların insan erimi dışında olduğu gerekçesiyle eleştirildiğinde Öklid geometrisini kanıt gösterip, bu doğruların bazılarına erişebildiğimizi söylüyordu -eğer bazılarına erişebiliyorsak, ötekilere niye erişemeyecektik?

Bu güven aniden sarsıldı. Matematikçiler, Öklid'in düz yüzeyler geometrisinin, mantıksal tutarlılığı olan yegâne geometri olmadığını keşfettiler. Eğrik yüzeylerdeki noktalar ve doğrular arasındaki karşılıklı mantıksal ilişkileri ifade eden, Öklid dışı, başka geometriler de vardı (bkz. Şekil 2.1). Bu geometriler, sadece akademik nedenlerle ilginç değildir. Hatta onlardan biri, Dünya yüzeyinin uzun mesafeli geometrisini ifade etmektedir. Düzlemsel Öklid geometrisi sadece, yerel olarak iyi bir yaklaştırımdır. Dünya o denli büyüktür ki, küçük mesafeleri ölçerken eğrikliği göze çarpmaz. Bu yüzden, Öklid geometrisini bir duvar ustası kullanabilir, ama okyanusta giden bir denizci kullanamaz.

Bu basit matematiksel keşif, Öklid geometrisinin, kendi içinde tutarlı olan olanaklı geometri sistemlerinden sadece biri olduğunu ortaya çıkardı. Hiçbiri mutlak doğru niteliğinde değildi. Her biri, değişik türden bir yüzey üstünde, bu yüzeyler gerçeklikte var olsun ya da olmasın, ölçüm yapma için uygundu. Böylece Öklid geometrisinin felsefi konumu sarsılmış oluyordu. Artık mutlak doğruyu kavrayışımızın bir örneği olarak gösterilemezdi. Bu keşiften dünyayı anlayışımız hakkında, duruma göre değişen görecelik çeşitleri gelişti.[28] Hükümetin, ekonominin ve antropolojinin Öklid-dışı modellerinden söz edildi. "Öklid-dışı" sözü, mutlak olmayan bilgi için kullanılan bir deyim haline geldi. Aynı zamanda matematik ile doğal dünya arasındaki boşluğu da çok çarpıcı biçimde göstermek için kullanıldı. Doğanın farklı yönlerini ifade eden matematik sistemleri vardı; ancak başka bazıları ise bunu yapmıyordu. Daha sonra matematikçiler geometrideki bu keşifleri başka mantıkların da var olduğunu göstermek için kullanacaktı. Bunun sonucunda 'doğru' kavramı bile mutlak olmaktan çıktı. Bir mantık sisteminde yanlış olan, bir başkasında doğru olabilirdi. Öklid'in düzlemsel geometrisinde paralel doğrular hiçbir yerde kesişmez, oysa eğrik yüzeylerde bu doğru değildir (Şekil 2.2).

Bu keşifler matematik ile bilim arasındaki farkı açığa çıkarmıştı. Matematik, geçerli olmak için sadece tutarlılık gerektirmekle, bilimden daha büyüktü. Olanaklı bütün mantık örüntülerini içeriyordu. Bu örüntülerin bazılarına doğa'da da rastlanıyor, bazılarına rastlanmıyordu. Matematikte bir son yoktu; tamamlanabilir değildi. evren öyle olmayabilirdi.

Negativizm

Titanik şafakta yola çıkacak.

BOB DYLAN[29]

Tarih kitaplarına dönüp bakıldığında, herhangi bir dönemde, bilimin olası ilerlemesi konusunda, bir iyimserlik ve kötümserlik karışımı ile karşılaşırız.[30] 19. yüzyılın kötümserler grubu, kendilerini, -

pek de isabetli olmayan- *pozitivizm* adı altında bir felsefî hareket olarak örgütlediler.[31] Biz onu daha uygun düşen *negativizm* olarak adlandıracağız.

Pozitivizm adı, Fransız filozofu Auguste Comte (1798-1857) tarafından konmuş, daha sonra da etkili bir bilimci ve bilim filozofu olan Ernst Mach tarafından benimsenmiştir. Mach'ın hareket hakkındaki görüşleri Einstein'ın üzerinde derin iz bırakmış; özel ve genel görecelik teorileri ile sonuçlanan fikirlerinde etken olmuştur. Ancak Mach son derece tutucu bir filozoftu. Comte gibi o da, insan bilgisinin güvenilir olması için, duyularla doğrudan algılanabilir olgular alanıyla sınırlanması gerektiğini vurgulamıştı. Bu felsefe, talihsiz bir sonuca yol açtı. Bilimcilerin daha fazla kanıt istemelerini ve teorilerinin değerlendirmesinde daha titiz davranmalarını sağlamak yerine, onları yeni keşifler yapılması olanaklı görünen birçok alanlarda araştırma yapmaktan alıkoymuştur.

Comte, yanıtlanmasının bizim için olanaksız olduğunu düşündüğü problemlere belirli bazı örnekler verdi.[32] İnsan düşüncesinin gelişmesini, üç aşamadan geçmesi gereken bir süreç olarak gördü. Bu üç aşamanın ikisi, teolojik ve metafiziksel aşamalar, gelişmemişliğin bir işareti, aynı zamanda da sadece üçüncü ve en arzu edilen *pozitif* aşamanın birer habercisi idiler. "Teolojik" aşamada insan zihni hâlâ akılcı sorgulama için gerekli olan başlangıç noktasındaydı. Ancak bu aşamada;

> insan zihni, araştırmalarını daha çok, varlıkların iç doğasına ve gözlemlediği bütün olguların ilk ve nihaî amaçlarına doğru yöneltir —özetle, mutlak bilgiye doğru. Bu nedenle, bu olguların birçok dolaysız ve sürekli doğaüstü etkenler ile temsil edildiklerini düşünür. Bu etkenlerin rastlantısal etkileri, evrenin görünen bütün düzensizliklerini açıklar. ... (teolojik aşama) ilkel beynin hayal ettiği birçok bağımsız tanrının çeşitli eylemleri yerine, tek bir varlığın ilahî etkinliğini koymakla, kusursuzluğun en iyi biçimine erişmiştir.[33]

Bir sonraki "metafiziksel" aşama boyunca, her şeyin, biraz da olsa, iyiye gittiğini görüyor; çünkü:

> Birinci durumun sadece basit ve genel bir değişimi olan metafiziksel durumda, doğaüstü etkenler, yerlerini soyut güçlere, gerçek varlıklara ve farklı dünyasal varlıkların doğalarında var olan özelliklerin soyutlamalarına bırakmıştır. Bu varlıkların, kendi başlarına, gözlemlenen bütün olayları gerçekleştirmeye muktedir oldukları düşünülür. Bu olayların her biri, ona bir varlık karşılık getirilerek açıklanır. ... Metafiziksel sistemin son aşaması, çeşitli özel varlıklar yerine tek bir büyük genel varlık -doğa- getirmekten ibarettir. Bu büyük varlığa bütün olayların tek kaynağı olarak bakılır.[34]

Son olarak, üçüncü "pozitif" aşamada akıl, artık açıklanamayanı açıklama tutkusundan ve nihaî sonuçlara umutsuzca yanıt aramaktan vazgeçmiştir. Artık olgunlaştığı için;

> insan aklı, mutlak hakikati elde etmenin olanaksız olduğunu anlayarak, evrenin ilk ve gizli amaçlarını ve olguların nihaî hedeflerini aramaktan vazgeçer. Artık sadece, gözlemlerin ve akılcılığın iyi bir karışımı ile, olguların gerçek yasalarını -yani, benzerlik ile ardıllık arasındaki değişmeyen ilişkileri- bulmaya çalışmaktadır. Böylece olguların açıklanması gerçek boyutlarına indirgenmiş ve bundan böyle sadece, bilimin ilerlemesi sayesinde, sayıları giderek azalmaya yönelen olaylar ile belirli bazı genel olgular arasındaki bağlantıyı saptamaktan ibaret kalmıştır.[35]

Bu üçüncü aşamanın da, ilk iki aşamadaki akıl yürütmenin nihaî sonuçlarına benzer şekilde, ideal bir amacı vardır;

> sürekli o amaca yönelir. Halbuki, o aşamaya belki de hiçbir zaman erişemeyecektir. (Bu aşamaya) ancak, eğer gözlemlenen bütün olaylara, yer-çekiminde olduğu gibi, tek bir genel olgunun birçok farklı durumları olarak bakabilirsek ulaşılabilir. ... pozitif felsefenin temel özelliği, bütün olayların değişmez doğal yasalara bağımlı olduğunu düşünmesidir. Bu yasaların kesin belirlenmesi ve onların olanaklı en az sayıya indirgenmesi, bütün çabalarımızın amacını oluşturmaktadır; çünkü nedenler (causes) dediğimiz şeyleri aramayı, ilk ya da nihaî de olsa, kesinlikle erişilemez ve anlamsız olarak görürüz.[36]

Comte, bilimcilerin Newton'un çekim yasası gibi, doğanın işleyişi ile ilgili modellerle yetinmelerinde, çekimin nedenini ya da ısı-

nın kaynağını bulmaya çalışmamalarında ısrarlıydı. Çünkü bu derin nedenlerin bilinemeyeceğini düşünüyordu. Bunun ne kadar olumsuz bir bilim felsefesi olacağı hemen görülebilir. Çekim gibi bir kuvvetin doğasını tam ve nihaî biçimde elde edemeyeceğimiz her ne kadar doğru olsa da, şu anda bu nirvana'dan ne kadar uzak olduğumuz belli değildir. Daha fazla araştırma sayesinde, çekim kuvveti ile başka kuvvetler, ya da evrenin yapısının başka yönleri arasında ilişkiler bularak, anlayışımızı derinleştirebiliriz. Comte, bilimsel yasaları tek bir doğa yasası halinde birleştirmeyi insan araştırmasının nihaî amacı olarak gördü ise de, bu nihaî bilgiye insanların ulaşabileceğine inanmıyordu; çünkü:

> Bütün olguları tek bir yasa ile evrensel olarak açıklama çabalarının, bunlar en yetkin beyinlerce yapılsa bile, son derece boşuna olduğuna şahsen derinden inanıyorum. İnsan aklının kaynaklarının çok yetersiz, evrenin de çok karmaşık olması karşısında, böyle bir bilimsel kusursuzluğa ulaşamayacağımız kanısındayım. ... Bana öyle geliyor ki, ona erişme umudumuz, sadece, bütün doğal olguları, bildiğimiz en genel pozitif yasa -yerçekimi yasası- ile birleştirmede yatmaktadır; bu yasa daha şimdiden bütün astronomik olayları, dünya fiziğinin bazı olayları ile bağlantılamıştır. ... Genel olayların pozitif bir açıklaması için gereken genel yasaların sayısını olabildiğince azaltmaya çalışırken, ... en uzak gelecekte bile, bu yasaları tek bir yasaya indirmeyi umut etmenin cüretkârlık olduğunu bilmeliyiz.[37]

Comte, bilimsel araştırmanın "pozitif" bilgi -yani doğrudan duyusal veri- elde edememe ile sınırlandığı, dört özel alan saptadı. Astronomi dünyasında yıldızlar hakkında pozitif bilgi elde etme olanağı yoktu. Onların kimyasal bileşimlerini saptayacak bir yol olmadığını (yanlış olarak); ayrıca, (şimdilik doğru olarak) optik gözlemlerle saptanamayan birçok görülmeyen yıldız (sonra astronomlar onlara "koyu madde" diyeceklerdi) olduğunu düşünüyordu. Astronomiyi, doğrudan metafiziksel ve teolojik kirlenmeden uzak olduğu için pozitif bilimlerin zirvesi olarak görmesine karşın, görüşleri tuhaf biçimde Dünya merkezliydi. Neptün'ün keşfini, "sözde keşif; gerçek olduğunu kabul etsek bile Uranüs'te oturanlar dı-

şında kimse için gerçekten ilginç bir yanı yok" diyerek küçümsedi. Ve astronomiyi, -Dünya'yı nasıl etkilediğinin dışında- ilgilenmeye değmez buluyordu. Ona göre:

> Bütün gök cisimlerinin Dünya ile bağlantılı olduğu, ya da daha çok ona bağımlı olduğu düşünüldüğü dönemlerde, bunların hiçbirinin ihmal edilmemesi akla yakındı. Ancak, şimdi Dünya'nın hareketini bildiğimize göre, dünyasal gözlem amaçları için gerekli olmadıkça sabit yıldızların incelenmesine gerek yoktur. ... Araştırmalarımızı öteki (güneş) sistemlere uzatmamızın mümkün olduğunu varsaysak bile, bunu yapmak yersizdir. Artık bu araştırmaların hiçbir yararlı sonuç vermeyeceğini biliyoruz: Onlar insanın dikkatine değer olan dünyasal olaylar hakkındaki görüşlerimizi etkileyemezler.[38]

Kimya ve biyolojiyi, matematiğin yararla kullanabileceği alanlardan saymadı; ısı, ışık ve manyetizmayı daha derinden anlama çabalarını dışladı, ve istatistiksel argümanların kullanılmasını, akıl-dışı olduğu gerekçesiyle, yok saydı. Maddenin yapı taşları için "atom" kavramının kullanılmasına da karşı çıktı; çünkü "cisimlerin nihaî yapısının her zaman bilgimizi aşacağı" kanısındaydı. Tarihçiler, Fransız biliminde daha sonra görülen gerilemeden, bir ölçüde Comte'un görüşlerinin sorumlu olduğu iddiasını hâlâ tartışmaktadırlar.[39]

Comte'un, insan araştırmasının teolojik, metafizik ve pozitif bilgi aşamalarından oluşan bir evrimden geçtiği yolundaki iddiasının ilginç yanlarından biri de şudur: Bu aşamalar, Horgan'ın öngördüğü eğilimin tam tersi gibi görünmektedir. Araştırma yönünün deneysel içeriği tükendiğinde, metafiziksel bir analiz aşamasına gelinir: "bu bilgi ne anlama geliyor?", "dünya başka türlü olabilir miydi?", "nesneler neden böyle?" vb. Arkasından da, teolojik analizlerden biri gelir: "neden hiçbir şey değil de bir şey var?", "bildiklerimiz Tanrı'nın var olması ile uyumlu mu, yoksa uyumsuz mu?", "bildiklerimiz bize evrendeki yaşamın başlangıcı, amacı ve nihaî kaderi hakkında neler söylemektedir?" vb.

Bu analizlerin ikisinde de büyük basitleştirmeler var. Bütün bilimcilerin tek bir birey ("bilim") gibi algılanmasından başka, birey-

sel bilimcilerin de sanki, tek ve sadece bir tek amaç için çalıştıkları kabul ediliyor: Aslında nihaî kozmolojik sorularla ilgilenen çağdaş bilimciler, genellikle gözlemsel astronomi veya matematiksel yapıların araştırılması ile doğrudan bağlantılı olan başka alanlardaki çeşitli araştırmalarla da ilgilenirler.

Olanaksız hakkında bazı 19. yüzyıl düşünceleri

> *Bir an için, doğayı canlı kılan bütün kuvvetleri ve onu oluşturan varlıkların durumlarını kavrayabilen bir akıl -bütün bu verileri analiz edecek ölçüde engin bir akıl- olduğunu düşünelim: Bu akıl, evrenin en büyük cisimleri ile en hafif atomlarının hareketlerini aynı formül ile kavrayacaktır; onun için hiçbir şey belirsiz değildir; ve hem gelecek, hem geçmiş, onun gözlerinde şimdiki zaman gibidir.*
>
> LAPLACE[40]

Doğanın uzay ve zaman içinde dokuduğu örüntüleri ifade etmek için matematik kullanıldığında, sonuçlar çoğu kez göz kamaştırıcı biçimde başarılı olmuştur; gökyüzündeki hareketlerin ifadesindeki başarısı ise hepsini aşar. Newton yasalarının, bilimsel gerekirciliğin en iyi örneği olduğu düşünülüyordu. Eğer şimdiki zamanı biliyorsanız, bu yasalar sizin geçmişi yinelemenizi ve geleceği öngörmenizi sağlayabilirdi. Bu başarı, iki büyük bilimciyi, eğer insanüstü yeteneklerimiz olsaydı bu yasaların neleri bilmemize izin vereceği konusunda, spekülasyonlar yapmaya yöneltti. Bu spekülasyonlar, sınırsız bilgiye sahip olmanın nasıl bir şey olacağının bir resmini çizdikleri için ilginçtirler. Bunu yaparken, bizimle başlayan ve sadece bizim yeteneklerimizi büyüterek Her Şeyi Bilen bir varlık üretmeye giden bir sınırlama sürecini kullanıyorlar. Bu süreç bizi, bizden sadece nicelik bakımından (nitelik değil) farklı olması gereken bir "Her Şeyi Bilen" kavramına götürüyor. Şimdi ne düşündüklerini görelim.

Laplace ve Leibniz, bu bilimcilerin her ikisi de, Newton'un keşfettiği doğa yasalarının, evrenin o andaki durumunu bilecek kadar

ve onun gelecekteki durumunu öngörmek için gereken hesaplamaları yapacak kadar büyük bir beyin tarafından tamamen bilinebilecek bir durum yarattığını görmüştü. Bizim, gereken bu bilgi düzeyine ve işlemsel güce erişmekten çok uzak olduğumuz kabul edilse bile, bu gerekirciler, bizler ile bu üstün-akıl arasındaki farkı, bir tür farkı olarak değil, bir derece farkı olarak gördüler. Bu spekülatif düşünceleri ilginç yapan, eksiksiz bilgi kavramının kapısını açmalarıdır. Bu iyimserlik, gelecekteki ilerleme hakkındaki umutlardan çok, sahip oldukları bilginin daha geniş kullanılmasından kaynaklanır. Leibniz bu iyimserliği daha da büyük bir alana genişletti. Mantık yasaları ile programlanabilen sembolik bir manipülasyon süreci tasavvur etti. Bu süreç, herhangi bir ifadenin mantıksal aksiyomlar bakımından doğru ya da yanlış olduğunu saptayabilirdi. Bu formal sürecin her türden insan anlaşmazlığını mantıksal olarak çözeceğini, fazla iyimser de olsa, hayal ediyordu. Örneğin, dinsel gerçekler, matematiksel ispatlarda var olan titizlikle elde edilebilir; böylece sayısız din kökenli anlaşmazlıklar mantıkla halledilebilirdi. Bundan başka, sınırsız (ama eksiksiz olmayan) bilgi kavramı gündeme geliyor. Bu kavramın, insan yeteneklerinde büyük bir nitelik artışından ziyade, sahip olduğumuz sıradan yeteneklerin genişletilmesini gerektirdiği görülüyor. Bu düşüncelerin yol açtığı sonuç, bütün soruların sistematik bir yaklaşımla yanıtlanabileceği yolundaydı. Yeteneklerimizin giderek artması ile, üstesinden gelemeyeceğimiz bilimsel girişim sınırları olduğunu kabul etmemiz söz konusu olamazdı. Günümüzde, Laplace'ın hayal ettiği üstün-varlığa tepki oldukça farklıdır. Evrendeki her madde parçacığının, konumunu ve aynı andaki hareket durumunu kesin olarak saptamanın, zor olmanın ötesinde, ilkesel bakımdan olanaksız da olduğunu biliyoruz. Maddenin kuantum resmi, bize, herhangi bir madde parçacığının konumunu ve hareketini eşzamanlı olarak saptama yetimizin temel bir sınırının var olduğunu söylüyor. Küçük hataların önemli olmadığı durumlarda bu çok sakıncalı olmayabilir. Ancak tersine, doğal sistemlerin, madde parçacıklarının konum ve hareketine aşırı duyarlı olmalarının tipik bir özellik ol-

duğunu giderek farkediyoruz. Böylece, eğer bir hava molekülünün hareketini birazcık değiştirirsek, molekül, daha sonra, müdahale edilmemiş olsaydı bulunacağı konuma döner. Bu duyarlılık "kaos" olarak bilinmeye başladı. Bu demektir ki, Laplace'ın üstün-varlığı, fizik kurallarına itaat ettiği taktirde, dünyanın bütün bileşenlerinin yerlerini ve hareketlerini, hatta hava durumunu, yüzde 100 kesinlikle öngörmek için gerekli olan hassasiyetle bilemezdi. Bu son uyarı önemlidir; çünkü Laplace *bizim* gök cisimlerinin geleceğini öngörme yetimizden söz etmiyordu. O, "ancak astronomide ulaşabildiği kusursuzluk kadar olan insan aklının hayal ettiği bir akıldır bu" diyordu; "böyle bir aklın nasıl olabileceği konusunda, bu, ufak bir fikir veriyor..."

Comte insan bilgisinin gelişmesi hakkında genel bir kuşku getirirken, ve Laplace gerekirciliğe belirli bir aşırı güven atfederken, 19. yüzyılın 'bilimin sınırları' tartışmasında, üçüncü bir kol daha vardı ve bazı bakımlardan daha ilginçti; çünkü çözülemeyecek problemlerin bir listesini veriyordu.

Beklenebileceği gibi, 19. yüzyılın sonlarına doğru, bilimin sınırları giderek daha çok tartışılmaya başlamıştı. En etkin olay, iki Alman bilimci arasındaki tartışmaydı. Onlar aynı zamanda bilimsel konuların daha geniş bir toplum kesimine iletilmesinde de etkindiler. Emil du Bois-Reymond bir fizyolog, felsefeci ve bilim tarihçisiydi. Rakibi Ernst Haeckel, hümanist ve Monist (tek-tanrıcı) felsefe eğilimleri güçlü olan bir zoolog idi.

Du Bois-Reymond, bilimin sınırları hakkında, 1872 ve 1880'de verdiği halka açık iki konferansın metnini 1880'de yayınladı.[41] İkinci konferans, Berlin'de, Prusya Bilimler Akademisindeki Leibniz kutlamaları nedeniyle, o yılın Temmuz ayında verilmişti. Bilimde belirli sınırlar olduğuna inanıyordu; çünkü mekanik açıklamalar ve deney yöntemleri sınırlıydı. Du Bois-Reymond için doğa bilimleri, atomların hareketiyle ilgiliydi; sadece, "doğal süreçlerin, atomların mekaniği ile açıklanması"ndan ibaretti. İddiaları daha meydan okuyucuydu; çünkü çözülemeyecek problemleri saptamaya girişmişti: Onun taktığı adla, "Evrenin Yedi Bulmacası". Du Bois-Reymond,

Laplace'ın üstün-varlık kavramından yola çıkarak, büyük bir matematiksel Her Şeyin Teorisi hayal eder; bu teori evrenin şimdiki durumundan sonraki gidişatını öngörmekte kullanılabilir:

> Doğa bilimlerinde, evrenin bütün işlevinin tek bir matematik formülü ile ifade edildiği, evrendeki her atomun, her andaki konumunu, hareket doğrultusunu ve hızını veren sonsuz bir diferansiyel denklemler sistemiyle temsil edildiği bir aşamaya gelinmesini düşünebiliriz.

Bu, geriye doğru giderek bize dünyanın nasıl başladığını anlatabilir. Çünkü:

> Evrensel formülde eğer $t = -\infty$ koyarsak 'Her Şeyin' gizemli ilkel koşullarını bulabiliriz.

Ya da, uzak geleceğe doğru onun öngörülerini uygularsak, evrenin, Carnot'nun ısı makinelerinden[42] biri gibi sürekli yavaşlaması ile tam bir dengeye ve "Isı Ölümü"ne yaklaşırız. Çünkü:

> Onun *t'* yi (*zamanı*) bize pozitif yönde, sonsuza kadar artırdığını varsayalım. O zaman, sonlu ya da sonsuz bir süre sonunda, Carnot'nun teoreminin, evreni buz gibi bir hareketsizliğe götürme tehdidinin var olup olmadığını bize söyleyebilir.

Sınırsız bilgi kavramını sunduktan sonra, Du Bois-Reymond, insan duyularının sınırlı olması karşısında, onun sınırlarının ne olacağı konusunu ele alıyor. Laplace'ın Her Şeyi Bilen varlığı ile insan aklı arasındaki fark çok büyük olmakla beraber, bu farkın bir 'derece konusu' olduğuna inanıyor; gerçekten:

> Bu aklı kavrayabildiğimiz ölçüde ona benziyoruz. Hatta şu soruyu sorabiliriz: Newton'unki gibi bir aklın Laplace'ın hayal ettiği akıldan farkı, bir Avustralyalı veya Fuegyalı vahşinin aklının Newton'un aklı ile farkından daha az değil midir?

Sınırlamalarımız belirlidir; evrensel formüle koymamız gereken bütün olguları asla elde edemeyeceğiz. Evrensel formülü, geçmişi yinelemek ve geleceği öngörmek için, ilke olarak, kullanabiliriz; ancak, uygulamada bunu yapamayız:

> Evrensel formülün diferansiyel denklemlerini ifade edip onları çözmemiz ve sonucunu tartışmamızın olanaksız olmasının temel

> önemi yoktuç; ancak, gerekli belirleyici faktörleri elde etmenin olanaksız olmasına, ve bu olanaklı olduğu zaman bile, onların sınırsız genellemesini, çokluğunu ve karmaşıklığını kavramaya dayanmaktadır.

Bu genel konulardan sonra, Du Bois-Reymond, 'çözülemeyecek yedi problem'ine döner. Bunlar iki gruba ayrılırlar. Birinci gruptaki dört problem zor, ancak çözülme olasılığı olan problemlerdir: *Yaşamın kökeni, dil -ve- insan uslamlamasının kökenleri, organizmaların evrimsel uyarlanması.* İkinci grup, ilkesel olarak çözülemez olduğunu düşündüğü iki problem ile, aynı nitelikte olabileceği anlaşılan üçüncü bir problemden oluşur. İlk gruptaki problemler iyi birer seçimdir. Onların önemleri günümüzde bile önceliklidir. Bu problemler hakkında artık oldukça çok bilgiye sahibiz. Ancak bunların hiçbirinin "çözüldüğü" söylenemez. Her problem için sonunda bir çözüm verecek olan bul-yap bulmacasının esas parçalarının çoğunu biliyoruz. Ama bu parçaların hepsi, henüz yerlerine konmuş değildir. Ancak, bu problemlerin, herhangi bir karmaşık bilimsel problemden daha fazla, özel bir çözülebilirlik derecesi içerdiğine inanmak için de bir neden yoktur. İkinci gruptaki problemler tümüyle farklıdır. Du Bois-Reymond'un düşünce sürecini, bizimkiyle ve daha iyimser eğilimli çağdaşlarıyla karşılaştırmak ilginç olacaktır. Onun seçimleri, çağdaş popüler bilim yazılarının en sıradan temalarına çok yakındır. İşte problemler:

Çözülemeyecek problem 1:
Doğal kuvvetlerin kökeni ve maddenin doğası

Du Bois-Reymond, maddeyi kavramsal modellerle, yani "atomlarla" temsil etmekten daha iyi bir şey yapıp yapamayacağımızı sorguluyor; burada "atomlar" çağdaş fizik ve kimyadaki anlamda atomlar değil, sadece maddenin en küçük elementleridirler. Bu yapı taşlarının sonsuz küçüklükte olduklarını düşünürsek tanım "yararlı bir matematiksel kurgu", ya da "felsefi atom"dan başka bir şey değildir. Ayrıca, onu düşündüren bir başka şey de, çekim kuv-

vetinin boş uzayda nasıl gerçekleştiğine ilişkin eski problemdi. Onun bu konudaki argümanı, kuvvet ve madde hakkındaki kavramlarımızı sınırlı duyusal deneyimlerimizi genelleştirerek elde ettiğimiz ve onları duyusal veriler bölgesinin çok uzaklarında genelleştiğimiz için, elde ettiğimiz bilginin güvenilir olmadığı yolundaydı. Bu genellemeleri bilginin somut ilerlemesi olarak kabul etmek, kendimizi kandırmak demekti. Gerçekte bunlar spekülasyondan başka bir şey değildi. Du Bois-Reymond bu problemin, Laplace'ın üstün-aklı için bile aşılamaz olduğuna inanıyor:

> Hiç kimse ... burada karşımıza çıkan engellerin aşkın (deney-ötesi, transandantal) olduklarını kabul etmekten geri duramaz. Onlarla karşılaşmaktan ne kadar kaçınsak da, şu ya da bu biçimde karşımıza çıkarlar. Onlara hangi yönden ya da hangi gerekçe ile yaklaşırsak yaklaşalım, hiçbir zaman yenilmezler. ... Laplace'ın hayal ettiği akıl bile, bizimkinden çok daha yüce olmasına karşın, bu konuda bizimkinden daha duyarlı bir kavrayışa sahip olamaz. Böylece, bu konudaki anlayışımızın sınırlamalarından birini, umutsuzca farketmiş oluyoruz.

Du Bois-Reymond'un iddiası şudur: nihaî elementer parçacıkları ve doğa kuvvetlerini asla bilemeyiz. Argümanı, pragmatiktir. Bu şeyleri tam olarak açıklamak için onların özellikleri hakkında bütün gerçekleri bilmemiz gerekir. Bu gerçekler, sonuçta bizden gizlenmiştir; sonsuz küçüklere genelleme yapmamızı ve oradaki bütün kuvvetleri bilmemizi zorunlu kılmaktadır. Bunu da biz başaramayız.

Çözülemeyecek problem 2: Bilinç ve duyumun, kökeni ve doğası

Du Bois-Reymond'un çözülemeyecek problemlerinin ikincisi, bilinç ile ilgilidir. Burada iki katlı bir sınırlama görür. Birincisi onun ne olduğunu anlama problemidir; ikincisi ise, onun var olmasının Laplace'ın şeytanı için öngörülebilirliğin yok olmasına yol açmasıyla ortaya çıkar. Dünyadaki yaşamın evriminde, bilinç;

> ... yeni ve olağanüstü bir şeydir; tıpkı kuvvet ve maddenin özü için olduğu gibi, kavranması olanaksız bir şeydir. Geriye, eksisonsuz zamana uzanan akıl teli kopmuştur ve doğa bilimimiz, derin bir kanyona gelmiştir. Hiçbir köprü bizi karşıya geçiremez; hiçbir düşünce bizi karşıya taşıyamaz: burada, anlamanın öbür sınırındayız.

Du Bois Reymond, duyum ve zihinsel etkinlik problemleri konusunda gök mekaniği problemlerine benzer bir yaklaşım kullanabileceğimizi hayal eder: her parçacığın konumunu ve hareket hızını saptamak, ve sonra da Newton yasalarını kullanarak onların gelecekteki hareketlerini öngörmek. Böyle bir yöntem beynin betimlenmesine uygulandığında, bazı zihinsel olaylar ile belirli kasların tepkimeleri arasında bağlantı kurabiliriz.

> Eğer belirli bir zihinsel olay sırasında, belirli bir sinir düğümünde, belirli bazı atomların, belirli bazı hareketlerinin yer aldığını söyleyebilseydik, o zaman, beyin mekanizmasının aritmetik problemi çözen bir hesap makinesi gibi işleyişini aklın gözü ile görmek son derece ilginç olurdu; ya da müzikal sesleri işittiğimizde duyduğumuz hazzın karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen, fosfor ve diğer atomların hangi karışımına karşı geldiğini söyleyebilseydik, bu atomların hangi fır-dönmede duyusal zevkin doruğuna yanıt verdiğini, trigenimus siniri yanlış kullanıldığında (ve başımız ağrıdığında) duyduğumuz dayanılmaz ağrıya hangi molekül fırtınasının karşı geldiğini söyleyebilseydik, bu gerçekten, insan bilgisi için büyük bir zafer olurdu.

Ancak, Du Bois-Reymond'a göre, insan zihninde bu türden neden ve sonuç bilgisine sahip olsak bile, bu, duyusal deneyimin *niteliklerini* anlamamıza yardımcı olamaz.

> Beynimdeki belirli atomların belirli hareketleri ile, "acı veya haz duyuyorum, güzel bir tat alıyorum, bir gül kokluyorum, bir org duyuyorum, ya da kırmızı bir şey görüyorum" gibi yadsınamayan olgular ile, hemen onu izleyen "Öyle ise varım" türü kesin sonuç arasında, akla gelebilecek ne tür bir bağlantı olabilir? Birtakım karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen vb. atomlarının bunlara duyarsız olduğu, asla ve kesinlikle düşünülemez.

Çözülemeyecek problem 3: Özgür irade problemi

Du Bois-Reymond, özgür irademizin var olmasını tümden şaşırtıcı buluyor. Onun, evrenin mekanik görünümü ile bağdaşmadığını düşünüyor. Ancak problemi tanımlama konusunda daha az güvenli. Çözülemeyecek problem sınıfında olmasının ölçütü, nihaî olarak, ne ölçüde bilinç problemlerinin sınırları içinde kalıyor olduğudur

Du Bois-Reymond'un argümanları hayli tartışmaya yol açtı. Bunun etkili bir nedeni de, bilim çevrelerindeki güçlü konumu idi. En sert yanıt, zoolog Erns Haeckel'in büyük ilgi gören *The Riddle of the Universe* (Evrenin Bilmecesi) kitabından geldi.[43] Haeckel'in, Du Bois Reymond'dan, neredeyse, bilimin sınırları hakkındaki görüşlerinden hoşlanmadığı kadar hoşlanmadığı açıkça görülüyordu. Kendini de, "Berlin Academy of Sciences'ın güçlü genel sekreteri ve direktörünün dogmatizmine karşı gelecek ölçüde moral cesarete ve bilimsel bilgiye sahip" birkaç kişiden biri olarak tanımlıyordu. Haeckel, biyolojik bilmecelerin -yaşamın ve dilin kökeni ve uyarlanma— çözülebilir olduğunu, ve bunların Doğal Seçim teorisini uygulamakla çözüleceğini düşünüyordu. Özgür irade problemine ise yapay bir problem olarak bakıyordu; çünkü onun sadece bir yanılsamadan öte bir şey olduğuna dair hiçbir kanıt yoktu. İddiasına göre, özgür irade "sadece bir dogmaya dayanır ve gerçekte var olan bir şey değildir". Son olarak da madde, hareket ve kuvvet problemlerinin her birini iki problemin birbirine karıştırılması olarak görüyordu. Birincisi bilimsel olmaktan çok felsefi bir problemdi; ikinci problemin bilimsel boyutunun, kütle ve enerjinin sakınımı yasaları ile çözülmüş olduğunu düşünüyordu. Vardığı sonuç şöyleydi:

> 19. yüzyıl boyunca dünyasal bilmecelerin sayısı sürekli azalmaktadır. ... Artık evrenin sadece bir tek kapsamlı bilmecesi kalmıştır -maddenin töz bilmecesi. ... (ancak günümüzde) büyük ve kapsamlı "töz madde yasası" na, madde ve kuvvetin değişmezliği konusunda temel bir yasaya sahibiz. Maddenin her yerde sürekli ha-

> rekete ve değişime tâbi olması olgusu, evrime aynı zamanda evrensel bir yasa olma özelliğini verir. Bu yüce yasa kesinlikle saptanmıştır; bütün ötekiler ona tâbidirler. Doğanın evrensel birliği ve yasalarının ilelebet geçerli olduğu inancına ulaşıyoruz. Bunun sonucunda umutsuz bir madde probleminden, açıkça belirli bir madde yasası geliştirmiş oluyoruz.[44]

Haeckel de, başka nedenlerle, Du Bois-Reymond kadar yanlış yoldaydı. Ona göre bilim, bütün önemli problemlerin çözülebileceği bir duruma hızla yaklaşıyordu. Geriye sadece, bu çözümlerin anlamı konusundaki felsefe ve dil ile ilgili problemler kalıyordu. Bunun tersine, Du Bois-Reymond da, bilimin hızla farklı bir sona doğru, temel sınırlarla karşılaşacağı bir sona doğru yaklaştığını düşünüyordu. Bir anlamda, görüşleri birbirine oldukça yakın. Her ikisi de, bilimin yolun sonuna yaklaştığını görüyordu. Du Bois-Reymond, sorumlunun, insanın temel sınırları olduğuna inanıyordu; Haeckel ise, bilimsel bilgiyi oluşturan her şeyi yakında öğreneceğimiz için, sonun yaklaştığına...

Haeckel'in iyimser görüşü 1870-1905 yılları arasında büyük kabul gördü. Amerikalı bilim felsefecisi Charles Sanders Peirce[45] "hakikat" in bilimsel araştırmanın doruğu olacağı bir doğruluk teorisini savunuyordu.[46] Bilimsel araştırmanın önemli amaçlarına neredeyse ulaşılmıştı. Birçok fizikçi, konularının tamamlanmaya yaklaştığına inanıyordu. Max Planck, 1875'de genç bir öğrenciyken, fiziğin bütün önemli problemlerinin çözülmüş olduğu gerekçesi ile, danışmanları tarafından biyolojik bilimlere yönlendirildiğini anımsıyor:

> Fizik öğrenimine başlarken, ünlü öğretmenim Phillip von Jolly'den... çalışmalarımın geleceğine ilişkin beklentileri hakkındaki fikrini öğrenmek istedim. Fiziği son derece gelişmiş ve neredeyse tamamlanmış bir bilim olarak betimledi ve enerjinin korunumu ilkesi bir anlamda kilit taşını yerine oturttuğu için, fiziğin yakında kararlı duruma geleceğini anlattı. Şu ya da bu köşede, belki de kontrol edecek ve düzeltecek ufak tefek bazı ayrıntılar bulunabilirdi; ancak sistem bir bütün olarak oldukça sağlamdı ve

> teorik fizik yakında, örneğin, yüzyıllarca yıl önce geometrinin başarmış olduğu eksiksizlik derecesine hızla yaklaşmaktaydı.[47]

Atlantik'in öbür yakasında da aynı duygular dile getiriliyordu. Önde gelen Amerikalı fizikçilerden -ve gelecekte Nobel fizik ödülünü kazanacak- olan Albert Michelson, 1894'de Chicago Üniversitesinde verdiği konferansta şu iddiada bulunuyordu:

> Fizik biliminin en önemli yasalarının ve gerçeklerinin hepsi keşfedilmiştir ve bunlar artık o denli sağlam olarak saptanmışlardır ki, onların yeni keşifler sonunda yerlerinden olma olasılığı son derece düşüktür. Ancak yine de, bu yasaların çoğunun istisnaları olduğu ve gözlemler sınıra yaklaştığında bunun özellikle ortaya çıktığı anlaşılıyor. ... gelecekteki keşiflerin altıncı ondalık hanesinde aranması gerekiyor. Bunun sonucu olarak, ölçüm hassasiyetini geliştirecek her şey, gelecekteki keşifler için olanaklı birer etken olmaktadır.[48]

19. yüzyılın son çeyreği, fizikçilerin kendilerini geçmişteki başarıları için kutladıkları bir dönem olmuştur. Girişimler çok ilerlemişti; önemli bütün ilkelerin bulgulandığı düşünülüyordu. Enerjinin korunumu, hareket yasaları, elektrik ve manyetizma, termodinamik konuları, karşılarına çıkacak her problemi halledebilecek gibi görünüyordu. Filozofların kuşkuculuğu daha çok insani bilimlere yönelmişti; bunlar yeterince gelişmemiş konular, ya da maddenin kökeni gibi, o denli temel doğa sorularıydı ki, "felsefi sorular" etiketinin yardıma yetiştiği şu 'haklı olarak yanıtlanamayan problemler' bölgesine konabilirlerdi.

Geriye baktığımızda bu dönemin gerçekten, fiziğin gelişmesinde bir dönemin sonu olduğu görülür. Genellikle "klasik" denen fizik sona yaklaşıyordu. Ancak bu dönem, fiziğin sonu olmak bir yana, sonunun başlangıcı bile değildi. Devrim 1905 yılında başladı. Kısa sürede kuantum mekaniği, görecelik, atom yapısı ve gravitasyon gibi yeni teorilerin çıkmasına yol açan gelişmeler sahneye çıkacaktı. İlginç olan şudur ki, bunların hiçbiri, doğal olaylar görülmemiş bir hassasiyetle ölçülerek daha önce açıklanmamış olan yeni ve beklenmedik bir katmanın bulunmuş

olmasından kaynaklanmıyordu. Bütün devrimler, bilinenlerin kalbinden başlayacaktı.

Özet

> *Makul insan kendini dünyaya uyarlar; makul olmayan ise hep dünyayı kendine uyarlamaya çalışır. Bu nedenle bütün gelişme, makul olmayan insana bağımlıdır.*
>
> GEORGE BERNARD SHAW[49]

Bu bölümde, 'olanaksız' konusundaki düşüncemizi genişlettik; onun sadece bilimin varlığını değil, aynı zamanda (bir ölçüde) bilimin sınırlarını ve bunların ortaya çıkabilecekleri farklı biçimleri nasıl tanımladığı hakkındaki düşüncemizin kapsamını da genişlettik. Bilimsel ilerlemedeki büyük hızlanma, eğer sınırlar varsa, onlara yaklaşıldığına işaret ediyor.

Bilimin hızla bir yol sonuna (eğer *yolun* sonuna değilse) yaklaştığını savunan, birbirinden çok farklı iki iddiayı ele aldık. Ne var ki, her ikisi de bilimin başarısından kaynaklanmaktadır. Gunther Stent, Batı demokrasilerinde, boş zamanın artması ve yaşamın meydan okumasının giderek artan biçimde yok olması sonucunda, teknik yeniliklere duyulan temel güdünün yitirildiğine dikkat çekti.

Gazeteci John Horgan, temel bilimler için farklı bir son öngörüyor. Fikirlerin sınanma olanakları, onları üretmenin giderek daha gerisinde kaldığı için, bilimin yeni keşif alanları spekülatif fikirlere yönelmektedir; ancak, bu fikirler gözlemlememiz ya da sınamamız mümkün olan şeylerden çok uzaktır. Bu nedenle bilim, daha çok insani bilimlerin izinden giderek, görüşlerden başka bir şeyin var olamayacağı görecelik batağına saplanma riskini göze almaktadır. Buna karşılık, bilimi gelişen, ilerleyen bir girişim olarak görenler de var. Bu görüşün 19. yüzyıldaki geçmişine baktık ve karşıtı olan, bilimin çözülmesi olanaksız problemlerle karşı karşıya olduğu görüşünü ele aldık. Bunların her ikisi de geçen yüzyılın sonlarında önem kazanmıştı. O dönemde çok

ilgi gören kötümser görüşler özellikle ilginçtir; çünkü, bazıları oldukça spesifiktir: Çözülmeyecek problemleri gerçekten tanımlamışlardır. Yaşamın, maddenin, bilincin ve özgür iradenin kökenlerine ilişkin problemler bunlara iyi birer örnektir. Onların gelecekte de oldukça uzun bir süre bizimle birlikte olmaları mümkündür.

III

Geleceğe Dönüş

Gelecekle savaşamazsınız. Zaman bizim yanımızda...

WILLIAM EWART GLADSTONE[1]

Bilimin sınırlarından ne kastediyoruz?

İnsanoğlunun, entelektüel güçlerinin rakipleri olabileceğini kabul etmedeki isteksizliği, entelektüel olmayan kişiler kadar, olanlarda da görülüyor: kaybedecek şeyleri daha fazla...

ALAN TURING[2]

"Bilimin sınırları" deyiminin basitliği aldatıcıdır. Bilimcilerin sınırlarının farkındayız; olup bitenlerin nasıl işlediği konularındaki kısmî teorilerin farkındayız. Tümüyle yanlış olan teorilerin de farkındayız. Bunların her birine ilk bakışta bilimin sınırı denilebilirse de, aslında hiç de öyle değildirler. Belki, bilimin hiç de bir gerçek sınırı yoktur.[3] Belki de, bütün sınırlar hayal ürünüdürler; nesnelerin doğası hakkında yeterli bilgimizin olmaması, gerçekliğin modelini gereğinden çok basitleştirme (ya da hatta daha karmaşık yapma) sonucu olarak ortaya çıkmıştır, bu sınırlar. Bu konu üzerinde dikkatle durmak gerekir. Doğanın işleyişini anlama ve gelecekteki olayları öngörüp kontrol etme çabalarının hepsinde kullanılan yöntem, doğanın bir yönünün işleyişini temsil eden bir "model" yapma şeklindeki bilimsel yöntemdir. Ne kadar çok gözlem yaparsak, doğayı temsil eden bu model o denli eksiksiz ve hassas olarak kontrol edilebilir ve genelleştirilebilir. Doğa modellerimiz her zaman matematikseldirler. Bu, ilk bakışta göründüğü kadar kısıtlayıcı değildir. Her ne kadar matematik dışındaki kişiler matematiğin dünyaya tarafsızca analitik bir bakış açısı olduğunu düşünseler de, bu çok daha derin bir şeydir; insanların algıladığı dünya resimleri ile yakından bağlantılıdır. Temelde, matematik, olanaklı bütün örüntülerin ve karşılıklı ilişkilerin hepsine bizim verdiğimiz isim-

dir. Bu örüntülerin bazıları şekillerle, başka bazıları sayı dizileri ile, bazıları da yapılar arasındaki daha soyut ilişkilerle ilgilidirler. Matematiğin özü, nicelikler ve nitelikler arasındaki ilişkilerde yatar. Böylece, çağdaş matematikçilerin ilgi odağı, sayıların kendileri değil, sayılar arasındaki ilişkiler olmaktadır. Bu nedenle de, matematikte nesneler arasındaki ilişkileri tanımlayan "dönüşümler", "simetriler", "programlar", "işlemler" ve "diziler" gibi terimlere fazlaca rastlanır.

Dünyanın herhangi bir niteliği, bir model ile, örneğin bir matematiksel kurallar sistemi ile ifade edildiğinde bazı önemli sorularla karşılaşırız

- Gerçeklik ve onun matematiksel ifadesi arasındaki boşluk zararsız mıdır?

- Matematiksel modelin kullanılması, modelden elde edebileceklerimize bir sınır getiriyor mu?

- Doğa gözlemlerini yasalaştırırken, seçtiğimiz modelin yol açtığı sınırlamalarla, başka herhangi bir modelin getireceği sınırlamaları, nasıl ayırt edebiliriz?

İlk bakışta, karmaşık bir doğal olayın nasıl gerçekleştiğini öngörmek amacıyla bilgisayar kullanmanın, gerçekliğin iki adım gerisinde olduğunu düşünebiliriz. Ancak, gelişmiş bilgisayarlarla birçok ortak özellikleri olan insan aklı da, benzer şekilde sınırlamalar getirir. Bilgisayar sistemlerinin kapsamlarındaki herhangi bir sınırlamanın, insan düşüncesini sınırlama olasılığı da söz konusudur. Son yıllarda insan bilincine duyulan ilgi, çeşitli disiplinlerdeki bilimcilerin bu konuya eğilmesiyle büyük bir patlama yaşamıştır. Bazıları, insan aklının bilgisayardan sadece güç ve yoğunluk bakımından farklı olduğundan emindirler; başka bazıları ise, nitelik bakımından farklı olduğunu ileri sürerler. Bu görüşün en gür sesli savunucusu Roger Penrose'dur.[4] Penrose'a göre, matematiksel sezginin başarıyla gerçekleşmesi sırasında, beyin, hiçbir algoritmik bilgisayarın taklit edemeyeceği bir şey yaparken yakalanır.[5]

Bilime ve onun olanaklı sınırları konusundaki çağdaş görüşe geçmeden önce, geçmişteki bazı öngörülere tekrar dönerek perspektif

kazanmak, ilginç olacaktır. Son birkaç yüzyıldır, insan ilerlemesine ne tür bir yaklaşım benimsenmiştir? İnsan yetilerinin kapsamı konusunda çok abartılı bir güven mi vardı? Geçmişteki düşünürler, beklentilerinde çok mu kötümserdiler; yoksa sadece, olayların nasıl geliştiklerini kavramak için gerekli türden bir hayal gücünden mi yoksundular? Bu konudaki en aydınlatıcı bildiriler, çoğu kez, bilimin bir dalındaki büyük başarı dönemlerinin arkasından gelir.

Olanaklı gelecekler

Yağmurlu bir Pazar öğleden sonrasında ne yapacaklarını bilmeyen milyonlar, ölümsüzlük isterler.

SUSAN ERTZ[6]

Geleceği öngörme konusunda pek başarılı sayılmayız. Ortak-bahisçiler ona güvenir; astrologlar onu kanıtlar. Binlerce ya da milyonlarca yıl sonra Rip-van-Winkle* gibi gelecekte uyandığımızı varsayalım. İnsan bilgisinin durumu ne olabilir? Bilim ne kadar ilerlemiştir? Belki de, erişilebilir gerçeklerin hepsinin bulunduğu anlamında, bilim tamamlanmış olabilir mi? Bazı temel araştırma konuları tükenmiş olabilir mi? Onların yerini alacak ardıllar her zaman ortaya çıkıyorlar mı? Geleceği önceden bilebilmek için gerçekten cesur olmalıyız. Bunun yerine, daha kolay bir şey yapmaya çalışacağız: Evren hakkındaki insan bilgisinin gelişimi konusunda bazı olası gelecekleri ana hatlarını vermek. Ancak akla yakın bazı senaryoları araştırmadan önce, ilerleme nosyonuna ilişkin birtakım yalınlaştırılmış kavramlar hakkında bazı uyarılarda bulunacağız; sonra da bilimsel ilerleme için yeni bir resim çizeceğiz.

Bilimsel ilerlemenin sadece bir birikim, olguların tükenmez bir toplamı olduğu yanılgısına kapılmak kolaydır. Ama durum hiç de öyle değildir. Bilim yalnızca yeni keşifler yapmakla ilerlemez. Bazen de, var olan fikirlerin yanlış olduğunu, ya da geçmişteki ölçülerin

* Rip van Winkle: Washington Irving'in bir öyküsündeki kahraman. Dağlarda yirmi yıl uyuduktan sonra uyandığında, her şeyi bambaşka bulur. (ç.n.)

bir şekilde tarafsız olmadığını göstererek ilerler. Bir ırmağın akışı gibi, genel eğilim ileriye doğru olabilir, ancak bir yaprağın su yüzeyindeki hareketi gibi ileri ve geri kıvrılabilir.

Bilimin nasıl geliştiğinin birçok resmi var. Bunlardan dördü, özellikle ilginçtir; dile getirmedeki ustalık en az içerikleri kadar etkilidir. Birincisi, Fransız fizikçi Pierre Duhem'in gel-git imgesidir:

> Bilimsel ilerleme çok kez, yükselen bir gel-git ile karşılaştırılmıştır; fizik teorilerinin gelişimine uygulandığında, bu karşılaştırma bize son derece yerinde görünüyor. Daha ayrıntılı olarak ele alınabilir.
>
> Bir sahile çarpan dalgalara göz atan bir kimse, gel-gitin yükseldiğini görmez; bir dalganın yükseldiğini, ilerlediğini ve kıvrımını açarak dar bir kumsal şeride yayıldığını; daha sonra, fethetmiş gibi göründüğü kuru kumsal şeridinden geri çekildiğini görür. Yeni bir dalga gelir, bazen bir öncekinden daha öteye uzanır, ama bazen de önceki dalganın ıslattığı deniz kabuklarına bile erişemez. Ancak bu yüzeysel ileri-geri hareket altında, dikkat edilmezse gözden kaçabilen bir başka hareket, daha derin, daha yavaş bir hareket oluşur. Bu, düzgün biçimde süren, aynı doğrultuda ileriye doğru bir harekettir ve denizin sürekli yükselmesine yol açar. Dalgaların gelip gidişi, bilimsel açıklamanın güvenilir bir imgesidir. Onlar da yükselir, ufalanır, ilerler, sonra geri çekilir; ama derinden yavaş ve sabit bir ilerleme sürüp gider. Onun akışı yavaş yavaş yeni alanları fetheder ve fiziksel doktrinlere geleneğin süreceği güvencesini verir.[7]

Duhem'in imgelemesi, bir ilerleme eğiliminin var olduğunu, ama onun asla geri dönüşü olmayacak bir ilerleme olmadığını, çok iyi ifade ediyor. Değişimin derinden ve yavaş yavaş kabarmasından çok daha çarpıcı görünen yanlış sapmalar, geriye gitmeler, ara vermeler olacaktır.

İkinci imgeleme, her biri kendine verilen işi yapan birçok işçi tarafından inşa edilen bir binadır. Bu imgenin yaratıcısı, National Science Foundation'ın kurucusu ve Amerika'da savaş sonrasında bilimin gelişmesinin önderi olan Vannevar Bush'tur. Bu imgenin, Bush'un bilimin ilerlemesi için yaptığı çalışmalarda "Sonsuz Ufuk"

adı altında yer alması özellikle ilginçtir. Bu, aynı zamanda, bilimin sonu olup olmadığı tartışmalarında sıkça kullanılan bir deyimdir.[8] Bush, önce bilimsel etkinlikleri niteleyen düzen ve düzensizlik karışımına dikkat çekerek başlar. Düzensizlik, bilimin dışında olanlar için özellikle aşikârdır; etkinliğin örgütlenmesi de bir karınca toplumunun kendini örgütlemesine oldukça benzer.

> Bilginin sınırlarının ilerleme süreci ve örgütlenmiş bilimin gerçekleşmesi, hayli karmaşık bir süreçtir. Zor bir taş ocağından yapı taşlarını çıkarmak ve onları bir binayı yapacak şekilde yerleştirmeye benzer; ancak arada çok önemli farklar vardır. İlk olarak, yapı taşları çok çeşitlidir, gizlenmiştir ve görece değersiz molozlarla karışıktır. ... İkincisi, bütün çabalarda en ufak bir örgütlenme yoktur. Mimardan ya da taş ocağı ustabaşından gelen hiçbir doğrudan emir yoktur. Bireyler ve ufak gruplar hiçbir müdahale veya kontrol olmadan istedikleri yerde kazı yapar, taşları yontar ve binada yerlerine koyarlar.

Daha sonra, bilimin icat mı yoksa keşif mi edildiği sorusunu ele alır: İnşa sırasında çok kez, bambaşka bölümlerde, sanki birbirlerine tam uyacak şekilde işlenmiş parçalar ortaya çıkar.

> Son olarak, binanın kendi de çok ilginç bir özellik taşır: Biçimi, mantık yasaları ve insanın akıl yürütme doğası ile, önceden tasarlanmıştır. Neredeyse, sanki bir zamanlar yapı sapsağlammış da, yapı taşları saçılmış, gizlenmiş ve gömülmüş; sanki her biri hâlâ kendine özgü biçime sahip olduğu için, sadece kendine özgü konuma uymakta. Burada öyle bir sınırlama vardır ki, yapının inşası, taşların yeri ve şekilleri taş ocağındaki yetenekli bir işçinin dikkatli gözlemleriyle ayırt edilebilecek bir aşamaya gelinceye kadar ilerlemedikçe, farkedilemez. Binanın bazı bölümleri, inşaat tamamlanmadan önce, bilim uygulamaları amacıyla kullanılmaktadır. Ancak diğer bölümlerin kullanılması söz konusu değildir; onlar sadece güzellikleri ve simetrileri ile beğeni toplarlar.

Daha sonra inşaat sahiplerinden, işçilerden, organizatörlerden, asalaklardan ve izleyicilerden oluşan toplumun ilginç sosyal yapısına dikkat çeker:

> Bu koşullarda işçilerin bazen hatalı yollara sapması hiç yadırganmamalı. Ellerindeki birkaç aletle çeşitli taşları çıkarıp öteki işçile-

> rin görmesi için bir kenara yığmakla yetinen, onların bir yere uyup uymadığına aldırmayan işçiler vardır. Ne yazık ki, aynı zamanda, çalışkan bir grup işçinin belirli bir süslü taş blokunu kazıp çıkarmasını dikkatle izleyen işçiler de vardır; büyük bir hevesle o bloku yerine yerleştirip kalabalığa selam veren onlardır. Bazıları ise hiç kazmazlar, bir destek veya silme yerleştirmeyi tartışarak vakit geçirirler. Bazıları, bir rakibin yerleştirdiği bir iki taş blokunu çıkarmaya çalışarak günlerini geçirirler. Bazıları gerçekten ne kazar, ne tartışır; sadece kalabalığa ayak uydurup orayı burayı tırmıklar ve manzaranın keyfini çıkarırlar. Bazıları otürür ve öğüt verir; bazıları da sadece otururlar.

Bush, olağanüstü vizyon sahibi özel inşaat ustalarına dikkat çeker. Onlar, neyin en iyi olacağını farkederler; göz önünde olduğu halde hiç kimsenin görmediği yapıyı bir şekilde sezinlerler:

> Öte yandan, ender bir vizyona sahip olan, binanın bir bölümünde hızlı ilerleme sağlamak için gerekli taşı çok önceden kavrayan, onun nerede bulunabileceğini hemencecik bilen, molozları temizleyip onu güvenle gün ışığına çıkarmada anlaşılmaz bir yeteneğe sahip olan kişiler de vardır. Bunların her biri için, daha alt konumda olan, ne amaçlandığının pek farkında olmadan heyecanla yontan ve kazan, ama yine de büyük adımlar atılmasını olanaklı kılanlar da vardır.

Son olarak, binayı, tarihini, anlamını ve güzelliğini açıklamayı amaçlayanlar vardır. Projeyi gerçekleştirmede hepsinin payı bulunur.

> Yapıya bir anlam verenler, başlangıçtan bu yana gelişmesini izleyip, hem çalışmaları hem de ondan haz duyanları esinleyecek biçimde, gelecek şan ve şerefi anlatanlar da vardır. Onlar, binanın sadece tek düze duvarlardan oluşmadığını, rehberlik yapan ve düzenleyen bir mimar ortalıkta görünmese de mimarî bir yapı olduğunu esinlerler. Bir de yaşlı insanlar vardır: Göze çarpıcı yapılar yapma günleri geride kalmış; gözleri kemerlerin ayrıntılarını, gereken kilit taşının biçimini göremeyecek ölçüde donuklaşmış; ama orada burada bir duvar yapmış, yapının içinde uzun zaman geçirmiş, onu sevmeyi öğrenmiş ve hatta onun nihaî anlamını az biraz kavramış; bir gölgede oturup gençleri yüreklendiren yaşlı insanlar.[9]

Bilimin ve matematiğin gelişmesini açıklama çalışmalarında tekrarlanan, üçüncü bir imge de ağaç imgesidir. Gel-git'in ve bina'nın tersine, o canlı bir şeydir; çeşitli güçte dallar süren, kökleriyle birçok kaynaktan güç alan canlı bir şey. Karl Popper şöyle yazar:

> Bilgi ağacını, kökleri aşağıya değil de yukarıya, havaya doğru büyüyen ve sonunda yükselerek ortak bir gövde şeklinde birleşmeye yönelen sayısız köklerden fışkıran bir ağaç olarak temsil etmemiz gerekir.[10]

19. yüzyıl matematikçisi James Joseph Sylvester, matematiği, bilimsel girişimi destekleyen bölümleriyle beraber hiç durmadan sürekli büyüyen ulu bir bilgi ağacı olarak gördü; çünkü:

> Matematik, metal tokalarla sabitlenmiş bir kapak içinde tutulan ve içeriğinin elde edilmesi için sadece sabır gereken bir kitap değildir; damarları belirli bir sayıda olduğu halde zenginliklerinin elde edilmesi uzun zaman alan bir maden değildir; verimliliği art arda gelen hasatlarla tükenecek olan bir toprak değildir; alan haritası çıkarılabilen, çevresi belirli bir anakara ya da okyanus değildir. Matematik, hedefleri için dar gelen uzay kadar sınırsızdır; olanakları bir astronomun görüş alanını sürekli dolduran ve çoğalan yıldızlar kadar sonsuzdur; onun belirli sınırlar içinde kalması, ya da kalıcı tanımlara indirgenmesi olanaksızdır; nasıl ki, yaşam bilinci, maddenin her zerresinde, her atomunda, her yaprakta ve her gonca hücresinde uyuklar gibi görünür, ama yeni bitkisel ve hayvansal varlıklarla fışkırmaya her zaman hazırdır.[11]

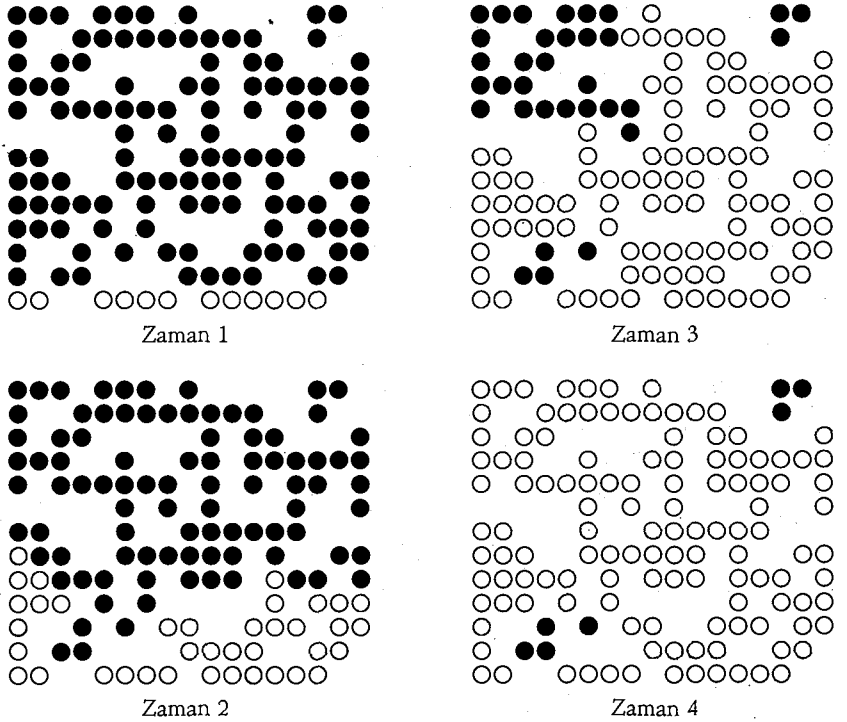
Bazı yorumcular, canlı bir varlığa benzetme yapmak ile bir binaya benzetmek arasında büyük bir fark olduğuna kesin inanırlar. Sir Michael Foster'in, 1899'da, Smithsonian Institute'da, "19. yüzyılda Amerikan biliminin gelişmesi" hakkında yaptığı konuşma, aşağıdadır:

> İzlek (bilimsel ilerleme) her zaman düz bir çizgi değildir; şu ya da bu tarafa sapmalar olabilir; fikirler tekrar tekrar entelektüel pusulada aynı noktaya dönebilir; ama yolun her zaman daha yüksek bir düzeye ulaştığı anlaşılacaktır. ... Dahası, bilim bir ev gibi, tuğlalar teker teker konulduktan sonra sonuna kadar kalacak gibi şekil almaz. Bilimin ilerlemesi canlı bir varlık gibidir. Embriyoda olduğu gibi, evreler birbirini takip eder ve bedenin her organı art arda gelen görü-

> nümler sergiler. Ama bütün bu süre içinde o aynı organdır. Aynı şekilde, bir dönemdeki bilimsel algılama bir sonraki dönemdekinden farklı görünür.[12]

Ancak yine de, benzetmeler yüzeysel olarak farklı görünse bile, temelde aynı şeylerdir. Çünkü her ikisi de, inşaat sürecini tanımladığı gibi yaşama sürecini de tanımlayan örgütlü karmaşıklığın bir yönüne eğilir: Birçok öğe birlikte çalışarak tümünün toplamından daha büyük bir bütünlük ortaya koyar. Sonuç, onun bileşenlerini listelemekle, ya da tek bir bağlantıyı veya yapı işçisini izole etmekle anlaşılacak bir şey değildir. O, parçalar arasındaki karmaşık ilişkiler şebekesinden olduğu kadar, o parçaların nitelikleri nedeniyle de böyledir.

Bilimsel ilerleme için verebileceğimiz bir başka imge daha var. Oldukça yeni olmasına karşın, ilerlemenin öngörülemeyecek bazı yönlerini yakalıyor ve bilimin çeşitli alanlarındaki farklı gelişmeleri farklı biçimde bağlantılıyor. Bu, bir hastalığın, ya da bir söylentinin, toplumda yayılma biçimini temel alan bir modeldir. Herhangi bir zamanda, bilimsel bilgimizi, kendi aralarında ölçümlerle, teorik bağlantılarla, benzetmeler, vb. ile birbirine bağlanmış bilgi adaları topluluğu olarak görebiliriz. Bu karşılıklı bağlantı ne kadar çok olursa, bu olgular da tutarlılık gerekçeleriyle birbirleri ile o ölçüde sıkıca bağlanırlar. Doğaldır ki bu, onların hepsinin doğru olduğunu garanti etmez; ancak yanlış bilginin eklenmesini güçleştirir. Bilimin güncel işlevlerinin büyük bölümü, bu küçük bilgi adalarının giderek genişleyerek kapsadıkları olgular ve düşünceler arasındaki karşılıklı bağlantıların derinleştirilmesiyle ilgilidir. Bu ilerleme çoğu kez, yeni keşiflerle değil, bilinen şeyleri türetmek için yeni yollar bularak gerçekleşir. Bu yeni türetimler bazı bakımlardan daha basit olabilirler: sadece daha kısa oldukları için değil, belki de kavramların daha basit kombinasyonlarını kullandıkları için. (Bu basitliğin genellikle onların daha uzun olduğu anlamına gelmesi ironiktir!) Bilim dışında olanlar, bilim literatürünün ne kadarının bildiğimiz şeyleri farklı türetme yollarından, ya da başka bir kimse tarafından gözlemlenmiş bir olayı izlemekten oluştuğunu bilseler-



Şekil 3.1 Perkolasyon süreci. Beyaz bölgelerin hemen yanındaki komşulara hastalık geçirme olasılığı var. Perkolasyon probleminin belirleyici özelliği, kritik bir olasılık değerinin var olmasıdır. Onun aşılması, hastalığın bütün bölgeye yayılmasının kaçınılmaz olması demektir,

di, şaşırırlardı. Bu onaylamalar, farklı olgular arasındaki bağlantılara yeni bağlar ekleyerek her bilgi adasındaki karşılıklı bağlantılar ağını güçlendirir.

Küçük adaların boyutları genişledikçe ara sıra daha görkemli bir şey gerçekleşebilir. Bir adanın bir başkası ile temasa geçmesine izin veren bir sezgi ya da bir gözlem ortaya çıkabilir. Güçlü fikirler birçok ada arasında karşılıklı bağlantılara izin verir, bu yapıldığında da birbiri ile bağlantılı fikirler yığını birden çarpıcı biçimde genişler. Bilimcilerin "perkolasyon"[13] dediği bu olgu, fikirlerin yayılmasından farklıdır (bkz. Şekil 3.1). Onun belirleyici özelliği; bireysel olgular arasındaki bağlantılar "kritik" bir düzeye doğru yavaş yavaş arttıkça,

bağlantılı toplam bölgenin büyüklüğünde ani bir sıçrama olmasıdır. Bilginin yayılmasının bulaşıcı hastalığa benzemesinin nedeni budur. Bir meyve bahçesine bir hastalık bulaşmış ise, hastalık tek bir ağaçtaki hastalanmış tek bir elma ile başlayabilir. Hastalık yavaş yavaş, o ağaçtaki hasta elmanın yakınındaki elmalara geçecektir; daha sonra ağaçtan ağaca atlayarak yayılabilir. Ağaçlar birbirlerine ne denli yakın ise hastalık da o denli hızlı yayılacaktır. Eğer ağaç aralıkları farklı olan benzer meyve bahçeleri karşılaştırılırsa, hastalığın belli bir süre içinde bütün bahçeye yayılma olasılıklarını inceleyebiliriz. Aralıklar küçüldükçe, bu olasılığın hızla yukarı fırladığı bir nokta vardır ve hastalığın tüm bahçeye yayılması kesindir. Söylentiler de, benzer şekilde, yeterince kişi birbirleriyle yeterince sıklıkla konuştuğunda, hızla yayılırlar.

Uygulamada, bilgimiz perkolasyon yolu ile tümüyle bağlantılı bir fikirler sistemine geçmekten çok uzaktır. Biyolojinin bazı bölümlerinin, yaşamın kökenine ilişkin biyokimyasal araştırmalarla fazla bağlantısı yoktur; bu bilgiler çok ince bağlarla, gezegenlerin nasıl oluştuğu konusundaki astronomi bilgimize bağlıdırlar. Bilgisayar bilimi, beyin araştırmaları ile önemli bir örtüşme bulma çabasında; ancak şimdiye dek bu örtüşme küçük ve beklenmedik ölçüde zayıf; o kadar ki, bazı insanlar onun varlığını bile reddediyor.

Bu perkolasyon bağlantıları bulma arayışı konusundaki en dikkate değer şey de, bizim onları bulmaya bu kadar önem vermemizdir. Miras aldığımız tek-tanrılı din uyarınca evrenin birliğine olan inancımızla ve estetik nedenlerle, her şeyin çok derinlerde birbirleri ile bağlantılı olduğuna inanmaya yöneliriz. Evrenin nihaî iki ilke ile açıklanmasının, tek bir ilke ile açıklanmasına göre daha niteliksiz olduğu düşünülür. Yasaların ya da temellerin tartışılmasında birlik, farklılıktan daha fazla onaylanır.

Bu eğilim, perkolasyon resminde de göze çarpar. Bazen, fikirlerin birikimi, bilginin ana yayılma şebekesinden uzun süreler boyunca ayrı kalır. Bunun nedeni, onların bazı bakımlardan temelden yanlış olmaları, ve bu nedenle bildiğimiz başka şeyler arasında bağlantı kurulamamış olmasıdır. Ancak bazı örnekler de olmuştur —zamanın-

dan önce keşfedilmiş olduğu izlenimini veren Einstein'ın genel görecelik teorisi gibi. Einstein'ın bu ilginç teorisi, uzun süre kendi başına bir ada olarak kaldı; deneysel yöntemler, onun astronomi ve gravitasyonun deneysel araştırmaları ile bağdaşacak ölçüde gelişmesini bekledi. Elementer parçacıklar ve doğanın başka kuvvetleri üzerindeki çalışmalarımızla ilişki kurmaya, ancak son zamanlarda başlamıştır. Perkolasyonu gerçekleştiren bu köprünün gelişmesinin, onun yaratıcılarından biri olan, Princeton Üniversitesinden Ed Witten tarafından "*çağının* elli yıl ilerisinde" olarak nitelenmesi ironiktir.[14]

Doğanın derinlerde yatan özelliklerinden biri de, global perkolasyonun yer almasına gerek olmadan, birbirlerinden ayrı bilgi adalarındaki bilginin ilerlemesini mümkün kılacak biçimde yapılanmış olmasıdır. Bilim, indirgemeci (reductionistic) olarak hayli ilerleme kaydedebilir. Bütünün parçalarına dair herhangi bir anlayış için önce her şeyin anlaşılması gerektiği yolundaki holistik modası, bilimsel yöntem deneyimlerimizden kaynaklanmamıştır. Holistik görüşü benimseyen Doğu kültürleri, ona sıkıca sarıldıkları sürede bilimde çok az ilerleme kaydetmişlerdir. Bu, holistik görüşün nesneleri anlamada önemli bir yeri olmadığı demek değildir; vardır, ama ancak doğanın anlaşılmasında bazı bakımlardan ilerleme gerçekleştikten sonra.

Bu perkolasyon resminin bir başka yönü de, bilgimizin karşılıklı bağlantılar düzeyinde ani değişimler olması beklentisidir. Birtakım küçük ilerlemeler -eğer doğru yönde iseler- birbiriyle ilişkili bilgi çekirdeğinde çok büyük bir artışa yol açabilirler. Düzgünce ilerlemenin küçük adımları belirli konularda uzmanlaşmış bilgi adalarının belirleyici özelliği olurken, sıçrama ve zıplamalar o adaların ötekilerle perkolasyonuna işaret ederler. Bu, Thomas Kuhn'un radikal değişimlere eşlik eden, değişen paradigmalar görüşünden farklı bir resimdir.[15] Bu resim, yeni teori ve resimlerin benimsenme nedenleri olduğunu dikkate almıyor. Bu nedenler, Paris modası, organize suçlar, hatta saç biçimleri şeklindeki toplumsal etkinlikler konusundaki basit moda değişimlerinden ibaret değildir.

Bilimsel ilerlemenin perkolasyon görüşünün yankılandığı şeylerden biri de, bizim, büyük ilerlemenin nelerden oluştuğuna dair duy-

gularımızdır. Büyük fikirler, yüzeysel olarak birbiri ile ilişkisi olmayan kavramları birleştirir. Güzellik duygumuzun sanatları ve bilimleri kapsaması da aynı nedenledir. Güzellik, yüzeysel çeşitlilik karşısında bütünlüğün var olmasındadır. Bu birlik, bir çiçeğin yapraklarının örüntüsünde ya da trajik bir kahramanın karakter özelliklerini birleştirmede olduğu kadar, fikirlerin bir örüntüsünde de var olabilir. Burada aynı zamanda bir tehlike de var. Sahte bilim, doğa değişmezlerini başka bazı sayılarla bulmak için beyhude bir "sihirli formüller" arayışı içindedir. Bu sayılar Büyük Piramit'in boyutları, müzikteki notalar, ya da π sayısının ondalık ifadesi olabilirler. Bizler, birleştirme sezgisine sahibiz ve bu da bizim zekâmızı tanımlayan şeylerin bir bölümüdür. Çeşitli olguların sentezini yapabiliyoruz; onları sınıflara ayırabiliyoruz; ortak çarpanları götürüyoruz ve böylece depolamak ve hatırlamak için gereken bilgi miktarını azaltıyoruz. Bütün bunlar, iyi bilimi tanımlayan sihirli bir formül ya da tanımın var olmadığını gösteriyor.

Karmakarışıklık

İfade edemeyeceğiniz bir şey asla başarılı olamaz.

WILL ROGERS

Çok uzak gelecekte bilimin nereye doğru gidebileceğini düşünürken, günümüzde iki katmanlı bir bilimsel araştırma olduğunu farketmek önemlidir. Temel fizik gibi bir bilim konusunun bulmaya çalıştığı, doğanın en elementer yapı taşlarının tanımlanması ve onları yöneten yasalardır. Günümüzde, sadece dört "doğa kuvveti"nin var olduğuna ve bunların ayrı kuvvetler değil, tek bir "süper" kuvvetin farklı görünümleri olduklarına inanılmaktadır. Doğada gözlemlenmiş olan bütün fiziksel olguları bu dört kuvvet —güçlü, zayıf, elektromanyetik, ve gravitasyonal kuvvetler— yönetirler. Bu kuvvetleri yöneten matematiksel teorilerin her biri "geyç" (gauge) teorileri denen özel bir türdendirler. Bu teorilerin yapılarını belirleyen şey, kuvvetin yönettiği parçacıkların özelliklerinden kaynaklanan belirli bir soyut örüntünün, kuvveti yöneten doğa yasası tara-

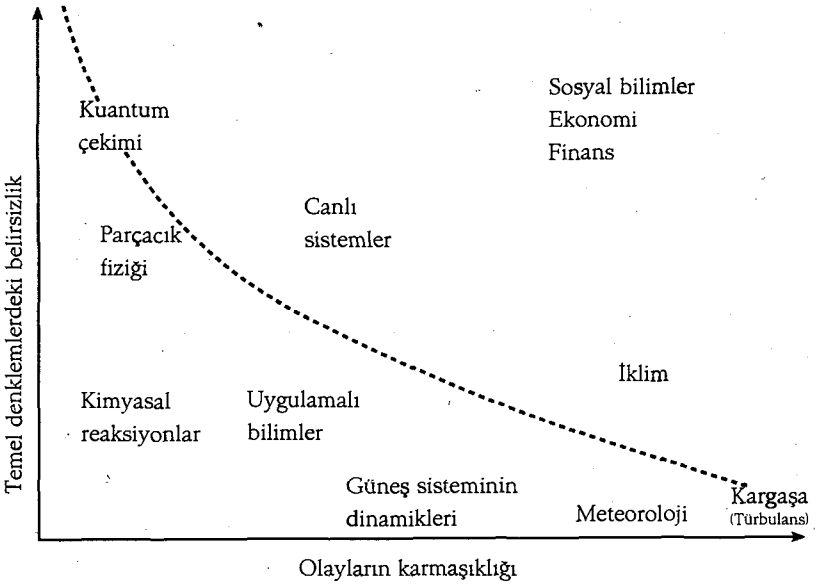
fından da korunmasının gerekli olmasıdır. Bu farklı kuvvetlerin birleştirilmesiyle ortaya çıkacak tek bir büyük birleştirici teoriyi aramak, bu dört örüntünün, içine yerleştirilerek bir bul-yap bilmecesi gibi tek bir resim oluşturacağı, tek bir geniş kapsamlı simetrik örüntü aramaktır. Bu arayışın olası bazı sonuçları, Bölüm 5'de tartışılacaktır. Burada ise amacımız, can alıcı bir noktayı vurgulamaktır. Bu küçük doğa yasaları topluluğu, var olan yasaların tümü olsa ve birleştirilmeleri istenen biçimde gerçekleşse bile, daha yapılacak çok şey vardır.

Doğa yasalarını bilmek ile, o yasaların sonuçlarını bilmek apayrı şeylerdir. Bu yasaların yol açtığı sonuçlar, yasaların kendilerinden çok daha karmaşıktır; çünkü, sonuçların yasalarda var olan simetriye sahip olmaları gerekmez. Şu anda ben, evrenin belirli bir noktasında bulunuyorum; ama doğa yasalarının belirli bir konum ya da zaman tercihi yoktur. Onlar tam anlamıyla demokratiktirler. Daha doğrusu, yasaların herhangi bir sonucunda bu simetriler bozulur ve gizlenir. Bu basit olgu, evren'imizin az sayıda yasa ile yönetildiği izlenimini verse de, çok büyük sayıda karmaşık ve asimetrik durumlar ve yapılar sergilemesine izin veren de odur. Bu, bilimin neden zor olduğunu da açıklar. Çevremizdeki olgularda ve yapılarda, bozulmuş simetrilerin dünyasını görürüz ve geriye doğru çalışarak onları yöneten simetrik yasaları bulmaya uğraşırız.

Bilimsel perspektifin yasalar ve sonuçlar şeklinde ayrılması, bazı bilim dallarının bakış açılarında neden bu denli farklı olduklarını anlamamıza yardım eder. Elementer parçacık fizikçisine dünyanın nasıl olduğunu sorarsanız, onun çok basit olduğunu söyleyebilir —eğer ona "doğru" biçimde bakıyorsanız. Her şey, az sayıda temel kuvvetlerle yönetilmektedir. Aynı soruyu bir biyolog ya da katı-durum fizikçisine sorarsanız, dünyanın çok karmaşık, asimetrik ve rastlantısal olduğunu söyleyecektir. Parçacık fizikçisi, temel kuvvetleri simetrileri ve basitlikleriyle araştırır; bunun tersine, biyolog, doğa yasalarının asimetrik sonuçlarının karmaşık dünyasına, bozulmuş simetrilerin ve basit bileşenlerin son derece çapraşık bileşimlerinden oluşmuş olduğu bir dünyaya bakmaktadır. Gözlemle-

nen yapılar, olanaklı en simetrik yapılar oldukları için değil, daha ziyade, en sık görülen yapılar oldukları için öne çıkarlar.

Eğer bilimin gelecekte izleyeceği yola yeniden odaklanırsak, evrenimizin, birkaç temel kuvvet ve birçok farklı elementer parçacık düzeyinde oldukça basit olabileceğini düşünebiliriz. Bu kuvvetlerin mantıksal tutarlılık içinde bir betimlemesine de *ulaşabiliriz*. Bazen bu türden bir eksiksizlik "Her Şeyin Teorisi" olarak anılır. Ancak bunun İngilizcenin yanlış bir kullanımı olduğunu bilmek önemlidir. Bilim dışındaki kişiye göre "her şey" sözcük anlamında kullanılmıştır. —her şey, hiçbir şey dışlanmadan! Ancak fizikçilerin kast ettikleri bu değildir. Her Şeyin Teorisi, doğanın kuvvetlerini birleştirmeyi amaçlayan teoridir (günümüzde bu kuvvetlerin sayısının sadece dört olduğuna inanılıyor). Teori, bir yan ürün olarak aynı zamanda başka bazı etkileyici şeyler de yapabilmelidir. Örneğin, maddenin en elementer olan parçacıklarının hepsini, hatta özelliklerini öngörebilmelidir. Eğer bu ikinciyi yapabilirse, gözlemlenebilir sınamalara olanak sağlayan oldukça açık öngörüler sunabilir. Ancak, böyle bir teoriden çok fazla şey beklemenin sakıncalarını unutmamak gerekir. Bu, evrende gördüğümüz her şeyin tek tek açıklamasını, ayrıca da, doğru yere baksa idik görebileceğimiz öteki şeylerin listesini veren bir kehanet değildir. Madde ve enerjinin bir araya getirilmesi ile üretilebilecek karmaşık yapıların sayısının bir sınırı olmayabilir. Bildiğimiz en karmaşık örneklerin birçoğu —beyin, canlı şeyler, bilgisayarlar, sinir sistemleri— bir "Her Şeyin Teorisi"ne sahip olmakla aydınlatılamayan yapılara sahiptirler. Doğal olarak, böyle bir teori onların var olmalarına izin verir. Ancak onların karmaşık davranışlar sergilemelerine yol açan şey, alt bileşenlerinin örgütlenme biçimidir. "Her Şeyin Teorisi"ne sahip olmak bir şeydir; onun çözümlerinin hepsine (hatta bazısına) sahip olmak tümüyle farklı bir şeydir. Bu, yersiz bir endişe de değildir. Şu anda her şeyi kapsayan türden bir teori için tercih edilen aday —sicim (string) teorisi— maddenin elementer parçacıkları hakkında her tür bilgiyi içeriyor gibi görünmekte. Ancak henüz hiç kimse, bilgiyi elde etmek için teoriyi nasıl çözeceğini bilmiyor. Hâlen, matematik bizim ötemizde.



Şekil 3.2. Çeşitli olguları ifade eden matematiksel denklemlerin temelinde var olan belirsizlik derecesinin, olgunun doğasında var olan karmaşıklığa göre, David Ruelle tarzında şematik gösterimi.

Demek oluyor ki, bilimin kaderi konusunda spekülasyonlarda bulunurken bilimsel ilerlemenin ikili doğasına duyarlı olmamız gerekir. En azından, temel bilimin amacına ulaşacağını kabul edebiliriz. (Ulaşamayacağı bazı şeyleri daha sonra ele alacağız.) Ne var ki, bu yasaların sonuçlarının kataloğunu nasıl tamamlayacağımızı hayal etmek o kadar kolay değil. Teknolojinin ve uygulamalı bilimlerin gelişimini ateşleyen ise, bu sonuçlar dünyasıdır.

Son yıllarda elementer parçacık fiziğindeki gelişmeler, dikkatini nihaî "doğa yasaları"nı aramaya odakladı. Bu, "fiziğin sonu"nun yaklaştığı yolunda bazı iddialara yol açtı.[16] Ancak hiç kimse, asla, doğa yasalarının sonuçlarının araştırılmasının sonuna yaklaşıldığını ileri sürmedi. Bu durum hakkında kapsamlı bir perspektif elde etmek için, farklı bilimlerin durumunu bir grafik ile göstermek yararlı olacaktır. Bu şemada, çeşitli bilimlerde olup bitenleri yöneten yasaların ve denklemlerin temelinde yatanların ne ölçüde anlaşıldığına (doğa

yasalarının bölgesi) karşı, bu yasaların sonuçlarında görülen karmaşıklık düzeyi (yasaların sonuçlarının dünyası) işaretlenmiştir. Karmaşıklık arttıkça, ne olacağını anlama ve gelecekte ne olacağını hassasiyetle öngörme yetimiz azalıyor (bkz. Şekil 3.2)[17].

Şekil 3.2'de görülen şemada ne olup bittiği (ve nedeni) hakkında çok iyi bir fikrimiz olan konular ile olmayan konuları ayıran, noktalı bir eğri çizebiliriz. Son derecede türbulanslı akışkanları araştırmada olduğu gibi, çalıştığımız konuyu yöneten yasaları bilmek olanaklıdır; ama görüleni açıklamaya gelince durum iyi değildir.

Seçici ve mutlak sınırlar

Sıradan sayılar arasına gizlenmiş sonsuz deney-ötesi sayı vardı; matematiğe derinden bakmadan onların varlığını asla tahmin edemezdiniz.

CARL SAGAN[18]

Fiziksel dünyanın bütün yönleri hakkındaki bilgimizin gelecekteki gelişmesinin var olabilecek sınırlarını düşünürken, farklı türlerden sınırları, birbirinden ayırdetmemiz gerekir. Bilinebilecek her şeyin, kutular halinde, önümüzde uzanan bir doğru boyunca sıralandığını düşünelim. Bu doğrunun bir sonu olur, ya da olmayabilir. Sonu olduğunu kabul edelim. O zaman, eğer bizim ve ardımızdan gelenlerin açabileceği sonlu sayıda kutu varsa, dünya konusundaki bilgimizin "mutlak" bir sınırı olabilir. Açılan her kutu daha önce açılanlarla aynı bilgiyi içerse bile, kutuları açmadan bunu bilemeyiz. Öyle ise, ne gariptir ki, her şeyi bildiğimizi asla bilemeyiz; biliyor olsak bile.

Ya da, bir başka güçlükle karşılaşabiliriz. Kutular gittikçe küçülerek açması daha zor hale gelebilir ki bu, dünya konusunda bir sonraki bilgiyi edinmek için gereken çabanın daha fazla olduğunu yansıtır. Bir noktada açılması çok zor olan bir kutu ile karşılaşabiliriz: belki de dünyanın kendi özelliğinden kaynaklanan derin bir nedenle, ya da çok büyük ekonomik engeller gibi dünyasal bir nedenle. Bunlar sırasıyla, kesin ve pratik sınırlar getirir.

Bir başka olasılık da, o sonu olmayan doğru boyunca, her on kutudan birini açma olanağına sahip olmamızdır. Bu durumda, keşfedebileceğimiz şeylerin bir sonu olmamasına karşın, hiçbir zaman yüzde 10'dan daha verimli olamayız. O zaman, bilebileceğimiz şeylerin -mutlak olanlar hariç- seçici sınırlamaları olur. Bu resmi daha ayrıntılı olarak verebiliriz. Sonu gelmeyen bir bilgi artışına sahip olabiliriz; ama bu, o aşamada bilinebileceklerin *sonsuz-küçük* bir bölümüdür. Eğer bilinemeyecek şeyler, tıpkı ondalık kesirler kümesi (sonu gelmeyenler de dahil) gibi, paketlenmiş ise ve bilinebilecek şeyler sonsuz sayıdaki 1, 2, 3, 4, 5, ... tamsayıları ile etiketlenmiş ise, o zaman listedeki hiçbir tam sayıyı atlamasak bile sonsuz sayıda şeyi öğrenme olanağımız olmayacaktır. Kimyasal moleküllerin her çeşidi ya da satranç oyunundaki olanaklı her hamle gibi, bir bölge içindeki her şeyi bulma yetimiz ile ilgili olan *seçici sınırlamalar* ile, ötesine geçemeyeceğimiz *sınırlar* arasındaki ayırıma, ilk olarak Immanuel Kant'ın yazılarında rastlanır. Şöyle yazmıştı:

> Matematikte ve doğa felsefesinde insan aklı, kısıtlamalar olduğunu kabul eder, ama sınırlar olduğunu değil. Şöyle ki, kendi dışında erişemeyeceği birşeylerin gerçekten var olduğunu kabul eder; ancak kendi içindeki ilerlemenin herhangi bir noktada biteceğini kabul etmez. Matematikte, görüşlerimizi genişletme ve yeni keşifler yapma olanağımız sonsuzdur; doğanın yeni özelliklerini, güçlerini ve yasalarını keşfetme konusunda da aynı şey geçerlidir.[19]

Seçici sınırların var olması konusunda en anlaşılmaz şey, onların varlığının hiç farkında olmayabileceğimizdir. Uzun süreler içinde hiçbir temel keşif yapılmamışsa, mutlak sınırlar kendini belli eder.[20] Bunun tersine, insanın bakış açısından bilimsel ilerleme hızlanmış gibi görünebilir (açtığımız kutuların yüzde 10'u her zaman önemli yeni bilgi içerebilir); halbuki erişebileceğimiz bilgilerin sadece giderek daha az bölümünü elde etmekteyizdir (açılmamış kutularda daha da fazlası olabilir!).

Düşündüğümüzde, bunun geçmişte ve günümüzde olanların gerçek durumunu olduğu gibi yansıtan bir resim olduğunu görürüz. Geçmişe baktığımızda, o dönemdeki araştırmacıların, -bizim bildiği-

miz, onlarınsa nereye bakacaklarını bilselerdi sahip olabilecekleri birçok bilgiden mahrum olmalarına karşın, ilerlemenin her zaman gerçekleştiğini görebiliyoruz. Geçmişin herhangi bir anında, sadece, sorulup da yanıtlanamamış sorular yoktur; sorulması için bir neden olmayan sorular da vardır. Doğal dünyayı araştırmak amacıyla kullanmak üzere Pythagoras'a ne kadar ekonomi ve insan kaynağı sağlansa da, sonucu, bizim ölçütlerimize göre bile yüzeysel olurdu. Ne gibi sorular soracağını bilmezdi, bilemezdi de. Günümüzdeki durumun farklı olduğunu düşünmek için de bir neden yoktur.

Seçici sınırları olan bir geleceğin, pratik bakımdan çok önemli olan bir yönü vardır. Hiç durmadan yeni temel bilgiler öğrenmenin mümkün olmasına karşılık, onları öğrenmenin hızı ve bedeli nedir?

İnşacılar mı yoksa cerrahlar mı olacağız?

Düşünce tarihçileri kısa sürede, konularının, matematikteki anlamıyla 'yoğun' olduğunu -esefle- öğrenirler: Bu konuda yazan herhangi iki kişi arasında bir başkasının da olduğu görülür.

GRAHAM PRIEST[21]

Dünya hakkındaki bilgiye giden iki önemli yol vardır. Bu yollardan biri, karmaşık şeyleri bölerek, onları adım adım üstesinden gelinebilecek basit parçalara ayırmaktır. doğaya böyle bir yaklaşıma, bazen "indirgemecilik" denir. Karmaşık şeylerin açıklamasının onları yapılayan şeylere "indirgenme"sine izin verir. Buna bazen doğaya "baş aşağı" yaklaşım denir. Bu, aşırı uca götürüldüğünde, insan psikolojisini biyokimyaya, biyokimyayı molekül yapısına, molekül yapısını atom fiziğine, atom fiziğini çekirdek fiziğine, çekirdek fiziğini elementer parçacık fiziğine, elementer parçacık fiziğini kuantum alanlarına ya da süper-sicimlere, süper-sicimleri ... belki de matematiğe mi indirger? Bu yaklaşım, dünyayı araştırmamızda önemli bir rol oynar ve aşikâr bir ilerleyici özelliği vardır. Elementer parçacık fiziğinin sınırları, maddenin nelerden yapılmış olduğunu bulmak için ayırmayı başardığımız en küçük boyutu tanımlar. Ancak, görece basit şeyleri anlamakta çok etkili olsa da, dünyada

karşılaştığımız en karmaşık yapılara uygulandığında, yardımcı olduğu bile söylenemez. Pekmez yapışkandır ve atomlardan oluşur; ama her atomun az biraz yapışkan olmasını bekleyemeyiz.

Çok karmaşık yapıların genel bir özelliği vardır: Çok büyük sayıda basit ögelerin anlaşılması güç olan örgütlenmesi nedeniyle, karmaşıklık sergilerler. Bu yapı her ne ise, bir ekonomi, bir hava durumu sistemi, bir sıvı, ya da bir beyin; kendini oluşturan parçaların ne olduğundan çok, nasıl örgütlendiğine bağlı olarak, o her ne ise odur ve ne yapıyor ise onu yapar. Sıraladığımız bütün örnekler, yeterince aşağı düzeyden bakıldığında, atomlardan yapılmıştır; ama bu, bizim bir kitap ile bir beyin arasındaki farkı anlamamıza yardım etmez.

Karmaşık yapılar, karmaşıklık eşikleri olduğu izlenimini verirler. Bu eşiklerin aşılması, karmaşıklıkta ani bir sıçramaya yol açar. İnsan gruplarını ele alalım. Bir kişi birçok şey yapabilir; bir kişi daha eklenirse daha ileri ilişkiler mümkün olur. Ancak yavaş yavaş, birkaç kişi daha eklenirse, karşılıklı karmaşık ilişkilerin sayısı olağanüstü artar. Ekonomi sistemleri, trafik sistemleri, bilgisayar şebekeleri; bunların hepsi, onları oluşturan parçalar arasındaki bağlar arttıkça, özelliklerinde ani sıçramalar gösterirler. Beyin gibi bağlantılı bir mantıksal şebekede çok yüksek düzeyde karmaşıklığa ulaşıldığında, bu şekilde ortaya çıkan en çarpıcı örnek, bilinçtir.

Simetrik yasalar ile karmaşık sonuçlar arasındaki ayırım, çoğu kez, bilimin kendini nasıl örgütlediğine yansır. Biyoloji gibi bazı konular, tümüyle karmaşık sonuçların çapraşık dünyası ile uğraşır. Parçacık fiziği gibi başka bazıları da, daha çok, doğanın temel yasalarının bozulmamış simetrilerine odaklanır. Bu farklı girişimlerle uğraşan bilimcilerin, becerileri de farklıdır. Bir grupta olanlar, arada bir, kendi uzmanlıklarını başka bir alanda uygulamaya çalışırlar. Bu ilginçtir. Bilimin iki dalının farklı psikolojilerinin şaşırtıcı bir örneği, bilinci anlama çabalarında görülür. Biyologlar ve nörofizyologlar, kazalar ve doğal seçim gibi tarihî süreçlerin sonucu olarak düzensiz biçimde ortaya çıkan karmaşık doğal yapılarla uğraşmaya alışkındırlar. Onlar bilinçlilik gibi karmaşık bir olgunun, çok

büyük sayıdaki dünyasal süreçlerin uzun bir süre içinde kendilerini örgütlemesi ile, bir sinir şebekesi gibi, öğrenen bir yapı oluşturduğu şeklinde açıklanabileceğini ümit ederler; yani bilinç, doğal seçimin mikroskopik bir versiyonu tarafından "geliştirilmiş" bir bilgisayar gibidir. Bu tür çapraşık açıklamaya tipik bir örnek Edelman tarafından verilmiştir. Edelman'ın Sinirsel (Neural) Darwinizm[22] resminde, simetri ve basitliğin hiçbir gerekli etkinliği yoktur; uzun vadede kazanan ise, süreklilik ve seçenekler arasındaki marjinal avantajdır. Burada, beyindeki şebekenin gelişmesi, sürekli-evrimleşen bir olgudur; içindeki yararlı ve çok kullanılan bağlantılar, daha az kullanılanların zararına, pekiştirilir.

Temel fizikçiler ise, tümüyle farklı bir eğilim ortaya koyarlar. Onların konusu bakımından en derin ve önemli olan şeyler, doğa yasalarının arkasındaki matematiksel yapılardır. Fizikçiler "önemli" şeylerin en temel şeyler olmasını beklerler; "temel" ise basit, simetrik ve matematik bakımından incelikli anlamına gelmektedir. Bunun sonucu olarak, fizikçilere, temel diye niteledikleri bir şeyin, matematiksel simetrinin gerektirdiği zarif bir açıklaması yerine, rastlantısal karışık bir açıklaması olacağını düşünmek çok zor gelir. Doğal olarak, fizikçiler bilincin temel önemde ve açıklamaya değer olduğunu düşünürler. Bu nedenle de bazıları, onun böyle karışık ve düzensiz bir açıklaması olamayacağı kanısındadırlar.[23] Bunun yerine, biyologları şaşkına çeviren şeyler ortaya sürerler:[24] Aklın mikroskopik özelliklerini açıklamak için mikroskopik düzeydeki kuantum gravitasyonu ve özde içerilen işlemlenebilir olmama gibi şeyler.

Vadeli işlemler pazarı

Bir daha asla, 'asla' deme.

JAMES BOND

Bilimin olası geleceğini düşünmek için en kolay yol, sadece iki yönünü ele almaktır: Doğa hakkında açığa çıkarılacak sınırsız bir temel bilgi deposunun var olup olmadığı, ve yetilerimizin sınırlı olup olmadığı. Bu, birbirinden farklı dört olanaklı gelecek sunar:

Gelecek tip 1: Doğa sınırsız ve insan yetileri sınırsız;
Gelecek tip 2: Doğa sınırsız ve insan yetileri sınırlı;
Gelecek tip 3: Doğa sınırlı ve insan yetileri sınırsız;
Gelecek tip 4: Doğa sınırlı ve insan yetileri sınırlı.

Gelecek ile ilgili bu dört olanaklı durumu ayrıntılı olarak incelemeden önce, bazı genel noktaları hatırlamak önemlidir. Doğa hakkında öğrenilecek sonlu sayıda şey olduğu seçeneğini ele aldığımızda, söz ettiğimiz, doğanın sergilediği farklı şeylerin sayısı değil -sonsuz bir evrende galaksilerin sayısı da sınırsız olabilir-, doğa'daki tekil varlık topluluklarının belirleyici özelliklerini saptamamıza izin veren temel ilkeler ve 'yasalar'dır. Aslında, bu sonlu olma koşulu, ilk bakışta göründüğü kadar dar kapsamlı değildir. Olanaklı kar taneciklerinin sayısını, olanaklı müzik yapıtlarının sayısını, ya da genetik bakımdan olanaklı insan sayısını, sözcüğün gündelik kullanımıyla "sınırsız" olarak anlamaya yatkınızdır. Oysa yukarıda sözü edilen durumların her birinde, olanakların sayısı sınırsız değildir; olağanüstü büyük ama yine de sonlu bir sayıdır.

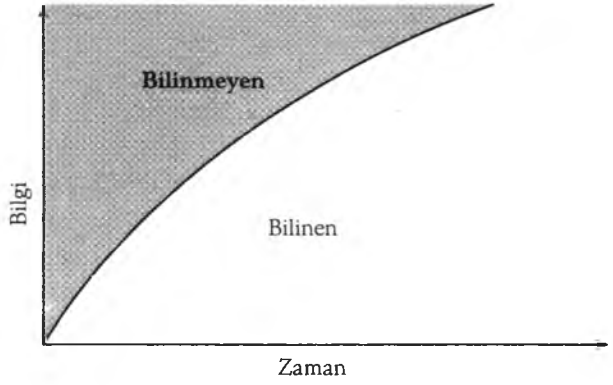
Eğer sonsuz çeşitlilikte birbirlerinden tümüyle farklı karmaşıklık biçimi varsa, o zaman, üstesinden gelinemeyecek bir meydan okuma ile karşı karşıyayız demektir. Bilim felsefecisi William Kneale, her şeyi sonuçların karmaşık dünyasında yakalama beklentisinden endişeleniyor:

> Eğer "doğanın sonsuz karmaşıklığı", onun sonsuz çoklukta olgu içerdiği anlamına geliyorsa, o zaman teori oluşturmanın nihaî başarısı için bir engel yoktur; çünkü teoriler böyle ayrıntılarla ilgilenmezler. Yine bu nedenle, kast edilen doğal olguların sonsuz çeşitliliği ise, ... bu da, birleştirici bir teoride içerilebilir. ... Birtakım Platonik semalarda sahiden bir doğru açıklama olduğunu, ancak sonsuz karmaşıklıkta olduğu için insanlarca kavranamayacağını söylemek de, işe yaramaz. Çünkü, eğer sonsuz karmaşıklıkta bir önerme varsa, onun, ibarenin normal kullanımı ile, tek bir açıklayıcı teori olmayacağı kesindir; ama en iyi olasılıkla, açıklayıcı teorilerin bir sonsuz birleşimi olabilir. Yapılacak başka bir şey yoksa, belki de böyle bir birleşmeyi art arda gelen yaklaştırımlarla üretebiliriz. Ancak bu durumda başarı için en iyi umudu-

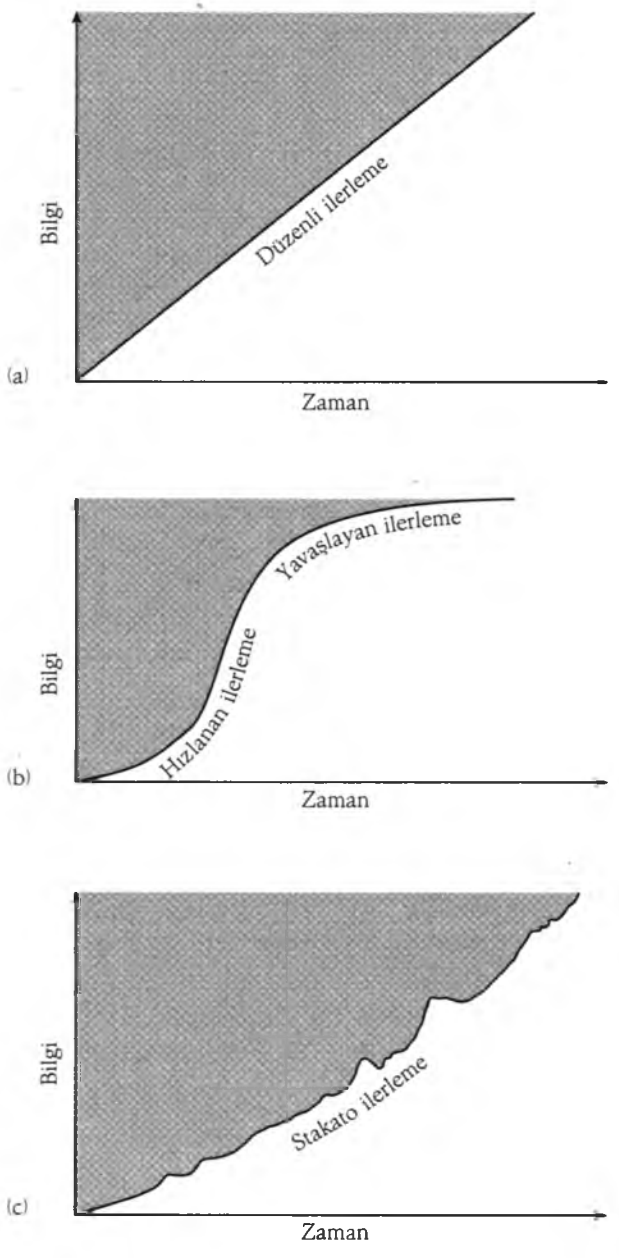
muz, sürekli devrim değil, ayrı ayrı şeylerin düzgün biçiminde birikmesi olacaktır.[25]

İnsan yetilerinin geleceğinden söz ederken, kendimizi, hiç yardım almayan insan araştırmaları ile sınırlamanın gereği yoktur. Nasıl ki hızlı bilgisayarlar kullanarak insanüstü işler yapabiliyoruz; öyle ise uzak gelecekte, insanın hesaplama hızını ya da bir seferde toplanıp kıyaslanabilecek veri miktarını artırmaktan çok daha fazlasını yapabilecek yapay zekâ çeşitlerini bekleyebiliriz. En sonunda, bilimsel girişimlerin büyük bölümü, insan yetilerini genişletebilen çeşitli makine zekâları ile, öngörülebilen veya görülemeyen yollarla ileriye götürülebilir.

Ortaya koyduğumuz dört gelecekten her birine yönelebilecek olaylar zincirini belirlerken, bilginin zamana göre değişimini veren grafiği kullanmak yararlı olacaktır (Şekil 3.3). Çizgi, evrendeki bilgi artışının eğrisini gösteriyor. İlerleme eğrisinin üstündeki bölge bilinmeyenler, altındaki ise bilinenlerdir. Biriktirilmiş bilginin toplam miktarı ise ilerleme eğrisinin altındaki bölgenin alanıdır. Her durumda, insan araştırmasının sonsuza dek sürecek bir etkinlik olmadığını (görünen evren hakkında birşeyler keşfetme yetisinin sınırlı olup olmadığına bakmadan) hatırda tutmalıyız. İnsan yaşamının yok olduğu gelecekler hayal etmek kolaydır.[26] Şimdi bile, tümden bir karşılıklı nükleer savaşa dönebilecek çatışmalara tehlikeli biçimde yaklaştığımızı görebi-



Şekil 3.3. İlerleme eğrisi. Bilginin zamana göre artışının şeması. Eğri, bilineni bilinmeyenden ayırıyor.



Şekil 3.4. Sonu olmayan sürede artan bilginin üç görüntüsü: (a) Düzgün biçimde genleşme; (b) Değişken genleşme: Başlangıçtaki hızlanmanın yerini yavaşlama almıştır; (c) Küçük dalgalanmalarla değişen genel genleşme eğilimi.

liyoruz; endüstri kaynaklı kirlenme, gezegenimizin iklim dengesini tehdit ediyor; enerji kaynakları sürekli tüketiliyor ve fosil kaynaklı olmayan yakıtlar çevresel riskler taşıyorlar; her yüzbin yılda bir, buzul çağları geri geliyor; meteorlar, kometler ve asteroidler ile rastlantısal çarpışmalar sürekli bir tehdit. Var olma güvencesi yok; dünya inceayrıntıları hızla çoğalan bir teknoloji sistemi haline gelince, ilerleme için kaygısızca koşması sonucu giderek artan risklere açıktır.

Bu gibi şeyler üzerinde kafa yorarken, endüstri toplumuna dönüştükten sonra uygarlıkların uzun süre var olabilmelerinin çok zor, hatta olanaksız olabileceğini düşünmemek elde değil. Teknik bilginin kritik bir düzeyi, ona sahip olanların kaçınılmaz olarak, yavaş yavaş (ya da aniden) yok olmalarına yol açabilir. Bu durumda, çok uzun süre var olan bir uygarlığın, çok olağan dışı, ve sanırım bu nedenle, nitelik bakımından (nicelik değil) bizimkinden farklı olması çok mümkün. Eğer insan (veya hatta insanüstü) ilerlemesini süresiz bir geleceğe uzatırsak, gerçekçi olmamayı göze aldığımızı unutmamalıyız. Uygarlıklar, kendilerini yok etmeseler bile sonunda, yıldızların nükleer enerjisi tükendiğinde ve galaksiler parçalandığında, kozmik boyutlarda bir çevresel kriz ile karşılaşabilirler. Hatta bütün evreni bir Büyük Çökme'ye dönüştüren bir çöküş ile karşı karşıya kalabilirler; bu çöküşteki koşullar, Büyük Patlama'dakilerin aynayansımasıdır.[27] Geride yatan bu problemleri, uzun ömürlü ve meydan okuyan problemleri olan uygarlıklara yol açmaları dışında, dikkate almayacağız. Uygarlıkların sürebilmeleri, sonunda, çözüm bulma yetilerine bağlıdır. Bununla birlikte, burada bizim kendi toplumlarımızın bize verdiği dersler de var. Siyasetçilere ve demokrasilere çok uzak gelecek için planlar yaptırmak çok güçtür. Binlerce yıllık gelecek bir yana, bugün ve yarın için yeterince problemler var. Ne tür bir toplum, entelektüel ve maddi kaynaklarının çok büyük bir bölümünü, on binlerce yıl sonrası için yatırıma ayırır ki?

Gelecek Tip 1: Doğa sınırsız, insan yetileri sınırsız.

Tip 1 türü bir gelecek, bizim geçmişteki ve bugünkü deneyimlerimizin basit bir genellemesi gibi görünüyor. Yeni keşifler sürekli ge-

liyor ve beraberlerinde kendi yeni problemleri ile eskilerin çözümlerini getiriyorlar. Yeni keşiflerin mutlaka yukarıya doğru olması gerekmez; ilerlemenin yavaşladığı veya gerilediği karanlık dönemler olabilir; ve bir Einstein ya da bir Darwin'in iç-görüleri ile ortaya çıkan büyük yükselmeler olabilir (Şekil 3.4).

İlerleme eğrisindeki küçük iniş çıkışlar, insan ömrünün uzunlukları, belirli düşünce ekolleri ve onların geçerli oldukları sosyal çevre aralıkları gibi belirleyici zaman aralıklarını yansıtırlar. Ne var ki, sadece ilerlemenin sınırsız olması, bilgi edinmenin bedelinin aynı kalacağı anlamına gelmez. Giderek küçülen bir terimler serisi, toplandığında yine de sonsuz bir toplam verebilir. Örneğin aşağıdaki

1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 +1/5 +1/6 + 1/7 + 1/8... sonsuza kadar

serisi ele alındığında, her terim bir öncekinden daha küçük olduğu halde, toplam sonuç asla bir limite doğru yaklaşmaz. Toplamı, yeterince terim alarak istediğimiz herhangi bir sayıdan daha büyük yapabiliriz.[28] Bu seriye "ıraksak" bir seri deriz. Böylece, eğer serideki her terim gelecekteki her on-yıl içinde yapılacak ilerlemeyi gösteriyorsa, toplam ilerleme hiçbir zaman sınırlı olamaz; ama ilerleme hızı gittikçe yavaşlar.

Bu bize, sınırsız ilerlemenin hızlanan bir ilerleme olması gerekmediğini gösteriyor. İlerleme eğrisi giderek daha yatık duruma gelebilir. Zamanla, önemli yeni bilimsel keşifler daha az sıklıkta; tipik bir insan ömründe bir taneden daha az sıklıkta ortaya çıkabilir. Bu tür bir durumun başlaması, sürekli araştırma için ciddi bir caydırıcı etkiye yol açabilir. Beyin gücüne dayanan, yenilik, istihdam ve doyum duygusu bakımından daha hızlı getirisi olan çalışma alanları, daha cazip gelebilir.

Bu uzun-vadeli geleceğin savunması, iki konuda tahmin yaparken dikkatle düşünmemizi gerektirir. Doğanın bize, keşfedecek sınırsız sayıda önemli şeyler sunup sunmayacağını ve bizim, yetilerimizin sınırsız olmasını bekleyip bekleyemeyeceğimizi düşünmemiz gerekir.

Son dönemlere gelinceye kadar, doğanın tükenmeyen bir zenginlik kaynağı olduğu düşüncesi bilimcilerin çoğunu huzursuz ede-

bilirdi. Ancak elementer parçacık fiziğindeki gelişmeler, yeni bir manzara ortaya koymuştur. Doğanın gerisinde yatan yasalar -maddenin elementer parçacıkları, onları yöneten kuvvetler ve aralarındaki etkileşimler- az sayıda olabilirler ve mantıksal tutarlılık gerekçeleri, onların sadece birkaç özel biçim sergilemelerine izin vermiş olabilir. Eğer gelecekten gelen bir turist, elementer parçacık fizikçilerine, doğada sadece dört temel kuvvet olduğunu ve onların işleyişini açıklayan özel bir süper-sicim teorisi bulunduğunu söylerse, hiç şaşırmazlar.

Bilimsel çabanın bu özel yönü, tamamlanabilen bir gayret olabilir. Doğa yasalarının ardında yatan yapıya daha derinden baktığımızda, nesnelerin çoğu kez, beklediğimizden daha basit olduğu izlenimini alırız. Nasıl ki belirli bir şey için en kısa programı en uzman bilgisayar programcısı yazar, doğa yasaları dediğimiz nihaî programın Mimarının da, mantık ve hammadde bakımından zarif biçimde ekonomik olmasını bekleyebiliriz. Evrenin derinliğine ulaşılamaz ölçüde karmaşık olmasının, onun enginliğine bir işaret olduğu yolundaki alışılmış görüş, garip bir önyargıdır. Bu görüş Yaratan'ın insanüstü olma gerekliliğinden kaynaklanır —bu üstünlüğü, "akıl-erdirilemez olmak" ile ifade etmekten daha iyi bir yol olabilir mi? Ama neden böyle olsun? Bir model uçağın nasıl monte edileceğini 500 sayfalık bir kitapla açıklayabiliriz; ama bunu 10 satır ile yapmak hiç de kolay değildir. Derin basitlik, derin karmaşıklıktan çok daha etkileyicidir. Evren hakkında en ilginç şey, sonunda, onu tanımlamak için gereken ögelerin ve kuralların sayısının çok küçük olabileceği olasılığıdır. Bir başka seçenek de şudur: sonu gelmez bir karmaşıklık vardır; çok küçükler ülkesindeki her ilerleme, yeni bir yapı dünyası sergiler; çok zayıf kuvvetleri ölçme yetimizdeki her önemli ilerleme, yeni, daha önce gizlenmiş etkileri ortaya çıkarır. Bilginin bu dipsiz kuyusunun doğanın imzası olduğu görüşü merhum David Bohm'a çekici gelmiştir:

> Genel olarak, farklılığın gerisinde birliğin var olduğunun keşfedilmesiyle, bilinen olgulardan daha fazlasını içeren yasalar keşfedilecektir. ... bilimsel girişimlerin hepsi hiçbir teorinin nihaî olma-

> dığı sonucuna işaret eder. ... en azından kullanılan bir hipotez olarak, bilim, doğanın sonsuz olduğunu varsayar; ve bu varsayım, olgulara, bildiğimiz başka görüşlerin hepsinden daha iyi uymaktadır.[29]

Bohm'un, doğa hakkındaki bu sınırsız vizyonuna, 20. yüzyılın en büyük fizikçilerinden biri olan Eugene Wigner de katılır. Wigner, karmaşıklık tabakalarından oluşmuş bir doğa görür. Bu tabakalarda, soğan kabuklarında olduğu gibi, bir katın altından, bir başkası görülür. Bu gerçeklik katlarına nüfuz edebilmek için, giderek daha derinlere inen kavramlar geliştirmek zorundayız. Wigner, karşımızda sonlu ya da sonsuz sayıda katlar dizisi olup olmadığına değinmeden, nihaî anlayışa giden kavramsal engellerin hepsini soyup atmamızın mümkün olması için bir neden görmemektedir:

> Giderek büyüyen bir olgular yığınını anlamak için, fiziğe giderek derinleşen kavramlar sunmamız gerekir ve bu gelişme, nihaî ve kusursuz kavramlar keşfetmemiz ile sona ermeyecektir. Bunun doğru olduğuna inanıyorum. doğanın cansız olgularını tümüyle anlamak için aklımızdan kusursuz kavramlar formüle etmesini beklemeye hakkımız yoktur.[30]

Doğanın yapısını ve onu yönettiği sanılan kuralları anlama arayışından vazgeçersek, farklı bir durumla karşılaşırız. Atomları ve molekülleri (hatta belki de kuarklar gibi nükleer-altı parçacıkları) karmaşık örüntüler ile birleştirerek üretebileceğimiz aygıtların sonu yoktur. 19. yüzyılda hesap makinesini icat eden Charles Babbage, teknolojinin yarattığı kendini sürdürme olanağını görmüştü:

> Bilim ve teknoloji, genişleme ve artma süreçlerinde, maddi dünyayı düzenleyen yasaların tam tersi olan yasalara bağımlıdırlar. ... bilginin kökeninden ne kadar uzağa ilerleyebilirsek, onlar o kadar daha büyür ve onu geliştirenlere, birikimlerine yeni alanlar eklemek için daha büyük güç ihsan eder (ve) ... kazanılmış olan bilgi bütününün, bilginin hâlâ hızla genleşen ufkunun içerdiğine oranı sürekli küçülür. ... aklın maddesel dünyaya egemenliğinin sürekli ivmelenen bir kuvvetle arttığının anlaşılması, belki de mümkün olabilir.[31]

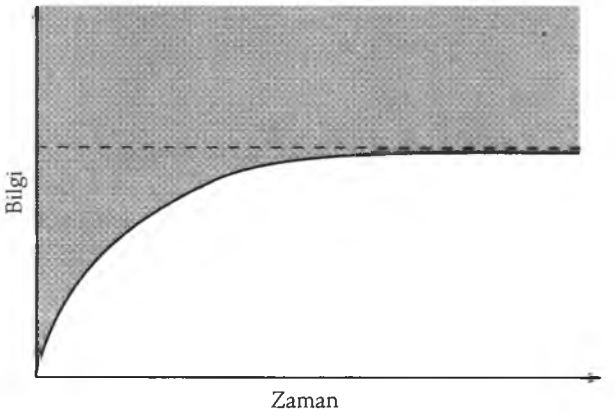
Yapılanabilen karmaşıklığın bir sınırı olması gerekir mi? Bildiğimiz kadarı ile, hayır. Ancak, daha sonra göreceğimiz gibi, bu karmaşıklıkları sonuna kadar kullanan aygıtlar ve şebekeler yapma yetimizin sınırları olacağı kesindir. Böyle projeler için zaman ve kaynak gerekir. Bu projeler, ancak çok iyi nedenler olduğunda uğraşmaya değer görülecektir.

Gelecek Tip 2: Doğa sınırsız, insan yetisi sınırlı

Tip 2 senaryosu, anlaşılmak için hayal gücümüzü daha az zorlar. Rasgele kişilerle yapılan bir anketten, belki de en çok destek alacak bir resimdir. İzlenebilecek en alçak gönüllü yaklaşım olduğuna kuşku yoktur. Bir yandan doğanın farklılığına saygı duyarken, bir yandan da kendi sınırlarımızı kabul eder (Şekil 3.5.)

Yeni keşifler yapma yetimiz her ne kadar sınırlı ise de, bu, bilgimizin sonsuza kadar artmayı sürdürmeyeceği anlamına gelmez. Ancak bilgimiz, olası birçok kısıtlamalardan birinin koyduğu bir sınıra giderek daha yaklaşacaktır. Kısıtlama, örneğin, beynimizin doğası, malzeme ve enerji bulunmaması, büyüklüğümüz gibi nedenlerden kaynaklanabilir. Bu senaryoda, araştırmalarımız ne kadar uzun sürerse sürsün, bu sınıra hiçbir zaman gerçekten ulaşamayız.

Bir başka seçenek, sınırımıza sonlu bir zamanda erişebilecek olmamızdır. Sonuçta, daha ileriye gitmenin bedeli, karşılayabileceği-



Şekil 3.5. Gelecek Tip 2. Bilgi hep artıyor, ama sınırlı; doğa ise sınırsız.

mizin ötesindedir; ya da gözlemleme sürecinde, bilgi depolamakta veya işlemleme hızında, temel bazı sınırlara ulaşmışızdır.

Geçmişte, dünya hakkındaki bilgimizin geç değil de daha erken bir sürede sona ereceği görüşü, şaşılacak ölçüde yaygındı. 19. yüzyılın önde gelen Fransız entelektüellerinden Denis Diderot, 1875'de şöyle yazmıştı:

> Ben, gerçekten, yüz yıl bile geçmeden Avrupa'da büyük üç matematikçi bile bulunmayacağına garanti vermeye hazırım. Bir Bernoulli, bir Euler, bir Maupertuis, bir Clairaut, bir Fontaine ve bir D'Alembert ile bir La Grange'ın bıraktığı yerde bu bilim birden duracaktır. Onlar, ötesine geçilemeyecek Herkül Sütunları (Pillars of Hercules*) dikmişlerdir.[32]

Aynı sıralarda, Manş Denizinin karşı tarafında, bilimci George Gore bu olasılıkları daha ayrıntılı olarak açıkladı. Önce, doğanın yapı olarak sonlu olup olmadığını soruyordu:

> Her ne kadar, olanaklı bilginin gerçek sınırları hakkında çok az şey biliyorsak da, doğanın her bakımdan sonsuz olmadığının işaretleri var. Çok büyük olasılıkla, enerji türlerinin ve elementer maddelerin sayıları sonludur. ... birleşip çeşitli maddeler oluşturarak çeşitli atomların sınırsız sayıda düzenlemelerinin var olmasının hayli olasılıksız görünmesi dışında, kuvvetlerin birçok kombinasyonları ve düzenlemeleri de birbiri ile bağdaşmaz ve bir arada var olamaz. Öyleyse, bu mülahazalarla, ... söz edilenler konusunda olanaklı bilginin, belki de bir sınırı vardır. Aynı şekilde, sonlu sayıda maddeleri ve kuvvetleri yöneten yasaların kendileri de sonlu olmalıdırlar.[33]

Daha sonra Gore, insan bilgisinin her zaman doğanın sunduğu meydan okumanın arkasında kalacağı kuşkusunu dile getirdi:

> İnsan bilgisinin gelecekteki sınırları sonsuz uzaklıkta imiş gibi görünüyor. Bilgimiz sonludur; ama bilgisizliğimiz hemen hemen sonsuz. ... Gelecekte yapılacak keşiflerin miktarı, geçmiştekinden çok daha büyük olacak gibi görünüyor. ... (çünkü) elde edilebilir bilginin bütün alanı, insan aklının gücüne göre çok çok daha büyükmüş gibi görünüyor; onun ortaya çıkması belki de, sonsuz ça-

* Cebelitarık boğazının iki yakasındaki kayalıklar. (ç. n.)

> lışma, bu nedenle de çok büyük bir süre gerektirecek. ... insan, sonlu aklı ile, gelecekte evrenin çeşitli bölümlerindeki olguların ne kadarını açıklayabilecek ve şimdi hiç kimsenin tahmin bile edemeyeceği etkileri başarı ile öngörecek; şimdilik kimse bunu tahmin bile edemez.

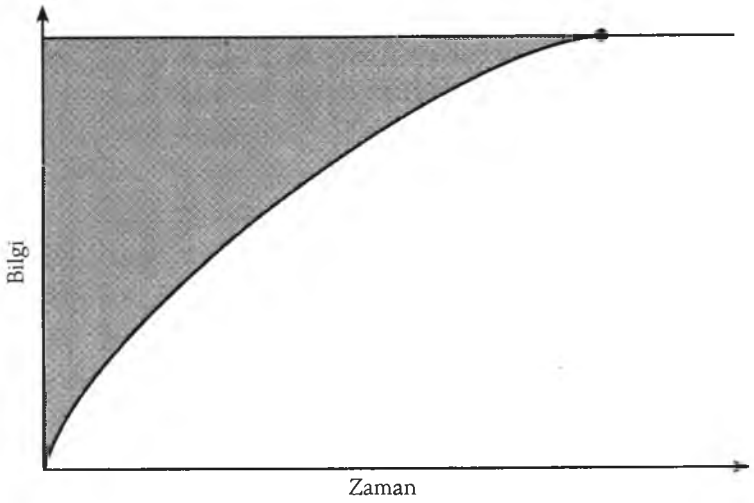
Tabii eğer, doğadaki karmaşıklığın, onun içinde var olan sezgili varlıklardaki karmaşıklık ile uyumlu olduğu, insan merkezli gizli bir plan yok ise:

> Ancak, evrenin bütününün, sistematik olarak, akıllı bir düzene göre çerçevelendiğini varsaymak mümkündür. Onun içindeki hiçbir şey entelektüel güçler için anlaşılamaz değildir; bilinmezliğini sürdüren büyük ve engin gerçeklik, sadece geçici olarak, keşfi için gerekli önbilgi elde edilinceye kadar anlaşılamazdır. Ve nasıl ki sürekli etkinlik insanın var olması için bir koşuldur; aynı şekilde, yeni ve daha iyi entelektüel araştırma yöntemlerinin icat edileceği ve sonunda, bilimsel gerçeğin bütün evreninin araştırılacağı ve keşfedileceği sonucuna varabiliriz.

Gore'un son satırlarında bir umut görüyoruz: Arayış içindeki insan ruhunun bütün engelleri aşarak geleceğe egemen olacağı, dünyasal araştırma ve keşiflerinin evrimsel geçmişine yaraşır entelektüel zaferler kazanacağı umudu.

Gelecek Tip 3: Doğa sınırlı, insan yetisi sınırsız

Eğer madde ve enerjinin karmaşık yapılara ve düzenlere örgütlenmesini yöneten temel doğa yasaları ve ilkeleri sonlu ise, sınırsız yetiler, onların hepsini aydınlatmak için yeterli olabilir. Belli bir aşamaya gelindiğinde, bazı önemli bakımlardan bilimsel girişimi de tamamlamış oluruz; bütün temel keşifler yapılmış olur (Şekil 3.6). Geriye sadece daha ince ölçümler yapmak kalır. Elde edilecek yeni olgular olacaktır; ancak bunlar, hiçbir temel yasanın geçerli olup olmamasını etkilemeyecek, sadece "daha fazla ondalık hane" türünden ayrıntılar olacaktır. Bilimsel makaleler, var olan teorilerin, daha yüksek hassasiyet düzeyinde onaylandığını yazacaktır; ama artık beklenmedik yeni şeyler olmayacaktır. Hiçbir zaman



Şekil 3.6. Tip 3 Gelecek. Doğa, tam anlaşılması için sonlu sayıda bilgi gerektiriyor; bu da insan yetilerinin kapasitesi içindedir.

emin olamayız ama, zamanla heves ve heyecan azalabilir. Yaratıcı beyinler, meydan okuyacak yeni şeyler arayışına geçecektir. Bizim evrenimizin yerine daha karmaşık sanal evrenleri incelemek, daha da ilginç olabilir.

Merhum Richard Feynman, belki pek de istemeden, bu konuyla ilgilenmişti. Elementer parçacık konusundaki çalışmaları, onu, çok küçük sayıdaki yasalar ve temel kuvvetler tarafından yönetilen bir dünya ile karşı karşıya getirmişti. Yıllar sonra, onun karmaşık bilgi-işlemleme sistemleri üzerindeki çalışmalarının görüşlerini değiştirip değiştirmediğini görmek ilginç olacaktır. Merak ediyordu:

> Bu serüvenin geleceği nedir? Sonunda ne olacak? Yasaları tahmin edip duruyoruz; ne kadar yasa tahmin etmemiz gerekiyor? Bilmiyorum. Bazı meslektaşlarım, bilimimizin bu temel yönünün süreceğini söylüyor; ancak ben, diyelim ki bin yıl içinde, sürekli yenilik olmayacağına kesin gözüyle bakıyorum, Bu gidiş, her zaman daha fazla yeni yasa keşfedilerek sürüp duramaz. ... Bu Amerika'nın keşfi gibi bir şey —onu ancak bir kez keşfedebilirsiniz. Yaşadığımız dönem, doğanın temel yasalarını keşfetmekte olduğumuz bir dönemdir ve bu dönem asla geri gelmeyecektir. Doğal olarak, gele-

> cekte başka ilgi alanları olacaktır. ... ancak bunlar şimdi yaptıklarımız ile aynı şey olmayacaktır. ... Büyük kâşiflerin, turistler geldiğinde bölgenin yozlaştığını hissetmelerine benzer şekilde, düşünceler de yozlaşacaktır.[34]

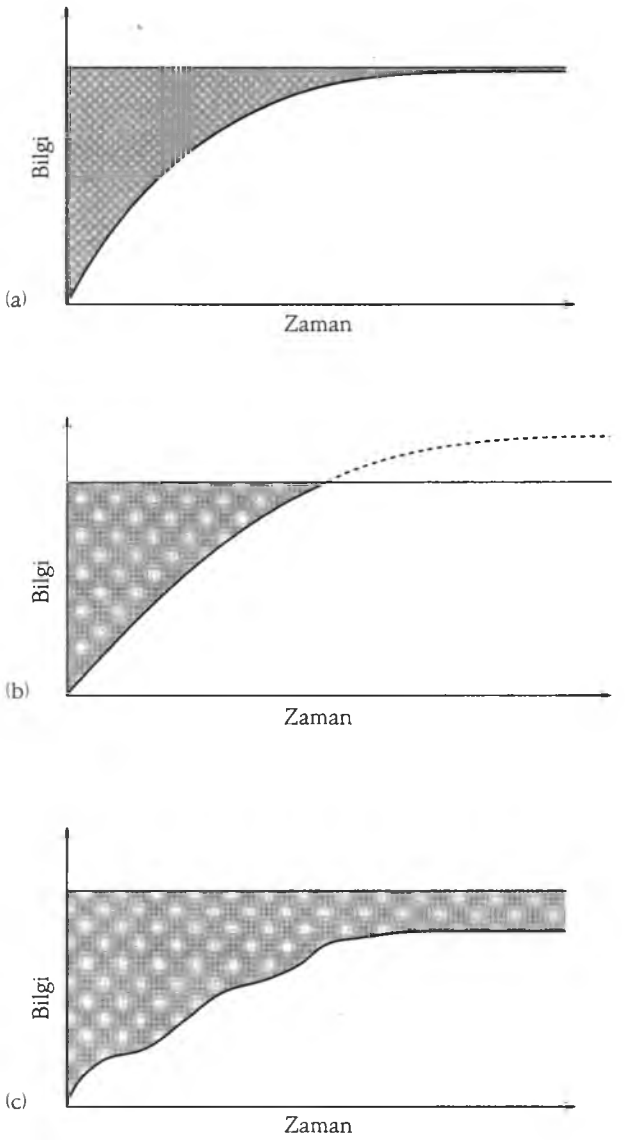
Bir başka Amerikalı bilimci, Bentley Glass; bilimin Vannevar Bush'un öne sürdüğü "sonsuz ufuklar"a sahip olup olmadığı konusunda verdiği bir konferansta, tükenebilir olan temel keşifler ile, ikincil bir etkinlik olan ve sonsuza kadar sürebilecek olan ayrıntıları doldurmak arasındaki farkı vurgulamaktadır:

> Öğrenmemiz için geriye kalanlar, gerçekten de, hayal gücünü cüceleştirebilir. Ne var ki, evren kapalı ve sonludur. ... doğanın tekdüzeliği ve doğa yasalarının uygulanabilir olması bilgiyi sınırlamaktadır. ... Bizler büyük anakara kâşifleri gibiyiz; onlar pusulanın birçok noktasında bölgenin sınırlarını saptamış ve ana dağ silsilelerini ve nehirlerini haritalamışlardır. Doldurulacak sayısız ayrıntı vardır, ama artık görünmez ufuklar yok olmuştur.[35]

Gelecek Tip 4: Doğa sınırlı, insan yetisi sınırlı

Tip 4 gelecek, sonucu en karışık olanıdır. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi başlıca üç olasılık vardır:

Şekil 3.7(a)'da gösterilen iki sınır, bir rastlantı sonucu, birbirinin aynı da olabilir; bu durumda, bilinebilen her şeyi sadece, ya sonlu ya da sonsuz sürede öğrenebiliriz. Bu, bizlere yönelik bir kozmik entrika olduğu sonucuna gider. Gore, bunun ne türden olduğu konusunda spekülasyonlarda bulunmuştu. Daha gerçekçi olursak, iki sonlu sınırın birbirinden farklı olması beklenir. Bizim yetilerimizin sınırı o denli yüksektir ki doğayı yöneten bütün temel ilkeleri saptamamızı olanaklı kılar (Şekil 3.7 (b). Bu çok olağan dışı, kendi kendine atıf yapan bir durumdur. Bu durumda, beynin (ya da onun yapay zekâlı ardıllarının), olanaklı her türden örgütlenmiş karmaşıklığı yöneten ilkelerin hepsinden daha çok karmaşıklığa sahip olması gerekir. Bu, bir hayli imkânsızdır. Daha olabilir olan, yetilerimizin doğanın yetilerinden önemli ölçüde küçük olduğu durumdur (Şekil 3.7 (c). Bu durum ise esas itibariyle, yukarıda verilen Gelecek Tip 2'ye indirgenir.



Şekil 3.7. Gelecek Tip 4'de, doğa ve insan başarısının her ikisi de sonludur. Bu geleceğin farklı biçimleri olabilir: (a) Rastlantı sonucu her iki sınır da aynıdır ve insan araştırması doğanın sınırına sonlu (ya da belki de sonlu) süre sonra erişir; (b) Doğanın kapasitesine sonlu bir süre sonra erişilir; çünkü insanlığın sınırı (noktalı) ondan büyüktür; bu Gelecek Tip 3'e benzer; (c) İnsan başarısı doğanın kapasitesinin gerisinde kalır; bu, Gelecek Tip 2'ye benzer.

Yapılacak daha kaç keşif var?

Keşif, herkesin gördüğünü görmek ve hiç kimsenin düşünmediğini düşünmekten ibarettir

ALBERT VON SZENT - GYÖRGYI[36]

Tuhaf gelebilir ama, bilimin hâlâ yapması beklenen temel keşiflerin sayısı konusunda, bazı şeyler söyleyebiliriz. Problem, bir makaledeki daktilo hatalarını düzeltme problemine benzer. Jack ve Jill adlarında iki düzeltmenin, birbirlerinden bağımsız olarak, gazete yazarlarından birinin getirdiği uzun bir makaleyi okuduklarını varsayalım. Jack'in bulduğu daktilo hatası sayısı A olsun; Jill'inki ise B. Metinleri karşılaştırdıklarında, C sayısı kadar hatayı her ikisinin de saptadıkları anlaşılıyor. Makalede bulunmamış olan hata sayısının kaç olmasını beklersiniz?[37]

Makaledeki toplam hata sayısının E olduğunu varsayalım. Bu demektir ki, hâlâ bulunacak hata sayısı $E - A - B + C$ dir. Son +C terimi, Jack ve Jill'in bulduğu ortak hatanın iki kez sayılmasını önlemektedir. Şimdi, eğer Jack'in hata bulma olasılığı p ve Jill'inki q ise, $A = pE$, $B = qE$ ve $C = pqE$ olur; çünkü birbirlerinden bağımsız olarak arıyorlar. Öyle ise, $AB = pqE \times E$ ve $AB = CE$'dir. Yanıtı bulduk sayılır: Bulunmamış hataların sayısı $E-A-B+C=AB/C-A-B+C$olur; burada bilinmeyen E niceliğinin yerine AB/C koyduk; formülümüzü yeniden düzenleyerek, bulunmamış hataların sayısının $(A - C)(B - C) / C$ olarak buluruz; Yani,

$$\text{Bulunmamış hata sayısı} = \frac{\text{(Sadece Jack'ın bulduğu hata sayısı)x(Sadece Jill'in bulduğu hata sayısı)}}{\text{Jack ve Jill'in her ikisinin bulduğu hata sayısı}}$$

Bu sonuç akla yakın görünüyor. Eğer Jack ile Jill'in her ikisi de bir sürü hata bulduysa, ama bunların içinde ortak olan hata yoksa, demek ki ikisi de iyi birer düzeltmen değil; onların bulmadığı bir sürü hata olması mümkün görünüyor.

Düzeltme işi ile bilimin geleceğinin ne ilgisi var? "Yapılacak olan daha ne kadar bilimsel keşif var?" sorusuna da aynı akıl yürütmenin

uygulanabileceği açıktır. Bağımsız düzeltmeler yerine, doğayı araştırmak için uygulanan değişik yöntemleri ele alabiliriz: Örneğin, farklı dalga boyu aralıklarında yapılan astronomik gözlemler, farklı enerji aralıklarında yapılan parçacık fiziği denemeleri. Daha sonra, ayrı ayrı araştırmaların kaç tanesinde, ne sayıda temel keşif yapıldığını, ve ne kadarının birden çok deneyde elde edildiğini sorabiliriz. Yukarıda verdiğimiz formül, kolayca, herhangi bir sayıdaki bağımsız araştırma için genelleştirilebilir; bu yolla bize, yapılacak temel keşiflerin sayısı hakkında bir fikir verir. Bunu da p ve q nun, yani herhangi bir tür araştırmada keşif yapma olasılığının değerlerini bilmemize gerek olmadan verir.[38] Harflerin yerine sayılar konmasa bile, bu formüllerin değeri vardır: Bilimin durumunu değerlendirirken, farklı araştırma yollarının, keşiflerin güçlendirilmesinde ne ölçüde etkileri olduğunu ortaya koyarlar. Doğa, son derece iç içe geçmiş karışık bir bütün olduğu için, evrenin yapısını araştırdığımız derinlik konusunda, keşifleri birbirinden tümüyle farklı gözlemsel tekniklerle tekrarladığımız ölçüde bir fikir ediniriz. Son on beş yıl boyunca parçacık fiziği ile astronomi arasındaki bağlantı konusunda görülen gelişmeler, bu karşılıklı ilişkilerin ilginç bir örneğidir. Evrenin yapısı konusundaki tahminlerimizin çoğu, örneğin çok büyük miktarlarda ışık vermeyen madde içerdiği öngörüsü, hem parçacık fiziği hem de kozmolojinin birbirinden bağımsız kulvarlardaki araştırmalarının bir sonucudur. Öyle olunca, iki ayrı araştırma yoluyla yaptığımız birbirinden tümüyle farklı öngörülere nazaran, yapılacak daha az sayıda keşif kaldığını söylememiz yerinde olur.

Özet

İstek sonsuzdur, başarı sonlu ...
arzu sınırsızdır, eylem de sınırın kölesi

WILLIAM SHAKESPEARE[39]

Bilimin ve bilimcilerin etkinliklerinin çok farklı imgeleri vardır. Bazıları bilimin tükeneceğini ima eder; bazıları sonsuz ufuklar beklentisi yaratır. Bilimin ilerlemesi konusunda çeşitli imgeler olduğunu

gördük: yükselen bir gel-git, bir yapı projesi, yaşayan bir şey, veya birbiri-ile-bağlantılı bilginin perkolasyon sonucu yayılması.

Evrenin ikili çehresini ayırt etmeyi öğrendik: Evrenin yasaları ve o yasaların sonuçları. Yasalar az sayıda ve basit, ancak sonuçlar çok sayıda ve karmaşık. Fizikçilerin bulmaya çalıştıkları "Her Şeyin Teorisi"nin anlamını düşündüğümüzde, doğanın yasalarını (yani "Her Şeyin Teorisi"ni[40]) bulma ile, bu yasaların karmaşık sonuçlarını 'anlama'yı, birbirinden ayırdetmemiz gerekiyor. Bu ayırımı yaptıktan sonra, bilimsel ilerlemenin farklı türden sınırlarını gözden geçirdik. Daha sonra da, bazı basit gelecek seçeneklerinin ana hatlarını verdik. Doğanın içerdiği bilgiler ile bizim gözlem ve akıl kullanarak elde ettiğimiz bilgiler arasındaki ilişki, dört gelecek tipinin ana hatlarını saptamaktadır.

IV
İnsan Olmak

İnsanlar, -bazıları doğru da olan- birçok şey bilir ve onları uygularlar. Sonuçlar hoşumuza giderse, buna bilgelik deriz.

HERBERT SİMON

Akıl ne işe yarar?

Hayvanların iletişim sistemleri hakkında bilmemiz gereken en önemli şey şudur: bu sistemlerin gerçekliği yaygınlaştırması beklenmez. Onlardan beklenen, bireysel organizmaların yaşama güçlerini en üst düzeye çıkarmak için, başkalarına doğru veya yanlış olabilecek şeyleri aktarmaktır.

ROBERT TRIVERS[1]

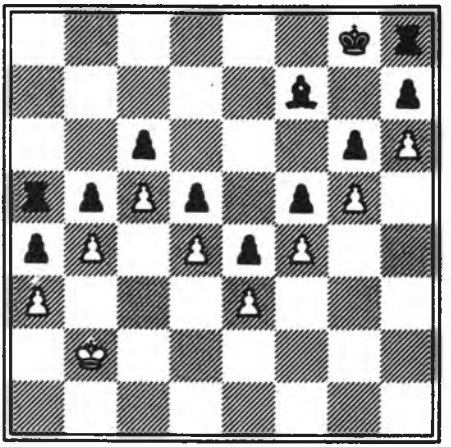
Evreni anlama yetilerimize, zihnimizin doğası gereği getirilmiş sınırlar var mıdır? Bunun ciddi bir olasılık olduğu izlenimi var gibidir. İnsan aklının bir geçmişi vardır —uzun ve değişken bir geçmiş. Bütün insan organları gibi, o da geçmişte farklı birçok deneme-yanılma yolundan geçerek günümüze ulaşmıştır. Rasgele küçük çeşitlilikler, yaşamda kalmayı ve üretkenliği sağlama yetilerine göre ayıklanmışlardır. Günümüzdeki bütün yetilerimiz, geçmişin mirasıdırlar. Eğer bu yetiler, sandığımız gibi,[2] çok uzak gelecekteki amaçlar için önceden programlanmamışlar ise, o halde bizim evreni anlamak üzere gelecekteki arayışlarımız için optimal olmaktan çok uzaktırlar.

İnsan niteliklerinden birçoğunun yaşam-sürdürme bakımından değeri açıktır. Dil olağanüstü bir avantaj sağlar.[3] Ancak ötekilerin yararları o denli aşikâr değildir. Neden esneriz? Neden kulak memelerimiz var? Müziği neden severiz? Bu tür sorular üstünde düşünürken, bazı durumlarda, en eski atalarımızın çok uzun süre yaşadıkları eski koşullarda faydalı olan özelliklerinin, kalıtım yolu ile bize geçtiğini hatırlamamız gerekir. Ne var ki, başka bazı niteliklerimizin yan ürünü olan özelliklerimiz de vardır. Bu demektir ki, etkileyici zihinsel yetilerimizin birçoğu, belirli bir yetinin kalıtımını sağlamak amacıyla doğal seçimin doğrudan bir sonucu olmayabilir. Onlar ar-

tık var olmayan çevre koşullarına başka uyarlamaların yan ürününden ibaret de olabilirler.

İnsan beyni, evrende karşılaştığımız en karmaşık şeydir. Yaklaşık 1,5 kilo ağırlığındadır; bir motor yağı kutusundan daha büyük değil. Ancak, bu küçük kütle içindeki yüz milyar nöron arasında, akıl almaz karmaşıklıkta ara-bağlantıları olan bir şebeke uzanır. Bedenimiz ve çevre hakkında bilgi alır, organları kontrol eder, ve hâlâ gizemli kalan yollarla, bilgi depolar. Öğrenir, hatırlar, unutur, düş görür, yaratır. Şansımızdan, gizem tam değildir. Beyinlerin insan-yapımı bilgisayarlarla ortak yönleri vardır. İçlerinde hazır bulunmayan her türden çeşitli "yazılım" programlarını işleme yeteneğine sahiptirler. Satranç oynamayı, uzun bölme işlemleri yapmayı, ya da her türden başka özel etkinliklerde bulunmayı öğrenebilirler. Ancak bu esnekliğin gerisinde, ev-bilgisayarımızın hard-wired ROM'una benzeyen bir sistem bulunmaktadır. Bu sistem bütün öteki programları işleme olanağı sağlar ve bizim yetilerimizin tümünü, düşünme hızımızı ve öğrenme becerimizi tanımlar.

İnsan beyninin çalışması o denli etkileyicidir ki, onun zorunluluk ve önlemlerini yanlış anlamaya yatkınızdır. Bugüne kadar yaptığımız en büyük süper bilgisayarlar insan beyninin karmaşıklığı, esnekliği ve yoğunluğu ile karşılaştırıldığında önemsiz kalırlar. Süper bilgisayarlar her zaman belirli yetilerde —özellikle basit, tekrarlanan işlerde— beyni geride bırakırlar; ama bunun bedelini, uyarlanabilirlikten ve kendileri hakkında bilgi edinmekten yoksun olmakla öderler. IBM'in satranç oynayan ve saniyede 200 milyon konumu araştırabilen Deep Blue bilgisayarı ile belki de gelmiş geçmiş en güçlü satranç oyuncusu olan dünya şampiyonu Gary Kasparov arasındaki maçlar, özel amaçlı bilgisayarların becerilerine iyi bir örnektir. İlk yarışmanın (1966'da) ilk oyununda beklenmedik biçimde berabere kalan Kasparov, oyunun bütün düzeninin değerlendirilmesini gerektiren ve Deep Blue'nun sahip olmadığı bir oyun biçimi (buna stratejik "sezgi" diyebiliriz) seçerek, durumu düzeltti. Sonunda Kasparov, 2 beraberlikle, 3'e karşı 1 oyunla kazandı. 1977'de Deep Blue'nun yeni versiyonu çok çok daha güçlüydü. Kasparov kötü oynadı ve bek-



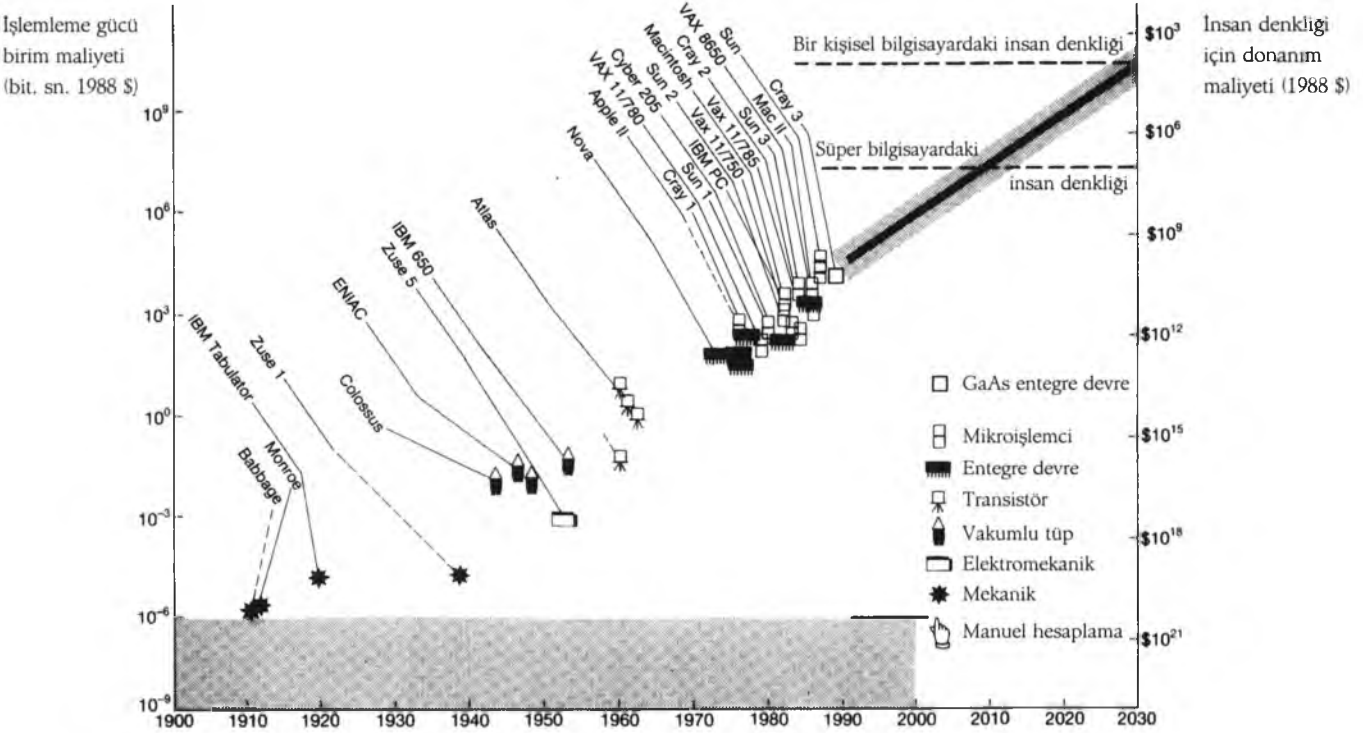
Şekil 4.1. Beyazın oynayıp beraberliği sağlayacağı bir satranç düzenlemesi. İnsanlar için basit olduğu halde, 1993 satranç-oynama programı Derin Düşünce (Deep Thought) için hiç de kolay değildi. Siyah, sayısal olarak beyazdan çok daha güçlü; ancak beyaz, beyaz piyonlardan oluşan geçilmesi olanaksız hattın arkasındaki beyaz şahı ileri geri oynatarak yenilmeyi önleyebilir. Bu durum bir insan-oyuncu için aşikârdı. Ancak Derin Düşünce, beyaz'ı oynarken hemen bir hata yaparak siyah kaleyi beyaz bir piyonla aldı. Bu, beyaz piyonlar hattını bozarak, beyaz için umutsuz bir durum yaratır.

lenmedik şekilde yenildi. Gelecekte Deep Blue'nun daha da güçlü olması bekleniyor.

Deep Blue, daha önceki satranç oynayan makinelerden önemli ölçüde üstündür ve bu hayli özel etkinlikte, insan oyuncuların çoğunun posasını çıkarabilir. Bilgisayar satranç programlarının yenildiği basit satranç problemlerinin ilginç bir örneği Şekil 4.1'de görülüyor. Bilgisayarların gücündeki büyüme ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Beynin, mantıksal uslamlama yapma, matematiksel hesaplar yapma ve kuarklardan kuasarlara kadar bütün gizemli bilgileri anlama gibi, insanı şaşırtan çok yönlü işleyişi, bizi kolayca, beynin bu işler "için" var olduğu gibi yanlış bir düşünceye götürebilir.

Çalışma odamda, Salvador Dali'nin bütün çizimlerinin ve resimlerinin kopyalarını içeren iki büyük cilt kitabım var.[5] Bu ciltler yayımcı tarafından kutu içinde bir takım olarak özenle hazırlanmış, ve ressamın yaşamı ve eserleri hakkında ilginç bir tarihî bilgi hazinesi içeriyor. Editörlerin amacı, Dali'nin eserlerini hem uzmanlara hem



Şekil 4.2. Beynin büyük bilgisayarlara karşı görece performansı. Bu grafik, 20. yüzyılda bilgi-işlem gücünün artışını göstermektedir. İnsan denkliğini ve bu denklik için gereken donanımın azalan bedelini (ABD doları ve 1988 fiyatlarıyla) gösteriyor. (Hans Moravec, Mind Children, Harvard University Press (1998) tarafından toplanan veriler temel alınmıştır.)

de ilgi duyan başka kişilere sergileyebilecek bir çalışma yapmaktı. Ama ben bu kutulanmış ağır ciltleri, harika ve sağlam bir kitap desteği olarak kullanıyorum —bu amaç için yapılmış, bulabileceğim herhangi bir kitap desteğinden çok daha iyi. Bu pek de alışılmamış bir durum değildir. Bir amaç için yapılmış bir şeyin, yapıldığında hiç beklenmeyen, hatta beklenemeyen başka amaçlar için de işe yaradığını keşfederiz. Planlanmamış bu kullanımlar, onu tasarlayanın başlangıçta düşündüğü şeyin yan ürünleridirler.

Canlı şeylerin de çoğu kez çift-yararlı olmaları şaşılacak bir şey değildir. El, goblen işlemek ya da İsviçre saatleri yapmak için gelişmemişti. Kulağın nitelikleri, özellikle müzik notalarını ayırt etmek için gelişmemişti. Ancak yine de, el ve kulak, her iki işlevde de dikkat çekici beceriye sahiptir.

Fiziksel yetilerimizin, rekabet ortamında, uzun süreli bir çevre koşullarına uyarlanma sürecinin sonucu olduğunu öğrendik. Uzun sürede, var olma şansı daha büyük olan nitelikler demeti varlıklarını sürdürecektir. Buradaki "uzun süre" insanların ve onların atalarının bütün geçmişidir ve milyonlarca yıla ulaşır. Kısa süre öncesindeki tarihimiz, her ne kadar dikkate değer ilerlemelerle dolu ise de, zaman okyanusunda sadece bir damladan ibarettir. Zihnimiz, insan aklının rasyonel ürünleri ile —bilim, teknoloji, matematik ve bilgisayarlar— sürekli meşgul olsa da, bunlar bizim için yine de yeni ve alışılmadık etkinliklerdir. Bu alanlardaki yeteneklerimizin, aklın sahip olduğu daha temel yeteneklerin bir yan ürünü olduğunu unutmamak gerekir. Bu temel yetenekler, uzak geçmişte, çevrenin bazı bakımlardan günümüzdekinden çok farklı olabileceği dönemde, var olan seçeneklere göre daha iyi bir sağ kalma şansı sundukları için edinilmişlerdi.[6] İnsanlarda evrimsel değişimin gerçekleşme hızı, doğamızda var olan yetilerimizin, yazılı tarihin kapsadığı süre içinde (yaklaşık 9000 yıl) bir farklılık göstermesine izin vermeyecek ölçüde yavaştır.

Bu basit olgu, çok büyük sonuçlara yol açar. Eğer aklımız, daha çok, atalarımızın milyonlarca yıl boyunca karşılaştığı karmaşık çevreler dizisi ile baş etmek için gelişmişse, o zaman bu sürecin, aklımızı, atalarımızın karşılaştığı problemlere uygun olan belirli eğilimlerle do-

natmış olması gerekir. Bu problemler, parçacık fiziği sınavlarını geçmeyi, ya da simetrinin matematiğini açıklamayı içermiyorlardı. Ancak bu duruma-özel şeyler, seçici avantajlar sağlayan daha temel bir şeyin yan ürünleri olarak ortaya çıkabilirlerdi. Bölüm 1'de, milyonlarca yıl önceki atalarımızın simetri duyarlılıklarının yaşam-sürdürme bakımından değerini anlattık. Cansız şeyler asimetrik olmaya yönelir; ama canlılar genel olarak sağ-sol simetrisi sergilerler. Yerçekimi nedeniyle, yukarı-aşağı şeklindeki simetri olağan değildir. Eğer hareket ediyorlarsa ön-arka simetrileri de yoktur. Karışık bir manzarada simetri olduğu farkedilirse, doğrudan size bakan potansiyel yiyecekler, eşler, saldırganlar, hemen göze çarparlar. Böyle bir farkındalık, ona sahip olmayanlara kıyasla önemli bir marjinal avantaj sağlar. Bu nedenle, ona yol açan genetik kokteylin de varlığını sürdürme olasılığı vardır; onun var olmadığı karışım ise yarı yolda kalacaktır. Çünkü bunun anlamı, saldırgan karşısında daha büyük risk, eş bulma şansının daha az olması ve büyük olasılıkla aç kalmak demektir. Dahası, olup bitene böyle bir yaklaşım, örüntülere aşırı duyarlı olmanın, gereğinden az duyarlı olmaktan çok daha iyi bir şey olduğu anlamına gelir. Ara sıra "kurt var" diye bağıran bir paranoyak olmak, büyük kötü kurt gerçekten çalılıklarda gizlenirken onu görmemekten daha iyidir.

Bu türden bir uyarlanmanın sonuçlarının mirasçılarıyız. Çağdaş koşullarda, aşırı kalabalık ya da hiçbir özellik göstermeyen manzaralarda örüntüye olan duyarlığımız canlanır. Mars'a teleskopla bakar, yüzeyinde "kanallar" görürüz. Ay'ın yüzeyinde bir insan yüzünün çizilmiş olduğunu iddia eden bir grup Amerikalı bile vardır.[7] Atalarımız yıldızlara baktığında, sabandan yılana, ayılardan avcılara kadar bir sürü örüntü gördüler. Çağdaş bilimcilerin bu eğilime daha az yatkın oldukları söylenemez: Yumurta Nebulası, Yengeç Nebulası, Atbaşı Nebula ve daha birçokları, görünümlerinin akla getirdiği isimlerle anılırlar. Bütün bu durumlarda, zihinsel yeteneklerimizin geçmişteki olaylardan nasıl etkilendiklerini görüyoruz. Bazı şeyleri ötekilerden daha iyi görme eğilimleri bize miras kalmıştır.

Aklımızın ve bedenimizin sahip olduğu yeteneklerin, köken olarak, çok eskilerde kalmış, artık içinde yaşamadığımız çevrelerdeki

sorunların çözümleri olduklarını anlamak önemlidir. Ancak bunların optimal olmalarının gerekmediğini anlamak da önemlidir. Birçok kişi, hatta daha iyi bilmesi gereken bilimciler bile; canlıların sahip oldukları akıl durduran giriftlikteki uyarlanmalardan o denli etkilenmişlerdir ki, onların kusursuz olduğunu varsayarlar. Ancak bu, gerçek olandan hayli uzaktır. İnsan gözü çok ilginç bir optik aygıttır; ama olanaklı olanların en iyisi olduğu söylenemez.[8] Bal arıları bal peteği yaparken hammaddelerini çok etkin biçimde kullanırlar; ancak matematikçiler onların daha da verimli olabileceklerini bilirler.[9] Buna şaşırmamak gerekir. Çevre koşullarına kusursuz uyarlanmanın bedeli çok yüksek olabilir. Onlara yatırılan kaynaklardaki bir aşırı kullanma, bir başka bölümdeki daha kusurlu bir uyarlanmaya yol açacaktır. Arabamız için 100 yıl garantili çok pahalı bir buji almanın ne anlamı var? Bujiden çok daha önce arabanın geriye kalan bölümlerinin kullanılamaz duruma geleceği düşünüldüğünde, hiçbir anlamı olamaz.

Demek oluyor ki, insan beyninin, en kusursuz olanaklılıktaki çok amaçlı bir uslamlama aracı olmasını beklemek için bir neden yoktur. Onun yapması gereken şey, küçük değişimlerle, benzer seçeneklerden daha iyisini başaracak duruma kavuşmaktan ve rakiplerinin beyinlerinden daha iyi çalışmaktan ibarettir. Bellek ve uslamlama yanılgılarına ve toplam kaynaklarının yalnızca bir kısmını kullanma gibi tuhaf bir alışkanlığı olmasına karşın, bunu yapmayı başarmıştır da.

Bunun anlaşılması, insan araştırmalarının gelecekteki potansiyelini ya da insan olmamız nedeniyle tâbi olduğumuz sınırlamaların evren hakkındaki bilgimizi önemli ölçüde kısıtlayıp kısıtlamadığını düşündüğümüzde, önem kazanır. Eğer akıllarımız yanılabilir araçlar ise, doğalarında var olan sınırlamaların, çevremizdeki fiziksel dünya hakkında bilebileceklerimizi nasıl yönlendirdiğini ve kısıtladığını daha dikkatli olarak araştırmamız gerekir.

Bilimciler, aklın eğilimlerinin ve sınırlarının önemli olduğunu pek düşünmezler. Onlar insan aklını, herhangi bir karmaşık probleme uygulanabilen problem çözme yetilerinin bir bileşimi olarak görürler. Hızlı bilgisayarların yardımı ile, yeterli zaman verildiğinde onun

mantığının galip geleceğine inanırlar. Bazı filozoflar da kökten farklı bir görüş benimserler. İnsan aklının evrimsel mirasını, onun yanılabilir olmasına karşı bir garanti olarak görürler. Bu postmodernist görüşün en dikkate değer savunucusu, Amerikalı filozof Richard Rorty'dir. O, bilimi, "gerçek olanı" derinden anlama arayışından çok, çevremizdeki dünya ile baş etmek için geliştirilen genel bir projenin bir parçası olarak görür. Darwin'in insan evrimi görüşünden esinlenerek, şu argümanı ileri sürer:

> Tür itibariyle hayvanlardan farklı değiliz. Bizi farklı kılan tek şey, daha karmaşık biçimde davranma yetisine sahip olmamızdır. Darwin-öncesi eski anlayış, hayvanların "her şey gerçekten nasıldır"ın anlamını kavrayamadığı, insanların ise kavrayabildiği yolundaydı. Darwin-sonrası bakış açısına göre, "her şey gerçekten nasıl" diye bir şey yoktur. Sadece nesnelerin çeşitli betimlemeleri vardır ve biz, amaçlarımızı gerçekleştirmesi en olanaklı olanı kullanırız. Çeşitli amaçlarımız olduğu için çeşitli lügatçelerimiz var. Zaman geçtikçe, yeni amaçlar ortaya çıktıkça yeni lügatçeler geliştiriyoruz. Ancak bu lugatçelerin veya amaçların hiçbiri "insan doğası" ya da "nesnelerin öz niteliği" bakımından diğerlerinden daha geçerli değildir; ama hizmet ettikleri amaçlar daha iyiye gidebilir.[10]

Bu endişeler önemli olsa da, Darwin yanlısı görüşün insan aklının kökeni konusunda kaçınılmaz sonuçları olduğu da söylenemez. Karmaşıklığın çeşitli görünümleri üzerindeki çalışmamız bize öğretmiştir ki, karmaşıklıktaki benzer değişimlerin sonuçlarında düzgün ve sürekli bir artış enderdir: kritik eşiklere ulaşıldığında büyük sıçramalar görülür. Bizim DNA'mız bir şempanzeninkinden sadece yüzde iki kadar farklıdır; ancak yol açtığı entelektüel karmaşıklık şempanzeninkinden birkaç ışık yılı ilerdedir. Olabilir ki, bütün canlı varlıklardan büyük bir sıçrama kadar ileride olmamız, sadece, doğayı betimlemek için daha kapsamlı diller türetmemize izin vermiştir. Ancak bunun yapabileceğimiz tek şey olduğunu kabul etmek, doğanın dibi olmayan bir karmaşıklık ürünü olduğu, bizim de onun yüzeyini sürekli tırmaladığımız yolundaki inancımızı gizlemek olur. Durum böyle olmayabilir. Bir alt sınır var olabilir. Daha önce gördüğümüz gibi, doğanın genişliği ve insanın keşfetme gücü konusunda çeşitli

seçenekler vardır. Şimdilik, evren, bekleyebileceğimizden çok daha anlaşılabilir olduğunu kanıtlamıştır. Maddenin elementer parçacıklarının iç uzaylarından uzak galaksilerin dış uzaylarına kadar, doğanın bütün panoramasında karşılaştığımız en karmaşık şeyin, kafalarımızın içindeki olması hayli ironiktir.

Sözcüklere güvenmek

> *Atalarımızın yaşam-sürdürmek için bazı rasyonel becerilere gerek duyduğu kuşkusuz. ... insan beyni rasyonel bir organdan çok dinsel bir organ olarak gelişti. ... Rasyonel bilim bir azınlığın ilgi alanıdır. ... Bu nedenle, gelişen ilk insan beyinleri dünyaya sembolik anlam yüklemiş olabilirler; ve daha sonra bilimsel virüs, onların torunlarından bir azınlığa ulaşmıştır; şimdi de, başlangıçta başka ikirleri taşımak için geliştirilen sinir devrelerinde gelişip serpilmektedir.*
>
> NICHOLAS HUMPHREY[11]

Aklın tarihi, onu kullananlara kötümser bir mesaj verir. Eğer, maddenin temel parçacıklarından galaksiler arasındaki en uzak uzaya kadar, evrenin işleyişindeki en derin mantığı anlamak gibi yüce bir arayış içinde isek, o zaman yeterli donanıma sahip olmadığımızı görürüz. En eski geçmişimizin bizi kuarklar ve kara delikler hakkındaki çapraşık matematik problemleri ile donatmış olması için bir neden yoktu; en soyut matematik yapıları gözümüzde canlandırma yetisine sahip olmamız için bir neden yoktu; gözümüzde canlandırma yetimizin doğa yasalarını (eğer var iseler) tanımlamaya yetecek düzeyin yakınında bile olması için de bir neden yoktu. Ne var ki, bu ifadelerin hepsi doğru olabilirse de, biz yine de nesnelerin doğası konusunu biraz daha derinden araştırmayı başarabiliriz. İyimser yaklaşım şöyle olabilir: Doğanın yapısının derinine inmemiz için gerekli olan derin ve zor kavramlar, sayı sayma, neden-sonuç, simetri ve örüntü, evet/hayır türünden sorular sorma, vb. gibi çok basit kavramlardan adım adım oluşurlar. Derin anlayışın bu basit yapı taşları, onlara sahip olanlara, evrimsel keşmekeşe katıldıklarında, açık ve basit avantajlar sağlar. Çağdaş bilimin kavramları yüzeysel olarak, çok soyut ve atalarımı-

zın yaşadığı zorlu çevrelerde yaşam-sürdürmek için gerekenlerden çok uzak görünebilirler. Ancak, onları oluşturan temel kavramların bu denli basit olması ilginçtir.

Doğanın işleyişini açıklamada matematiğin olağanüstü etkili bir araç olması, doğanın nihaî anlamda matematiksel *olduğu* kuşkusunu gündeme getirir. Eğer öyle ise, doğanın matematiksel tanımlaması aslında bir icat değil, bir keşiftir. Durum böyle bile olsa, açıklanacak bir şey daha var: Dünyaya uygulanacak belirli türden matematikleri nasıl seçtik; notasyonlarımızı ve kavramlarımızı nasıl saptadık. Sanırım bu noktada, dil yetilerimizle -hiç kuşkulanılmayacak- bağlantılar göreceğiz.

En etkileyici insan yetisidir, dil. Topluma şöyle bir baktığımızda, matematik becerilerinin çok değişken olduğunu görürüz. Okul çocuklarının çoğunluğu matematiğin zor olduğunu düşünür. Hiç kimse onu tanrı vergisi olarak bilmez. Oturup onun kurallarını ve yapılarını öğrenmek zorundayız. Ama dil, doğal olarak öğrenilir. Matematik ve müzik yeteneği olmayan çok kişi vardır; ama her sağlam insan dikkate değer bir ustalıkla bir dil konuşur. Dahası, bu yetiyi, yaşamın erken bir döneminde genetik olarak alındığı öne sürülen yollarla sergileyebildikleri görülüyor. Dinleme ve öğrenme sadece, ilk önce hangi anadilin konuşulacağını saptıyor. Bütün diller, beynin dil ile ilgili yetiler edinmesini sağlayan bir iç program taşıyan, yeterince derin bir mantıksal yapıyı paylaşırlar. Bundan başka, zihinsel kaynakların belirsiz bir süre için bu ilk dil-öğrenme programının işleyişine verilmesi gerekmez. Dil, çocuklukta öğrenildikten sonra, program kapatılabilir ve kaynaklar başka öğrenme kanallarına aktarılabilir. Anadil olmayan lisanların farklı şekilde öğrenilmesinin nedeni budur. Onların öğrenilmesi, bilinçli öğrenme çabası gerektirir; yaşlandıkça da bunu edinmek daha güçleşir.

Eski ve geleneksel toplumlarda gelişen sayma sistemlerinin birçok benzerlikleri vardır.[12] Onların hepsi nicelikler için semboller yaratır ve çoğu, nicelikleri, en çok parmak sayısı (10), ya da ayak ve el parmaklarının sayısı (20) ile bağlantılı olan gruplar ha-

linde toplar. Daha da önemlisi, bu sistemlerin, niceliklerin birleştirilmesinde yardımcı olacak kavramları -toplama dediğimiz işlemi- ve büyük sayıları ifade edecek notasyonları getirmiş olmasıdır. Burada, Babil ve eski Hint gibi bazı ileri kültürlerde "konum-değeri" notasyonu ile sıfır sembolünün kullanıldığını görüyoruz. Konum değeri çok güçlü bir notasyondur. Ona çok alıştığımız için farkına bile varmayız. Sembollerin görece konumlarının, sayısal değerleri hakkında bilgi vermeleri anlamına gelir. "111" yazdığımız zaman onun anlamının bir tane yüz, artı bir tane on, artı bir (yani yüz on bir) olduğunu biliriz. Halbuki bir Mısırlı için o, sadece bir ve bir ve bir (yani üç) demekti. Konum-değeri sistemi, boş bir haneyi belirtme gereğini beraberinde getirir. Böylece "101", bir yüz, on hanesi yok, ve bir demektir. Hint kültürünün sıfırı icadetmesi, artık evrensel olarak kullanılan bu çok etkili notasyonu tamamlamıştır.

Sayıları göstermek için kullandığımız bu alışıldık yapı, sözcüklerin görece konumlarının bilgi aktardığı dilsel yapılarla benzerlikler taşır. Dillerin, genellikle, sıfatların ve niteledikleri isimlerin görece konumlarına ilişkin kuralları vardır. Tümcelerin örüntüsünü farkederiz ve yapısındaki belirli konumlara değişik isimler ve fiiller koyabiliriz. Bütün bunlar o kadar güçlü ve geniş kapsamlıdır ki, daha basit olan başka bir amaç için kullanılmaması düşünülemez. Eski sayma sistemleri arasındaki benzerlikler ve insanların sayıları yazmak için kullandıkları notasyonlar, insanların dil içgüdüsüne çok şey borçludur. Nicelikler sembollerle ifade edilmeden önce onlar hakkında konuşulmuş olması gerekir; onlardan söz edilme biçimi, onların işaret ve sembollerle ifade edilme biçimini de etkiler. Önceleri, sayıların isim gibi kullanıldıkları görülüyor: üç taş için bir sözcük, üç sopa için başka bir sözcük, üç balık için bir başka sözcük.[13] Üçlü olma kavramı her zaman, nesnelerin kendileriyle bağlantılıydı. Bu, terim ve sembollerin aşırı çoğalmasına yol açar. Ancak sayıları sıfat olarak düşünürsek, kaç tane olduğunu belirtmek istediğimiz şeye ait sözcüğün yanına "üç" sözcüğünü koymakla, dili daha düzgün biçime sokabiliriz.

Bu yaklaşımın önemi şudur: eğer doğru ise, saymanın, dilin gelişmesi sırasında geçtiği yolları izleyerek nasıl başladığını açıklıyor. Sayma, sonunda, matematiğe yol açıyor. Matematiksel notasyon da, matematik kavramlarımız gibi, başka etkinlikler için var olan içgüdüsel aklın bir yan ürünüdür.

Çağdaş sanat ve bir kültürün ölümü

> *Günümüzde moda olan op ve pop biçimi sanat dışı şeylerin coşkulu yaratıcılık ile benzerliği, istem dışı bir yellenme gürültüsü ile Purcell'in İstemli Trampet (Trempet Voluntary) müziğinin benzerliği kadardır.*
>
> LEWIS MUMFORD[14]

Gunther Stent, bilimin kendini sınırlama özelliği konusundaki argümanının, yaratıcı sanatlarda olup bitenlere göz atmakla da desteklendiği kanısındaydı. Kendi kuşağından olan ve Avrupa kültüründen gelen birçok kişi gibi, o da, yaratıcı sanatların yöneldiği yolu anlamakta zorlanmıştı. Birçok (hatta bazıları sanat camiasından olan) yorumcunun düşüncesine göre, sanatın artık "gerçek" sanat değil sadece bir tür taşkın duygu olduğunu düşündü. Stent, duruma daha kapsamlı bir açıdan bakarak, günümüzdeki durumu, sanatçının üzerindeki kompozisyon kısıtlamalarının giderek gevşetildiği bir evrimsel sürecin sonucu olarak yorumlamaya çalıştı. Yüzyıllar boyunca, yaratıcılığın ifade edilme yollarını genişleten yeni materyal ve ortamların ortaya çıktığını gördü. Aynı zamanda, neyin betimleneceği (ya da betimlenemeyeceği) konusundaki geleneksel kısıtlamalar da giderek aşınmışlardı. Geleneğin, teknolojinin, ve bireysel tercihin getirdiği kısıtlamaların hafiflemesi sonucu ortaya çıkan yapı, daha az formal örüntülü, rasgeleye daha yakın, ve benzer özgürlük koşullarında çalışanların eserlerinden pek de ayırt edilemez duruma gelmişti.

Bütün kültürlerde, beğenilen müziğin belirleyici özelliği, ses dizilerinin, sürpriz ve öngörülebilme arasında optimum bir denge sağlayacak biçimde birleştirilmesidir. Çok fazla sürpriz, ilgi çekmeyen rasgele gürültü demektir; çok fazla öngörülebilme ise, kısa sürede zihinsel bıkkınlık demektir. Bu ikisi arasında bir yerde, ideal bir ko-

num vardır. Bu sezgi daha da belirgin olarak saptanabilir. Bir süre önce Berkeley'deki iki fizikçi, Richard Voss ve John Clarke, insan müziğinin kendine özgü bir tayf biçimi olduğunu keşfetti.[15] Bir sesler dizisinin tayfı, farklı frekanslardaki ses şiddeti dağılımını ölçme yöntemidir. Voss ve Clarke'ın keşfettiği şudur: İnceledikleri bütün müzikal formlar, kendilerine özgü, karakteristik bir tayf biçimine sahipti, mühendislerin "1/f gürültüsü" dedikleri spektral biçim öngörülebilirlik ile öngörülemezlik arasındaki optimal dengeyi kesin olarak belirler; ses dizilimindeki bütün zaman aralıkları arasında karşılıklı-ilişki vardır.

Müziğin bu belirleyici niteliğine, onu kompozisyon biçemine uygulayarak birşeyler ekleyebiliriz. Bir müzik bestesi, kompozisyon ve yorumlama kuralları ile çok kısıtlanmış bir biçemde ise, kısıtlamaların olmadığı bir biçeme göre çok daha öngörülebilirdir. Dinleyici, müziği dinlemekle, sunulanın ötesinde, biçemsel çerçeveyi saptayacak pek fazla yeni bilgi elde etmez. Bunun tersine, eğer biçemde çok az sayıda kısıtlama varsa, ses dizilerindeki öngörülebilir olmama çok fazla olabilir. Zayıf olasılıklı örüntülerin anında algılanması çok zorlaşır ve sonuç, optimal tayf örüntüsü 1/f olana göre daha az hoş bir algılamaya yol açar

Stent, müziğin daha geniş bir biçemsel özgürlüğe doğru gelişmesi gerektiğini ileri sürüyordu. Bir yandan her türde daha önce yaratılmış eserlerin giderek artması ve öte yandan dinleyicilerin beğenisinin giderek sofistike olması nedeniyle, gidilecek tek yön özgürlüğe doğruydu. Müzik eski çağlarda ritmik davulun maksimal katılığı ile başlamış; her kısıtlama düzeyinde olanaklar tümüyle kullanıldıktan sonra, kısıtlamalar gevşetilerek dinleyicilere yeni bir ifade özgürlüğü düzeyinde müzik sunulmuştur. Eski çağlardan orta çağlara, rönesanstan baroka, romantikten atonal ve çağdaş döneme, giderek gevşeyen bir kısıtlayıcılar merdiveninden aşağıya doğru gelişen müzik, bir önceki aşamadaki repertuar ve yeni örüntülerin tükenmesiyle bir alttaki basamağa doğru gelişmesini sürdürmüştür.

Bu, bilgi süreçlerini zamanla daha sofistike kılan bir gelişmedir. Müzik notasyonunun keşfi, müziği kaydetmeye ve sonradan özel

olarak dinlemeye yarayan yeni araçların bulunması, bu incelme sürecini hızlandırdı; sıradan beğenilerin kısıtlamalarından uzak olarak gelişebilecek yeni yollar sağladı. Bu gelişme süreci, 1960'lı yıllarda, bütün kısıtlamaları bir yana koyan, dinleyicilerini duyduklarından istediklerini yaratmada serbest bırakan John Cage gibi bestecilerle doruğa ulaştı. Bu, Rorschach'ın mürekkep lekesi testlerinin akustik versiyonuydu. Doyum veren örüntüler iletmek yerine, aşkın deneyimler uyandırmak istiyorlardı. Onların müziği, birbiri ile ilişkili dünyevi bir ses dizisi olarak yorum beklemez; o sadece *odur*. Müzik ile gürültüyü ayırdetme tümüyle içeriğe bağlıdır, bazen olanaksızdır, hatta arzu edilemez bile olabilir.

Mimari, şiir, resim ve heykel gibi diğer yaratıcı etkinliklerin hepsi de, kısıtlamalardan uzaklaşan benzer eğilimler sergilemişlerdir. Stent, onların tümünün biçemsel gelişmelerinin asimptotuna ulaşmak üzere olduklarından kuşkulanmaktadır. Yalnızca öznel tepkiler gerektiren, yapıdan yoksun bir nihaî durum. Müzikolog Leonard Meyer'in öngördüğü gelecek şöyleydi:

> Gelecek çağ (eğer biz şimdiden onun içinde değil isek) biçemsel durgunluk çağı olacaktır; tek bir temel biçemin doğrusal ve birikimci gelişmesi ile değil, birbirinden çok farklı birçok biçemlerin, değişimler gösteren dinamik bir kararlı durumda beraberce var olması ile nitelenecek bir dönem.[16]

Bu bozulma ve yok olma resmine karşı, bir seçenek de, geçmişteki biçemlerin tekrar ele alınıp yeniden kullanıldığı döngüsel gelişim olabilir. Popüler müzik gibi bir sanat biçimi ses üretme ve işlemlemede sürekli teknik gelişme gösterirse, o zaman eski materyalin tekrar işlenmesi çok çekici olabilir. Çok yaygın olduğu ise kesin.

Sanatsal evrimleşmenin, -basit olması için müziğin gelişimine uyarladığımız- bu kötümser resmi, kısıtlanmış yaratıcı ifadenin her düzeyinde başarıyla kullanılması halinde bile, zamanla verimi azalan türden bir gelişmedir. Bireysel yaratıcılık onun kıskacından kurtulmak için kendini kanıtlamak zorundadır. Çeşitlilik desteklenmelidir. Bu, bize düşünmek için bir fırsat verebilir; çünkü teknik ve toplumsal ilerlemeler bunun tam tersini yapar. İnsanlar ve örgütler arasın-

daki daha büyük işbirliğini ve daha basit bağlantıları, ilerlemenin bir göstergesi olarak algılarız. Ancak sanatsal yaratıcılıkta, geniş işbirliği olan yerde çeşitliliğin yok olma tehlikesi vardır. Bu konuyu, bu bölümde, yapay zekâların bizimkiler üzerindeki etkisini araştırdıktan sonra tekrar ele alacağız.

Karmaşıklık maçı: Olası-değil Dağı'na tırmanma

Beyin, yüz milyar ışık yılı genişliğinde bir evreni kavrayabilen, avucunuza alabileceğiniz bir buçuk kilogramlık bir kütledir.

MARIAN DIAMOND

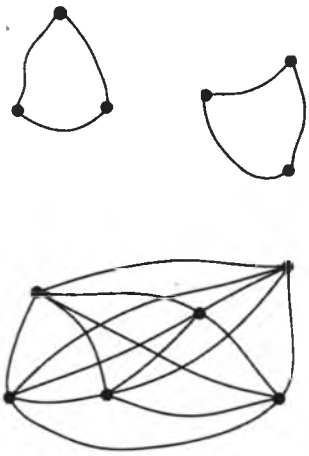
Evrenin yapısını ve onu yöneten kuralları anlama arayışımız başarılı olabilir, ya da olmayabilir. Hiçbir garanti yoktur. Bunun sonucu, aklımızın karmaşıklığı ile evrenin karmaşıklığı arasındaki eşit olasılıklı bir maçtır. Böyle bir maç yapılamayacağına göre, tahmin yürüterek, aklımızın, evreni anlamak için gerekenin ya çok altında ya da çok üstünde olacağını düşünebilirdik. Eşit olasılıklı bir maç ise, çok garip bir rastlantı olur.

Aklımızın bir uyarlanma süreci ile gelişmiş olması, zihinsel inceliklerimizin gerçek dünyanın getirdiği belirli problemler tarafından yönlendirildiği anlamına gelir. Problemleri rakiplerden daha iyi çözme yetisi bir avantaj sağlar ve seçme başlar. Eğer her şey bundan ibaret olsaydı, aklımızın 'doğa'daki doğal yapının sadece çok küçük bir bölümü ile karşılaştığı, öyleyse bunların bütün bilmeceyi açıklayacak düzeyin çok altında olması gerektiği sonucuna hemen varabilirdik. Ancak her şey o kadar basit değildir. Aklımız, sadece yaşam-sürdürmek için gerekenin çok daha ötesinde bir güce sahip gibi görünüyor. Birçok beceriye sahibiz ve bunlar, öteki canlıların sahip olduklarından 'sadece biraz daha fazla' değil. Onlardan çok daha ilerideyiz; o denli ilerideyiz ki artık doğal seçim yolu ile evrim dönemini büyük ölçüde geride bıraktık. Hareketlerimizin sonuçlarını hayal gücümüzü kullanarak gözümüzde canlandırabiliriz. Sadece hatalarımızdan öğrenmemize ve edindiğimiz bilgiyi kalıtım yolu ile gelecek kuşaklara aktarmamıza gerek yok. Bilgiyi ağız-

dan çıkan sözler ile, hava dalgaları ile, internet ile, ya da yazılı-yayım ile aktarabiliyoruz. Bu bilgi, türümüzden onu işiten her bireyi etkiler. Bilgiyi göndermek için gereken zaman artık çok kısalmıştır ve etkisi son derece yaygındır.

Geçmişte bir noktada aniden ortaya çıkmış gibi görünen ve nedenlerini hâlâ bilmediğimiz[17] bu ilginç duruma karşın, yine de sınırlı olduğumuz aşikârdır. Bizden daha hızlı ve güvenilir biçimde hesap yapan elektronik bilgisayarlar yaptık. Gelecekte yapılacak yeni kuşak makinelerin başka birçok bakımdan bizi geride bırakacağını sezmeye başladık. İnsan bilimini uzak geleceğe yansıtırsak, yapay zekâların, bizim doğamızda var olan yetilerden çok daha hızlı gelişeceği açıktır. Hatta, bir zamanlar her gün kullandığımız zihinsel becerilerimizin birçok ustalıklarını artık yapmamız gerekmediği için, yetilerimiz bazı bakımlardan gerileyebilir bile. Gençler arasında çabuk akıldan aritmetik, bir beceri olarak hızla yok oluyor; hesap makineleri onun değerini azaltıyor. Otuz yıl önce, hafta sonları bir dükkânda çalışmak isteyen bir çocuk, akıldan aritmetiği doğru ve çabuk yapmasına göre değerlendirilirdi. Şimdi bütün mallar bir tarayıcının önünden geçiriliyor, hesap fişi de makineden yazılmış olarak çıkıyor -paranın üstü bile hesaplanmış olarak.

Böyle bakıldığında, yapay zekâlı sistemlerin ve daha güçlü bilgisayar sistemlerinin gelişmesi evrimsel süreçte bir başka önemli adım gibi görünüyor; dil evrimine de oldukça benziyor. İnsan dili, bireyler arasında birçok karşılıklı etkileşimler geliştirmemizi; bilgi ve deneyimlerin ortak birikimini yapmamızı; böylece, kendi içine kapanmış bir yaşama ile öğrenmeye kıyasla daha hızlı öğrenmemizi sağlamıştır. İnsan uygarlıkları daha iyi iletişim için sürekli bir arayışa tanık olmuşlardır. Teknoloji çağında en büyük keşiflerimiz, bilgileri uzak mesafelere neredeyse anında iletmekte kullanılmıştır. Radyo dalgaları, telefonlar, optik fiber kablolar, internet, uydu iletişim sistemleri; bütün bunlar, daha çok beynin, kendilerini daha çok probleme, bundan önce görülmemiş ölçüde daha kısa zaman süresinde vermelerini sağlamıştır. Uzak olmayan bir gelecekte gezegendeki bütün bilgisayarların basit ve ucuz bir yolla global bir şebeke oluştura-



Şekil 4.3 Bağlantılar. Üç noktalı iki şebekede her noktadan çıkan iki bağlantı var; toplamı altıdır. Eğer bu altı nokta ile tek bir şebeke yapılırsa, her noktanın beş bağlantısı olur; toplamı 15'tir.

cak şekilde birbirlerine bağlanacaklarını, şimdiden öngörebiliriz. Bu gelişmeler, pek de eski sayılamayacak bir geçmişte bazı fütürologların öngördüklerinden farklı bir bilgisayar geleceğine yol açabilirler. 1943'de, IBM başkanı Thomas Watson "Sanırım, belki de beş bilgisayarlık bir dünya pazarı var" demişti. Hatta, Digital Equipment Corporation'ın (DEC) kurucu başkanı Ken Olsen, 1977'de, "herkesin evinde bir bilgisayar olması için bir neden yok" kanısında idi.

Herkes bilgisayarların giderek daha büyük, daha güçlü (ve daha pahalı) olacağını bekliyordu. Ama hiç de öyle olmadı. Bilgisayarlar gittikçe daha küçük (ve daha ucuz) oldular. Giderek daha çok kişi onlara sahip oldu ve çok büyük şebekeler halinde birbirleri ile bağlanmakla, etkileri de olağanüstü arttı. Benzer şekilde, tek bir beynin entelektüel yetilerinin daha fazla gelişmesi ile kazanılacak fazla bir şey yoktur. Beyinler, başka birçok akıl ile işbirliği yapacak ve bunun değerini algılayacak ölçüde derin bir gelişmişlik düzeyine eriştiklerinde, bunu yapmanın yararları, bireysel akılların gücünü artırmanın çok ötesinde olacaktır. Herhangi bir karmaşık sistemde en önemli olan şey, ögelerin büyüklüğü değil, onlar arasındaki karşılıklı- bağlantıların sayısıdır. Birleştirilen nokta sayısı arttıkça, bu sayı da bü-

yük bir hızla artar. Altı birleşme noktası arasındaki olanaklı bağlantıların sayısı, üçer noktalı iki ayrı şebekedeki bağlantı sayısından çok çok daha büyüktür. Şekil 4.3'de bu görülebilir.

Demek oluyor ki, hesaplamaları yapacak daha hızlı ve ucuz yollar bulma becerilerimiz konusunda spekülatif (ama inanılmaz değil) beklentiler ortaya atmaksızın bile, bilgisayar şebekelerinin çok büyük boyut ve karmaşıklıktaki problemleri ortaya çıkarıp çözdüğü bir geleceğe doğru gittiğimizi öngörebiliriz. Programların içerdiği karmaşıklık ve bu işleri yapmak için kendilerini eğiten bilgisayarların kendi programlarını yapma yetisi, zamanla, çözmek istedikleri fiziksel problemlerin karmaşıklığına yaklaşacaktır. Bunu yaptıklarında, onların bu problemleri "çözmüş" olduklarını söylemekle ne kast edildiğini sormamız gerekecektir. Eğer biz birtakım girdiler ve hesaplama kuralları sunarsak, o zaman çıktı'ya giden yol ne denli karmaşık olursa olsun, sonuç gözlemlerle uyum içinde ise, biz de sorulan problemin çözümünün verilmiş olduğundan emin olacağız.

Eğer bilgisayar bizim için çok büyük sayıda basit şeyler yapıyorsa, her birinin sonucu bizim kolayca gözümüzde canlandırabileceğimiz bir şey ise, bu değerlendirme bizim için büyük olasılıkla memnuniyet verici olurdu. Ancak, eğer bilgisayar bizim hayal edemeyeceğimiz karmaşıklıkta bireysel adımlar içeren uzun bir hesaplama süreci işlemliyorsa, o zaman, bizim ne ölçüde "anlıyor" olduğumuzdan kuşku duymaya başlarız. Karmaşık bir doğal olgunun eksiksiz bir taklidi, araştırılan olgudakine yakın karmaşıklıkta bir program içerir. Bu, betimlediği bölge kadar büyük olan bir haritaya sahip olmaya benzer: Olağanüstü hassasiyeti olan, ama pek yararı olmayan ve katlaması da son derece güç olan bir haritaya.

Bu spekülasyonlar bizi, aklımızın evreni -hatta çok küçük bölümlerini- anlamak için gerekenden ne kadar eksik olabileceğini kavramaya biraz daha yaklaştırır. Aklımızın gerçekliğin temel kavramlarını anlayamaması problemi ile karşılaşabiliriz. Evrim tarihimiz ve doğuştan sahip olduğumuz dil yetilerimiz (bunlar insandan insana pek değişmez) tarafından deli gömleği giydirilmiş gibiyiz. Eğer, örneğin, doğru bir "Her Şeyin Teorisi" formülü elde etmek için gereken bütün

kavramları sağlayacak ölçüde zeki olsaydık, bu çok şanslı bir durum olurdu. J.B.S. Haldane "Evren sadece hayal ettiğimizden daha garip olmakla kalmaz, hayal *edebileceğimizden* de garip olabilir" demişti.

Zihinsel yetilerimiz, çağdaş fizik kavramlarının aklımızda yer almasından daha önce ortaya çıkmışlardır. Böyle bir durum ile baş etmek için yegâne umudumuz, soyut kavramların her zaman daha basit düşünce gruplarına ayrılabileceğini ümit etmektedir. Her zaman yeni fikirler ile baş edebileceğimizi beklemek kolay olsa da, temel fizik teorisinin sınırlarında kullanılan matematiksel yapıların, fizikçiler için bile artık giderek daha ulaşılmaz olduğu açıkça görülmektedir. Bu gezegende, süper-sicim teorisinin matematiksel yapısını anlayabilen bireylerin sayısı görece küçüktür. Bu sayının sıfıra inmesi için, matematiksel yapıların büyüklük ve karmaşıklığının daha fazla inceltilmesine pek de gerek yoktur.

Temel fizikte bir 'alt' çizgi olduğuna inanmak, günümüzde modadır. Bu alt çizgide temel bir grup, bölünmesi olanaksız nesneler ve onları yöneten az sayıda matematik kuralları vardır; grubun dışında kalan her şey, ilke olarak, bu kurallarla tanımlanabilir. Ancak, dünya böyle olmayabilir. Rus bebekler (Matruşka) dizisi gibi, birbirini içeren, tükenmeyen bir karmaşıklık düzeyleri dizilimi olabilir; hiçbiri, bir alttaki düzeyin var olup olmadığı hakkında pek fazla bilgi vermez (ya da hiç vermez). Eğer durum öyle ise, biz tüm öyküyü anlamaktan her zamanki kadar uzağız ve uzak kalacağız demektir.

Bizim büyük karmaşık yapıları hayal edip aralarında karşılıklı ilişkiler kurma yetersizliğimiz, yukarıda sözü edilen kavramsal sınırlamalardan daha da sınırlayıcı olabilirler. Hızlı bilgisayarlar bizi zor problemler ülkesine taşıyacaktır. Şimdiye kadar, dünyanın ve mantığın basit yapıları hakkındaki bilgimizi edinmek için binlerce yıl harcadık. Basit yapılar, az sayıda temel bileşenlerden, elementer adımlarla elde edilebilen yapılardır. Burada "küçük" ve "elementer" dediğimiz, kâğıt, kalem, ya da basit hesap araçlarıdır. En kısa çözümü bile çok uzun olan problemlere nadiren ilgi duyarız. Bildiğimiz ve kullandığımız matematik, kısa gerçekler ülkesinde yaşar. Belki de en derin olan gerçekler en uzun olanlardır. Bizi en derin ve en uzun ger-

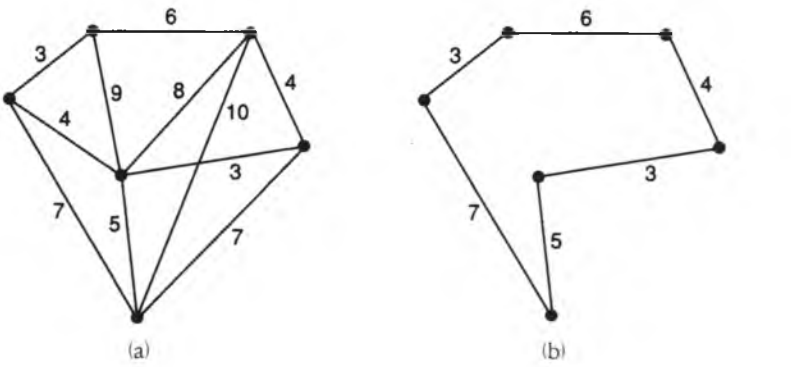
çekler ülkesine sadece hızlı bilgisayarlar götürebilir. Bu, yüksek bir dağa tırmanmaya benzer. Yardım almayan dağcı pek fazla yükselemez; halatlar ve araçlar kullanan dağcı daha yükseklere çıkabilir. Havanın seyrekleştiği yükseklikler ise daha çok yardım gerektirir: oksijen tüpleri, özel giysiler, özel besin. Ancak karşımıza, tırmanma için gereken erzak ve malzemenin taşınamayacak ölçüde çok olacağı bir dağ da çıkabilir.

İzlenebilir olmama

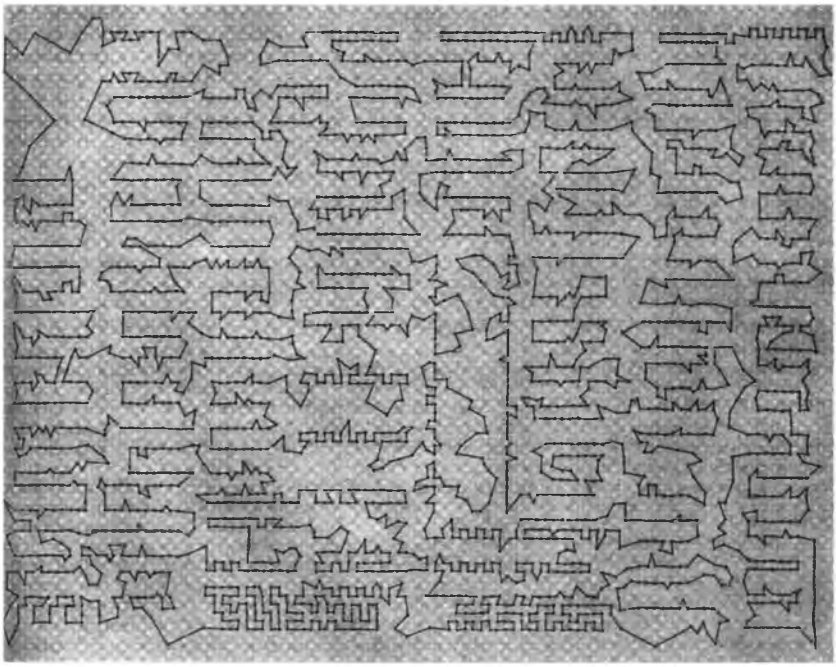
Ve İsrail'in çocukları verimliydi, bol bol arttılar ve çoğaldılar ve çok güçlendiler ve ülke onlarla doldu.

EXODUS[18]

Problemlerin ne kadar zor olabileceği sorusu, özneldir. Bir kişinin kolay bulduğunu, bir başkası zor bulabilir. Ancak, konu bu kadarla bitmiyor. Bilgisayar bilimcileri, geçen 25 yılın büyük bölümünü, bilgisayarlarla çözülebilecek problemleri zorluk derecelerine göre sınıflandırmak için bir yol bulmaya harcadılar. Bu bizi, Bölüm 7'de tekrar değineceğimiz, ilkesel olarak olanaksız olan problemler ile "pratik bakımdan olanaksız" olanları ayırt etmeğe yöneltmiştir. "Pratik bakımdan olanaksız" ile kast ettiğimiz, yazılabilecek en hızlı programla çözülmesi son derece uzun bir süre alacak problemler-

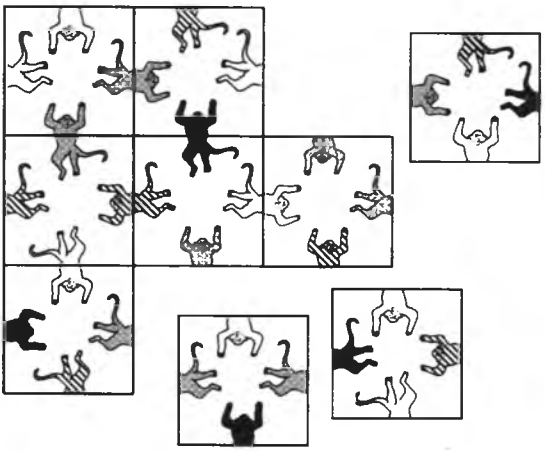


Şekil 4.4 (a) Bütün kent ikilileri arasındaki uzaklıkları gösteren, basit bir altı-kent Gezgin Satıcı Problemi. (b) Altı kentin hepsine uğrayan en kısa rota.



Şekil 4.5 Çözülmüş olan en büyük -3038 kent turu olan- Gezgin Satıcı Problemi. 1990'da David Applegate, Robert Bixby, Vadek Chvátal ve William Cook tarafından bulunmuştur. Bu, bir robotun bütün deliklere uğrayarak elektronik bağlantılar yaptığı, en kısa rotalı bir "baskı devre" tablasıdır. Çözüm, bir buçuk yıllık bir bilgisayar süresi gerektirmiş! Daha önceki rekorun sahipleri, 532 uğrak yeri olan rotayı, 27 bilgisayar saati kullanarak çözmüşlerdi. Düğüm noktaları arasındaki uzaklıkların örüntüsüne bağlı olarak, kullanılan algoritmanın, bölgelere göre nasıl değiştiğine dikkat çekeriz.

dir. Bu tür problemler genellikle, izlenebilir olmayan diye anılır. Tipik bir örnek "gezgin satıcı" dır. Bir satıcının, N sayıda kente gitmesi gerektiğini varsayalım. Kentlerin listesi ve aralarındaki uzaklıklar verildiğine göre, satıcının kat edeceği yolun toplam uzunluğunu en aza indiren optimal rotayı bulunuz. Uğranacak kent sayısı N, küçük bir sayı ise, seçenekleri sınayarak çözmek kolaydır. Ancak N çok büyüdükçe, sınama için gereken süre çok hızla artar. Genel olarak satıcıya optimal rotayı bulacak, bilinen bir reçete yoktur. Şekil 4.5'de, problemin çözülmüş olduğu en büyük rota görülüyor. Bu çözüm ticari bakımdan önemlidir. Bu, bir satıcının kent-



Şekil 4.6. Dokuz parçalı maymun bilmecesi. Dokuz karta maymunların alt ve üst yarıları renkli olarak basılmıştır. Amaç kartları 3 x 3 kare şeklinde düzenlemektir; öyle ki, kenarların bitişik olduğu yerlerde aynı renkte bütün maymunlar oluşsun.

ten kente giderken izlediği bir rota değildir. O, bir bilgisayarın devre tablasının tel bağlantılarını, kullanılan zaman ve enerjiyi minimal yapacak şekilde bağlama planıdır. Üretilen devre tablalarının sayısı çok yüksek olduğu için, üretim süresindeki herhangi bir iyileştirme, uzun-süreli üretim sürecinde büyük bir parasal ekonomiye yol açar.

Aynı türden, farklı birçok şekilde bağlantıya dayanan rota bulma problemleri vardır: Örneğin, okul programlarında öğretmenlerin ders saatlerinin çatışma olmayacak biçimde saptanması, ya da farklı boyut ve biçimdeki bir grup nesneyi içine yerleştirebileceğimiz en küçük hacmin saptanması...

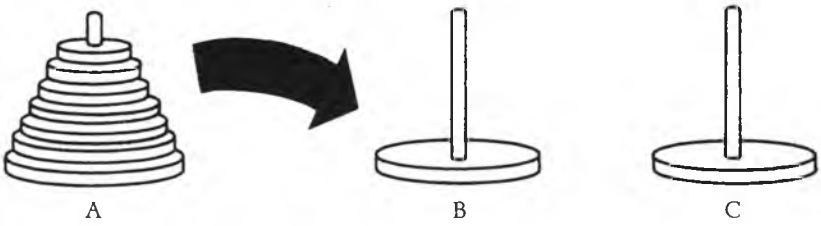
Çözülebilir olan problemleri çözmek için ne çok çalışmamız gerektiği konusunda bize daha çok bilgi verecek bilmecelerden, iki örnek daha verelim. Birincisi maymun bilmecesidir (Şekil 4.6). Bu, yoksul adamın Rubik Küpü'dür. Üzerlerinde dörder tane yarım maymunun renkli resmi bulunan, kare biçimli dokuz karttan oluşur. Oyunun amacı, kartları, bitiştikleri yerlerde maymunların doğru renk ve doğru parçaları olacak şekilde düzenlemektir. Bir bilgisayar algoritmasının, çözümü bulmak için, olabi-

lecek 9 x 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1 = 362,880 gruplaşma biçiminin hepsini tek tek gözden geçirmesi gerekir. Bu niceliğe "dokuz faktöryel" deriz ve onu 9 ! ile gösteririz. Faktöryel işlemi çok hızlı artar. 36 ! niceliğinde 41 rakam bulunur ve bu miktarda seçeneği saniyede bir milyon hızla sınayan bir bilgisayarın, on bir milyar milyar milyar yıl çalışması gerekir. Bunun bir "pratik" olanaksızlık olduğu kesin.

İkinci örneğimiz, eski çağların Hanoi Kuleleri problemidir. Problemi matematikçilere ilk kez sunan, İngiliz matematik problemleri uzmanı Walter Rouse Ball, onu aşağıdaki efsaneye atfeder:

> Benares'deki büyük tapınakta ... dünyanın merkezini işaretleyen kubbenin altında, içinde üç elmas iğnenin sabitleştirildiği bir pirinç tabak durur. İğnelerin her biri üç kübit yüksekliğinde ve bir arı bedeninin kalınlığındadır. Bu iğnelerden birinin üstünde, Tanrı'nın, onu yarattığı sırada koyduğu saf altından 64 tane disk vardır. En büyük disk, pirinç tabağın üstünde durmaktadır; ötekiler giderek küçülerek, en küçüğü en tepede olacak şekilde, konmuştur. Bramah Kulesi budur. Rahipler gece gündüz durmadan, diskleri bir elmas iğneden öbürüne geçirir ... (öyle ki, her seferinde sadece bir disk hareket ettirilecek ve hiçbir disk daha küçük olan bir diskin üstüne konmayacaktır) ... böylece 64 disk, Tanrı'nın yaratılışta koyduğu iğneden bir diğer iğneye nakledildiği zaman, kule, tapınak ve Brahmin (rahip)'ler toza dönüşecekler ve bir gök gürültüsü ile dünya yok olacaktır. [21]

Düzenleme, Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bu problemin usta yaratıcısının, rahipleri uzun süre meşgul etmek istediği ortadadır. Aslında,

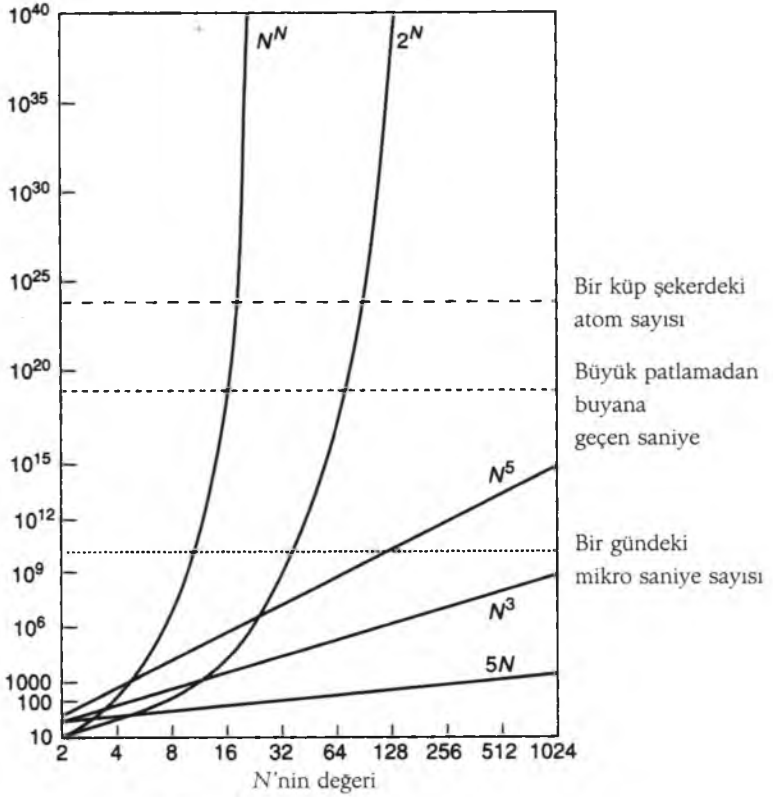


Şekil 4.7. Hanoi Kuleleri Problemi. Amaç, verilen kurallar uyarınca bütün diskleri C iğnesini kullanarak A iğnesinden B iğnesine geçirmektir.

eğer üç iğne arasında "her keresinde bir tane" yer değiştirme ve "hiçbir diskin daha küçüğünün üstüne konulmama" kuralları ile yer değiştirecek N tane disk varsa, o zaman, istenilen değişim, $2N - 1$ hareketten önce tamamlanamaz.[22] Öyleyse verilen problemde $N = 64$ olduğundan, her saniyede bir hareket gibi yüksek bir hızla gereken süre 10^{44} milyar yıldır! Karşılaştırmak için evrenin 10^{11} yıldan daha az bir süredir genleştiğinin sanıldığını dikkate alalım. Eğer işlemi küçülterek, transferleri aktarmak için saniyede 1 milyar hareket yapan bir bilgisayar bile kullansak, yararı olmaz; hâlâ 10^{44} yıl gerekir.

Problemlerin her ikisi de, işlenecek ögelerin sayısı olan N büyüdükçe, çözüm için gereken algoritmaların sayısının, N 'nin herhangi bir matematiksel kuvvetinden (yani, herhangi bir k sayısı için N^k 'dan) daha hızlı arttığı problemlere birer örnektir. Öte yandan, çözme zorlukları N 'nin bir kuvveti gibi artan problemler, **P** sınıfı içine giren problemlerdir. Burada **P**, polinom sınıfını simgeler. Yani onlar, büyüklükleri N 'nin matematiksel kuvvetine bağımlı olarak artan sürelerde çözülebilirler. Bunlara "kolay" problemler diyebiliriz. Bilgisayar ve hesap makinesi kullandığımız şeylerin çoğu bu türdendir —örneğin, sayı listelerini toplamak, bir adres rehberindeki herkese gidecek toplu postalamada zarflara adres yazmak. Bunun tersine, ne Maymun bilmecesi, ne de Hanoi Kulesi bulmacası **P** sınıfındadır; çünkü, hem 2^N , hem de $N!$, N büyüdükçe N 'nin *herhangi* bir k kuvvetinden daha hızlı büyürler. Şekil 4.8, N büyüdükçe, söz ettiğimiz sayıların nasıl büyüdükleri konusunda bir göstergedir.

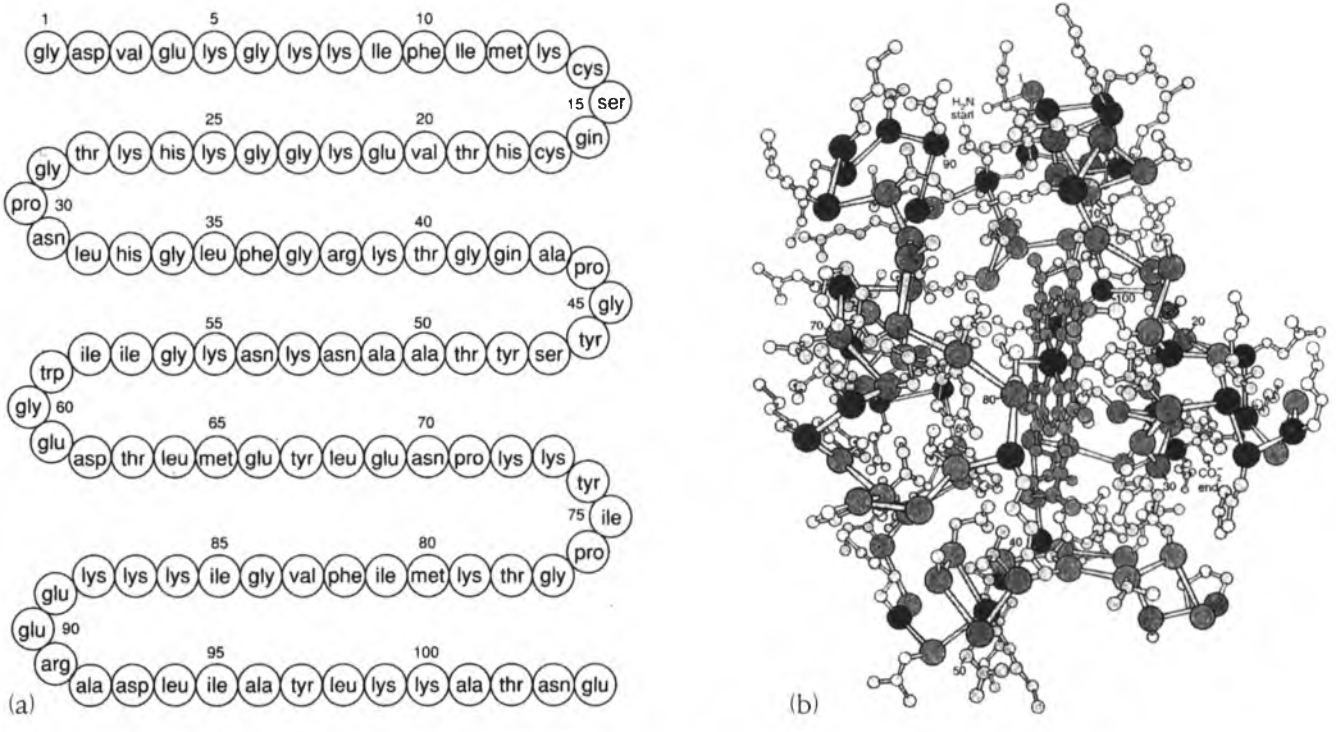
Daha zor olan problemler **NP** sınıfındandır. **NP** non-deterministic polinomial'in kısaltılmasıdır. Bunlar, çözümleri polinom zamanda doğrulanamayan problemlerdir.[23] Şekil 4.8'deki en dik eğriler, **NP** problemlerini karakterize ederler. Dikkat ederseniz, bütün bu örneklerde, yalnızca programların işleyiş süresine odaklandık; bilgi işlemlemenin ürettiği bilgileri depolamak için gereken hacim hakkında hiçbir şey söylemedik. Adımların sayısı N arttıkça, 2^N gibi büyüyen iddiasız bir işlemlemede -ve her bir bit bilgi tek bir protona yazılarakbile, işlemlenen bilgiyi depolamak için, kısa sürede, görünebilen bütün evren gerekecektir; çünkü evrende sadece 10^{79} proton vardır.



Şekil 4.8. *N* büyüdükçe *5N, N3, N5, 2N* ve *NN* 'nin büyüme hızı ile, referans olarak verilen başka bazı büyük sayılar.

Uygulamada, verilen herhangi bir problemin polinom sürede çözülemeyeceğini ispatlamak çok zordur (verdiğimiz örnekler basit problemlerdir). Şimdilik, NP olduklarından kuşkulanılan bin dolayında problem vardır. Günümüz matematiğinin en büyük çözülmemiş problemlerinden biri, NP problemi olmayan bir problemin, bir P problemi olup olmadığını saptamaktır; yani, eğer doğrulamak için polinom süresi gerekiyorsa, polinom sürede çözümün bulunup bulunamayacağıdır.*

* NP problemleri, çözümün doğruluğunu kontrol etmek için gereken süre bakımından tanımlanırlar. Çözümü bulmak çok daha uzun süre gerektirebilir. (ç. n.)



Şekil 4.9. Bir Protein katlanma problemi: (a) *Cytochrome c* proteini 104 amino asitten oluşur; bu birkaç saniye içinde (b) 'ye katlanır, (b) Kararlı bir üç boyutlu yapıdır.

Bilinen NP problemlerinin hemen hepsinin içerdikleri zorlukların birbirlerine çok benzemesi dikkat çekicidir. 1970'de, Berkeley'deki University of California'da doktora öğrencisi olan Stephen Cook, büyük bir keşif yaptı: Bütün NP problemlerinin, polinom sürede yapılabilecek genel bir dönüşüm yöntemi ile, mantıktaki tek bir problemle bağlantılanabileceğini gösterdi.[24] Bunun anlamı şudur: Eğer birisi, *herhangi bir* NP problemini kısa sürede çözecek bir yöntem bulursa, o zaman, *bütün* NP problemlerini kısa sürede çözmek mümkün olabilir.

İzlenebilir olmama, moleküler biyolojide şaşırtıcı bir probleme yol açmıştır. Her canlı organizma, amino asitlerin kolye boncuklarına benzeyen zincirlerinden oluşmuş proteinler içerir. Amino asitler doğru sırada olduklarında DNA, proteinin nasıl katlanarak üç boyutlu karmaşık bir geometrik yapı biçimine dönüşeceği konusunda bilgi verir. Bu sürece *protein katlanması* denir. Şekil 4.9'da bunun bir örneği[25] görülüyor.

Moleküler biyologların çözmek istedikleri problem şudur: Eğer belirli bir doğrusal amino asit zinciri ile başlarsak, onun katlanacağı belirli üç boyutlu şekil nedir? Birkaç milyon amino asitten oluşan zincirlerin, bir saniyede nihaî örüntülerine katlanmaları dikkate değerdir. Son biçimin, yapıya dayanak vermek için gereken enerjiyi minimal yapan biçim olduğunu düşünüyoruz; ancak biz bir bilgisayarı protein katlamak için programladığımızda, bunun olanaksız olduğu görülüyor. Zincirde sadece 100 amino asit olsa bile, katlanmanın gerçekleşmesi için 10^{27} yıldan fazla bir süre gerektiği görülüyor! Kafamızı biraz daha karıştırmak için olsa gerek; matematikçi Aviezri Fraenkel, 1993'de, protein katlanma probleminin, bizim ifade ettiğimiz hali ile NP-complete bir problem olduğunu, bu nedenle Gezgin Satıcı Problemi ölçüsünde izlenebilir olmadığını gösterdi.[26] George Rose ile meslektaşları tarafından, akıl yürütme programlaması kullanan ve işlemleme araştırmalarını genişleten başka bazı çalışmalar yapılmıştır.[27] Sistemin katlanmasına yardımcı olmak için çeşitli yaklaşık girdiler verip, her olanağı aramasına gerek kalmaması için bilgisayara bazı basit kimyasal ilkeler anlattılar. Bu teknik, katlanmış protein yapısı hakkında birçok şeyi öngörebilmektedir. Görülen o ki, doğal seçim süreci, özellikle kolay kat-

$(3^{349}-1)/2$

=

163790195580536623921741301546724495839239656848327040249837817092396946863513212041565096492200805419718247075557971445689690738777729730388837174490306288873892840412

=

940428508899845109982891523204385417985320180216539562837411932116540252801854591741654974087525646474638899948053399094433426684968705461152492287884070820660886049 9

×

Şekil 4.10. 1997'de Indiana Üniversitesi'nden Samuel Wagstaff ve meslektaşları tarafından verilmiş olan, bir sayıyı iki asal çarpana ayırmanın bilinen en büyük örneği.

lanan proteinlerden olmayan canlı sistemler yapılandırdı; ya da katlanma probleminin doğa tarafından kusursuz bir hassasiyetle çözülmesi gerekmiyor. Her seferinde yaklaşık aynı şeyi yapmak yeterli olabilir. Ufak hataların öldürücü olduğu proteinler yaşamlarını sürdüremiyorlar. Bazı bilim adamları ise, doğanın, işlemlemelerini bizim yaptığımız gibi seri biçimde değil, daha çok bir "kuantum" bilgisayarı gibi, büyük ölçüde paralel biçimde yapabileceğini ileri sürüyor.[28]

Günümüzde çok büyük sayıların çarpanlarını bulmak gibi ifadesi çok basit olan problemlerin izlenebilir olmaması o ölçüde ki, onlar çağdaş şifreleme problemleri için bir temel oluşturuyorlar.[29] Şifreyi kırmak için yapmanız gereken tek şey, çarpıldıklarında örneğin 100 rakamlı bileşik bir sayıyı verecek iki asal sayı çarpanını bulmaktır. Bilgisayar için bunu yapmak o kadar uzun bir süre gerektirir ki, uygulamada şifremiz güvendedir. Bugüne kadar iki asal çarpana ayrılmış en büyük sayı 167 rakam uzunluğundadır; çarpanları da 80 ve 87 rakam uzunluğunda. Indiana Üniversitesi'nden Samuel Wagstaff ve meslektaşlarının bu başarısı 100,000 saatlik bilgisayar işlemleri ile sağlandı.[30] Bu sayılar, Şekil 4.10' da görülebilir.

Bu örnekler bize, zor problemleri çözmek için bilgisayar (veya herhangi bir hesaplama yöntemi) kullandığımızda izlenebilir olmamanın ne anlama geldiği hakkında ufak bir fikir veriyor. Bilgisayar

teknolojimiz ne denli ilerlemiş olursa olsun, her zaman astronomik uzunlukta işler yapmaya çalışmak durumunda olacağız (galaksimizde sadece 10^{11} yıldız olduğu, görülebilir evrende daha bir o kadar galaksi olduğu düşünülürse, "astronomik" uzunluk, gerçekte biraz küçük kalıyor gibi). Kendimizi, evrenin bilgiyi kodlamak için kullandığı şifreyi kırma halinde bulacağız. doğanın yasaları, evrenin başlangıçtaki durumunu gelecekteki bir karmaşık duruma dönüştürebilir; öyle ki, hem bu değişimi gerçekleştiren yasaları, hem de şimdiki durumu bildiğimiz halde, işlemler izlenebilir olmadığı için, bu süreci ters çevirip başlangıçtaki durumu elde etmeyi başaramıyoruz.

Bu problem insanın zihinsel becerilerinin yetersizliği olarak gündeme geldi. İlke olarak basit olan, ancak tamamlaması çok uzun zaman gerektirdiği için uygulamada yardımcısız bir hesaplayıcı-insan için olanaksız olan hesaplamalar olduğunu çok iyi biliyoruz (kâğıt-kalem kullanarak ilk iki milyar sayıyı yazmayı bir deneyin). Bilgisayarların gelişmesi bizi bu problemden kurtarmıyor. Hatta çok büyük sayıda bilgisayarı bir ağ olarak birleştirsek bile, doğal durumdaki karmaşık olayları tümüyle anlamak, bizim onları çözümlemek için verebileceğimiz süreden daha uzundur. Yaşam kısadır; hesaplamalar ise çok, çok uzun olabilir.

Öncü ruh

> *Yeni Gineliler bile dağlarda yaşam-sürdürmeye yetecek doğal yiyecek bulamaz. Uçaklardan erzak atılmaya başlamadan önceki dönemlerde, sahilden yedi günlük yoldan daha içerlere giren keşif seferlerinde bu, ileri geri gidip gelen hamal ekipleri ile sağlanırdı.*
>
> JARED DIAMOND[31]

İnsan yetileri, sürekli genişleyen bilgi ile baş etmek gibi bir sorunla karşılaştıklarında, birbirleri ile bağlantılı akılların bilgi ve işlemleme olanaklarının bir havuzda toplanması, gelecekteki önemli bir olasılıktır. Eğer sadece şimdiki bilgi edinme hızımızı tırmandırırsak, o zaman bir insan kapasitesi krizine doğru gidecekmişiz gibi görünüyor. Günümüzde, bilim öğrencilerinin matematiksel bilimin sınırla-

rında neler olup bittiğini anlamaya başlayacak donanıma sahip olmaları için, altı yıllık orta öğretimden sonra üç yıllık bir üniversite eğitimi gerekiyor. Sonra da, yardım almadan bilime katkıda bulunabilmeleri için, genellikle iki ya da üç yıl daha gerekiyor. Bu eğitim süreci, bilimsel araştırmacılar için optimal olacak şekilde düzenlenmiş değildir; birçok insana eğitim vermek durumundadır. İnsan anlayışının uçlarından birine ulaşmak için hayli zaman ve çaba gerektiği açıktır. Öğrencilerin çoğu bu uçlardan birine erişemiyor. Bilgimiz derinleşip genişledikçe bir uç noktaya ulaşmak daha da uzun süre alacaktır. Bu duruma ancak daha çok uzmanlaşma ile karşı konabilir; o zaman sınırın daha küçük bir bölgesi amaçlanacak; ya da çıraklık ve eğitim dönemi uzatılacaktır. Bu iki seçenek de tümüyle doyurucu olmaktan uzaktır. Artan uzmanlaşma, evren anlayışımızı bütünlükten yoksun kılar. Ön eğitim süresinin uzaması, yaratıcı birçok bireyi, kesin bir sonucu olmayan böylesine uzun bir yola çıkmaktan alıkoyabilir. Başarılı bir araştırmacı olmadığınızı anladığınızda, birçok başka mesleğe girmek için çok geç kalmış olabilirsiniz. Daha da önemlisi, bilinen şeyleri sindirip araştırma sınırına vardığında, bilimcinin erken yaratıcı dönemi geride kalmış olacaktır.

"Bilginin hem büyümesi hem de bölünmesi" problemi ile şimdiden karşı karşıyayız. Masanızdaki telefona bir bakınız. İşleyen bir telefon yapmak için Her Şeyi Bilen kaç kişi var? Bilinmesi gerekenler akustik, elektronik, plastik tasarım, ekonomi, reklam, muhasebe, metal işleme, malzeme bilimi, üretim mühendisliği, kimya, paketleme, vb... Hiç kimse bütün bunları gerekli düzeyde bilmez. Aynı şey, evlerimizde bulunan bütün teknik araç-gereç için de geçerlidir: Bilgisayar, elektrikli daktilo, mikrodalga fırın, müzik seti, televizyon: bunların hepsi ortak etkinliklerin ürünleridir. Çeşitli konulardaki uzmanların çalışmalarını koordine etmeyi öğrendik; böylece, kişisel katkıların verimi, ayrı ayrı çalışmaların toplamından büyük olmaktadır. Bir kişinin telefon üretmek ve pazarlamak için gereken her konuda uzman olmasını istese idik, telefonlar hâlâ ilkel ve oldukça ender araçlar olarak kalırdı. Bilim de öyledir; hayli ortak çalışma gerektirir. Teorisyenler nadiren deney yaparlar. Önemli deney ve gözlemler, çe-

şitli becerileri olan büyük gruplarca yapılır: Yöneticiler, mühendisler, fizikçiler, istatistikçiler, bilgisayar bilimcileri, elektronik uzmanları gibi. Bilimin hızla ilerlemesi de, aynı şekilde, bu işbirliklerinin verimini yansıtır. Astronominin, parçacık fiziğinin, ya da moleküler biyolojinin sınırlarını zorlayan en pahalı projeler, şimdiden o denli ayrıntılı ve maliyetli oldular ki, uluslararası işbirliği gerektirmekteler.

Bu durum, uzaklaşan bilimsel sınırlar problemini, ve beraberinde, onlara ulaşmak için gerekli olan bilgi artışı problemini, bazı etkinliklerimize ilişkin ortak çabaları genişleterek aşabileceğimiz beklentisini gündeme getiriyor: İnsanlar yerine giderek bilgisayarların hâkim olduğu bir ortak çalışma. Hudut boylarını olabildiğince menzilimizin içinde tutma yolundaki geleceğe dönük strateji, iyimser olmak için neden oluşturuyor. Bu bilimsel gelecek, giderek artan uluslararası işbirliğini öngörüyor. Bunda birçok yarar olabilecek gibi görünüyor. Bilimsel işbirliği şimdiden, karşılıklı insan etkinlikleri için bir model oluşturmuştur. CERN'de deneysel fizik alanında yapılanlara benzer büyük uluslararası projeler, başka birçok uluslararası konulardaki çabalara damgasını vuran akıl dışı tutum ve önyargıların çoğundan sıyrılmıştır ve sorun olmadan yürümektedir. Bu, belki de onların aynı amaç için çalışan görece az sayıda birey içermelerinin bir sonucudur. Ya da belki, bilimsel düşünme alışkanlığında tüm etkinliğe yansıyan bir şey vardır. Bu açıdan bakıldığında, bölünme ve aşırı uzmanlaşma sorunlarının hepsinin yanıtının, işbirliğinin giderek daha yoğunlaşacağı bir gelecek olduğu görülüyor. Ancak, bu tümüyle iyi bir haber mi acaba?

Çeşitliliğin sonu

Sadece birleştir...

E.M. FORSTER

Bilgisayarların ve bilgi işlemleme biçimlerinin geleceğini öngörmek şansa kalmış bir iştir. Dışardan masumca bakanlara, ilerleme hızlı ve kuşku edilmez görünür. Ancak, yakın zamanlardaki ilerlemenin yönüne bakarsak, geleceğe yönelik açık işaretler görürüz. İlerleme, otuz yıl önceki bilginlerin sandıkları gibi, giderek daha çok bil-

gi işlemleyebilen ve depolayabilen daha büyük tek-makineler yapmak değildir. Tersine, bilgisayarlar giderek daha küçük ve daha ucuz olmaktadır. Büyüyen, şebekelenme yeteneğidir: Giderek artan sayıdaki küçük bilgisayarlar arasında bir ağ oluşturarak, birbirleri ile bağlantılı ve çok çok büyük bir bilgisayarın gücüne erişmek. Doğa oraya daha önce ulaşmış. Bu, insan beyninde ve doğal dünyadaki öteki karmaşık örgütlerde gelişmiş olan bir örüntüdür. Bunların bazıları, bir karınca toplumundaki çapraşık örgütlenmeler gibi, canlı bir şeyin, ya da bir türün nelerden oluştuğu konusundaki önyargılarımızı gündeme getirip sorgulamamıza yol açar. Üyelerinin farklı becerileri ve işlevleri olan bir koloni geliştirerek, belirli bir ortak verimlilik optimize edilmiştir. Bilgisayar ve araştırma bilimcileri, beynin işleyişini anlamaya, onun bazı 'hile' ve becerilerini yinelemeye çalışırken, bilgi iletişim kanallarını paralel olarak bağlayacak, daha hızlı ve daha iyi çalışacak yeni yöntemler öğrenmeyi umabiliriz.

Şimdi de, birleşmeye yönelen bu genel yaklaşımın daha geniş sonuçlarını ele alalım. Günümüzde bunun en çarpıcı örneği İnternet ve ona eşlik eden World-Wide Web'dir (Dünya Çapında Bilgisayar Ağı). Bunlar insan etkinliklerinin ve mesleklerinin birçoğunun görünümünü değiştirmiştir. Bu değişikliklerin çoğu olumludur. Ekonomik bakımdan az gelişmiş ülkelerde çalışan bilimciler artık bilimdeki ve tıptaki gelişmeleri anında izleyebilecekleri yollara sahiptirler. Elektronik çağ öncesi, aşırı pahalı basılı-dergilere abone olmak zorundaydılar. Artık yeni bilgiler, neredeyse anında bütün dünyaya iletilmektedir. Araştırma grupları artık telefon, faks, posta ücreti gibi masraflardan kurtulabilir. Bilgisayar yoluyla konferanslar düzenleme, henüz yaygın olmasa da, seyahatlere daha az masraf yapma şansını sağlar. Bilimsel sürecin veriminin arttığına kuşku yok. Benim kendi alanımda ilerleme, 1950'lerde ve 1960'ların başlarında önemli ölçüde yavaşlamıştı. Bunun nedeni, Princeton'daki ve Bell Laboratuvarlarındaki, dünyanın en önde gelen araştırma gruplarının, evrendeki kozmik arka-plan mikrodalga radyasyonun daha önce teorik olarak öngörüldüğünden haberdar olmamalarıydı. Ama böyle şeyler artık pek kolay yer alamaz. Şimdi iletişim olanakları çok daha hızlı ve geniş kapsamlı.

Her türden insan bilgisi arasında karşılıklı-bağlantıların artması, eğitimciler için birçok avantaj sağlamaktadır. Peki, ya sakıncalar? Onlar nadiren tartışılır. Ne var ki, ufak da olsalar, eğer var iseler, uzun sürede avantajların üstüne çıkmaları mümkün olabilir. Kontrol edilemeyen bir bilgisayar virüsünün her şeyi yok etmesi, ya da aşırı kullanma nedeniyle onu aşındırarak durma noktasına getirmesi, insanın daha fazla bilgi edinme arayışını ortadan kaldırmayabilir; ama bu olumsuz etkenler insan ilerlemesini belirli yollara yöneltebilir. Sistemin çok başarılı olması da, bizzat, düşünme biçimimizi geriye çekebilir. Hiç dikkat çekmeksizin, sorulan soruların ve bulunan yanıtların türlerini belirlemede etkin olabilir.

Küresel bağlanımcılığın bilimciler üzerindeki en belirgin etkisi, geniş uluslararası işbirliği ile gruplaşmayı kolaylaştırması ve yüreklendirmesidir. Bu işbirliği daha geniş (ve genellikle hayli çekişmeli) politik beklentileri olan, ekonomik bakımdan gelişmiş ülkeleri de içerir. İnternet, araştırmayı uzaklıktan ve ölçekten bağımsız kılar. Değişik ülkelerdeki grupların planlarını birleştirmek kolaydır. Avrupa Birliği, bilimsel yönden ileri ülkelerdeki araştırmacıları, daha az gelişmiş ülkelerdekileri eğitmek ve yardım etmek amacı ile teşvik edip araştırma şebekeleri kurarak, bu yakınlaşmadan yararlanmaya çalıştı. Bu eğilimin olumsuz bir etkisi var: Görüşlerdeki çeşitliliğin azalması. Bu, uzak gelecek söz konusu olduğunda çok daha artabilir. Yavaş yavaş her konudaki araştırmaların tek bir araştırma grubuna dönüşme eğilimi baş gösterir. Geçmişte, dünyanın farklı bölgelerindeki araştırma grupları, bir problem için kendi yaklaşımlarını belirledikten sonra, başka gruplarla karşılıklı etkinliğe girerlerdi. Şimdi durum farklıdır. Tek merkezli model artık kuvvetli destek bulmakta ve genç araştırmacılar, onların ayrıntılı incelikleriyle uğraşmaktalar. Bunun sonucu, artan bir uzmanlaşma ve odaklanmaya gidilmesidir. Bu sadece araştırılan konu ile değil, araştırılma biçimi ile de ilgilidir. Kişiler arasındaki iletişim azalıyor; kitaplar ve yayınlanan dergilerle temas en aza indiriliyor. Bu eğilimlerin ortak sonuçları olması bir paradokstur: şans eseri yeni şeyler keşfetme olasılığının ortadan kalkması. Bilimsel dergiler, "astronomi" ya da "matematiksel fizik" gibi çok genel olabilen

başlıklarla karışık bir yığın makale yayınlarlar. Eğer 1980'lerin ortalarında *Soviet Astronomy* dergisinde çıktığını anımsadığınız bir makaleyi aramanız gerekse, konu veya yazar indeksinin birkaç cildini gözden geçirirdiniz. Anımsadığım kadarıyla, bu araştırma, hemen her zaman sizi ilginç başka şeyler keşfetmeye götürürdü; bazıları ilgilendiğiniz konuda, başka bazıları ise konuyla ilgisiz ama belleğinizde bir gün uygulanacaklar dosyasına konabilecek ölçüde ilginç. Buna karşılık, bir bilgisayar arşivi, aradığınız her ne ise onu, beklenmedik bir şey keşfetme riskine girmeden bulmanıza izin verir. İnsanlar bakımından bu sonuçlar pek farklı değildir. Eğer bilgisayar şebekesinden uzmanlığınız dışındaki konularda bilgi edinebilirseniz, öğrenmek istediğiniz şeyleri sormak için başka insanlar bulmaya çalışmazsınız. Bilgisayardan yararlanmak çok kolaydır; halbuki tartışacak başka insan bulmak, meşgul kişilerin kaçınmayı yeğleyeceği bir çaba gerektirir.

Global bilgisayar bağlanımının bütün olumsuz sonuçlarının bu iki basit örnekle tüketildiği düşünülmemelidir. Bu örnekler, kullanılan iletişim aracının türünde, beyinler arasındaki karşılıklı etkinliklerde, bilimsel girişimin gündeme getirdiği sorularda ve şans eseri beklenmedik keşifler yapma olasılığında nasıl göze çarpmayan değişikliklere yol açabileceğini göstermektedir. Çok uzun bir süre içinde bu etkiler, çarpıcı ve tersine çevrilmesi olanaksız olabilirler.

Bilim her zaman kendi sonunu hazırlar mı?

> *Dünyadaki en merhametli durum ... insan aklının, bütün içerdikleri arasında karşılıklı-bağlantılar yapma yetisinden mahrum olmasıdır. ... Her biri kendi doğrultusunda çabalayan bilimler, şimdiye dek bize fazla zarar vermediler; ancak bir gün, birbiri ile ilişkili olmayan bilgilerin bir araya gelmesi, gerçekliğin o denli korkutucu bir manzarasının ufuklarını ortaya koyabilir ki ... bu gördüklerimizden ya aklımızı kaçırırız, ya da bu öldürücü ışıktan kaçıp yeni bir karanlık çağın huzur ve güvenine sığınırız.*
>
> H.P. LOVECRAFT

Bilgi, beraberinde tehlike de getirir. Ya iyi kullanılır, ya da kötü. Amaçlanmış veya rastlantısal felaketlere yol açabilir. Bilimsel bilgi

ve teknik uzmanlık hızlandıkça, onun tehlikelerini farketmeye başladık. 20. yüzyılın ikinci yarısında insanlık, gelişiminde kritik bir duruma ulaştı. İlk kez, kendini yok edecek güçte bir global felaketi başlatma olanağına sahip. 1950'lerde ve 1960'larda, politik ve askerî liderlerin birkaç yanlış adımının bir nükleer felakete yol açabilecek olduğunu biliyoruz. Günümüzde, hiçbir doğal korunma olanağına sahip olmadığımız yeni hastalıklar bizi tehdit etmekte; sorumsuzca sanayileşme, geriye çevrilemeyecek iklim değişikliklerine yol açmış olabilir. Bu değişimler gezegenimizdeki rahatı azaltacak, en sonunda da onu yaşanması olanaksız bir yere dönüştürecektir. Doğal besin ve hammadde kaynakları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Hiçbir geleceğin olmayacağı bir gelecek hayal etmek zor değildir. Teknolojinin gelişmesi ve politikanın kuralları azaltma eğilimi, son derece güçlü araçları ve süreçleri, giderek daha çok, nitelikleri kurallarla belirlenmemiş ellere bırakmaya doğru yönelmektedir. Yaşamsal önemdeki bilgilerin saklanması ve yönetiminin bilgisayar sistemlerine bırakılması, hırsızlık, manipülasyon, ya da kötü amaçla kullanma riskini giderek artırmaktadır. Bu hassas sistemler, karmaşıklıkları arttıkça, risklere karşı daha korunmasız hale gelmektedirler.

Oldukça karamsar bir tablo çizmeyi özellikle seçtim. Teknolojik toplumların, kendilerini yok edecekleri olanaklara sahip olduktan sonra hiç ilerleyemeyeceklerini düşünmenin akla yakın olduğunu göstermek istiyorum. Eğer nükleer silahlar Almanya veya ABD'de biraz daha erken keşfedilmiş olsaydı, İkinci Dünya Savaşında birçok durumda kullanılabilirlerdi. Ayrıca, temel fizik araştırmalarını geliştirmek için gereken teknoloji ile kitlesel imha silahları sanayii arasındaki yakın bağlantıyı farketmek de önemlidir. Birincisini inceleyen dünya-dışı bir uygarlık, ikincisini üretecek olanağa da sahip olacaktır. Aynı şey biyolojik ilerleme için de geçerlidir. Biyolojik silahlar çok büyük miktarlarda üretilmiş, ancak sadece küçük devletlerin yöresel savaşlarında kullanılmışlardır. Kolayca başka türlü de olabilirdi. Burada da, biyokimyayı anlamada temel önemi olan ve tıptaki soruları yanıtlama gibi alkışlanacak bir amaçla esinlenmiş bir ilerleme, zorunlu olarak, uygulamada karanlık bir potansiyele sahiptir. Bizimkine benzer bilimsel kül-

türlerin içlerinde, kaçınılmaz olarak, kendi yok oluşlarının tohumlarını taşıma olasılığının varlığını ciddi biçimde düşünmeye bizi yönelten ve birçok bilimde var olan, bu Janus* benzeri özelliktir.

Bu analiz, eğer doğru ise, kavramsal ya da teknolojik sınırlamalardan endişe etmemiz gerekmediği anlamına geliyor. Tam tersine, bizim sonumuzu getirecek olan şey, sınırların *yokluğudur*. İlerleme ve keşif için duyduğumuz içgüdüsel arzu, işlerimizdeki gidişatı ters çevirmekten bizi alıkoyacaktır. Demokrasi eğilimimiz, örgütlerin etkinliklerini düzenlememizi engelleyecektir. Çok uzun süreli planlamadan ziyade kısa dönemli avantaja olan eğilimimiz, tipik bir insan ömrü boyunca algılanmadan yavaş yavaş ve derece derece kötüleşen felaketleri önlememizi engelleyecektir.

Eğer felaket bizi sarmalayıp yutmayacaksa, tartıştığımız bu sorunları ve henüz yüzlerini göstermemiş olan birçok başka problemi aşmamız gerekecektir. Ustalığımız ve toplumsal sorumluluğumuz bu meydan okumayla baş edecek ölçüde olsa bile, sorunları aşma isteği, kaynakların kullanımına ve bilimcilerin yoğunlaşacağı problemlere o denli hâkim olacaktır ki, kültürümüz önemli ölçüde değişecektir. Bilgi uğruna yapılan yatırımlar, insan kaynaklarının giderek artan büyük bir israfı olacaktır. Önde gelen bilimcilerin, savaş zamanlarında saldırı ve savunma için yeni teknikler bulmak amacıyla oluşturulan timlere yazılmış olmaları gibi; geleceğin bilimcileri de, çalışmalarının, yaşamı tehdit eden global problemleri çözmek gibi vicdani ya da zoraki gerekçelerle, yeni yönlere saptırıldığını görebilirler.

Ölüm ve bilimin ölümü

*Doğa, Mr. Alnutt, bizim onu aşmak üzere içine konulduğumuz şeydir.***
KATHARINE HEPBURN[32]

Bilimin gelişmesinin, canlı varlıklarla ortak birçok yönü vardır. Fikirler çoğalır ve değişir; başarılı olanlar yaşamayı sürdürerek bilgi-

* Janus: Eski Roma mitolojisinde başı iki yüzlü olan bir kapı tanrısı (ç.n.).

** Afrika Kraliçesi filminde Humphrey Bogart'a söylenen sözler (ç.n.).

yi geleceğe aktarır. Yaşayan şeyler, yok olmaktan azade değildirler; tek tek mesleklerin ölümsüz olmadıkları gibi. Bilimin sürebileceği, önemli ölçüde yavaşlayacağı, ya da fiilen durabileceği bazı olasılıkları ele aldık. Uygulamada bilimin sınırlarını belirleyen şey, bilinebilecek şeyler konusundaki kısıtlamalar değil, daha ziyade, bilimcilerin sınırlı olmasıdır. Bu nedenle, insanın yanılabilir olmasının giderek daha çok önemli olduğu bir gelecek düşünebiliriz. Yanlışlar yapıldığında ve yanlış sonuçlar çıkarıldığında onları, yanlışın düzeltilmesi için geçen süreye göre sınıflandırabiliriz. Bazıları neredeyse hemen düzeltilir; soğuk-füzyon gibi bazıları daha uzun süre alır. Aristo'nun hareket teorisi gibi bazıları ise bin yıldan uzun süre karşı koyar. Bilimsel başarıların hatalardan fazla olduğu çevrelerde yaşamaya alışkın olduğumuzdan, evren hakkındaki sınanmış ve geçerli bilgi stokumuz, yavaş yavaş artmaktadır. Kolayca elde edilebilen bilgi damarlarının tükenmesiyle, yeni gerçekler için daha derin kazmak zorunda kalacağız. Bu gerçekleri bulmak daha zor olacaktır. Yanlış ve eksik formülasyona daha açık olduklarından, teknolojik yeniliklere temel alınmak için daha az güven vericidirler. İlerlemenin, yanlış çıkarımların istisnadan ziyade kural olduğu ve bilimsel bilginin güvenilmezleştiği bir yerlere geleceğini kolayca hayal edebiliriz.

Bilimsel ölümün örüntüsü ile insanların yaşlanması ve ölümü konusundaki bazı teoriler arasında ortak çok şey vardır. Olgunluk çağımızda, DNA kopyalanma hataları genetik kodumuza eklenmiş olan hata-düzeltme işlemleri ile çabucak düzeltilebilir. Yaşlandıkça bu düzeltme işlemleri giderek daha az etkili olur ve kopyalama hataları birikerek ölümcül düzeye yükselebilir. Bu senaryo, güvenilir bilginin gelişimine uygulandığında, insanı hiç de görkemli olmayan bir sona götürür: Bir ani patlama ile değil, belirsizlikler ve küçük hataların yükselen gel-git'ine yenilmiş bir iniltiyle sona eren bir dünyaya. Bunlar önceleri sadece verimi düşürür; sonunda etkileri felçlere yol açar ve zaten az olan kaynaklar çarçur edilir. Daha önce, insanın yanılgıya açık olmasının evreni tam olarak anlama arayışımızın amacına ulaşmasına bir engel oluşturup oluşturmayacağı sorusunu ortaya atmıştık. Bu yanılgı özelliğinin, güvenilir bilginin art-

masını durdurarak, onu, varlığımızı sürdürmeyi tehlikeye düşürecek ölçüde, nihaî amacının gerisinde bırakıp bırakmayacağını da düşünmemiz gerekir.

Sınırların psikolojisi

Bir hokkabaz ile bir psikolog arasındaki fark şudur:
Tavşanı şapkadan çıkarır biri; hayvanın huylarını saptar diğeri...
ANONİM

İnsan aklının sınırlarının, bilimin nihaî başarılarını nasıl etkileyebileceği konusunu tartışıyoruz. Bu tür bir çalışmanın da aklın ustalığının bir ürünü olduğunu anımsayarak, bunun getirdiği bir önyargının var olup olmadığını sorgulamamız uygun olur. Bilimin sınırları hakkında söylenenlerde, psikolojik bir unsurun katkısı var mıdır? Belirli bir bilimsel deneyim, bilimin gelecekteki ilerlemesi bakımından özel bir yaklaşıma bizzat yol açabilir mi? Olanaklı bazı karşılıklı-ilişkileri ele alalım.

Eğer bir bilimci, yaratıcılık döneminin doruğunda ise ve yeni sonuçlar hızla ve bolca geliyorsa, o zaman bu altın dönemin sona ermesini istemez; ermeyeceğine, eremeyeceğine inanır. Bu hızlı hasat döneminin, eski bir teorinin çürütülmesinin bir sonucu olması ve bunda kendinin baş rolü oynamasının, onun inancını güçlendirmesi beklenir. Buna karşı, bir bilimcinin yaratıcı güçleri inişe geçmiş ise, onun, araştırma alanının tümüyle daha az verimli olduğuna, yeni keşiflerin meyvelerinin giderek azaldığına ve bir gün tümden tükeneceğine inanması, kendi için rahatlatıcı bir düşünce tarzı olabilir. İnsanın, kendi yaşam örüntüsünün, bilimin tümü için geçerli bir şablon olduğunu düşünmesi kolaydır. Bu eğilimin, bilimdeki yaratıcı etkinlik düzeyi ile bağlantılı olmaması ilginçtir; hatta negatif olarak ilişkili de olabilir. Bir zamanlar etkin olan bir araştırmacı, kendi gücünün zayıflaması gerçeğini, kendi konusunu başkaları heyecanla ileriye taşırken, daha derinden hissedebilir. Bu durumda, konunun daha önceki liderleri, bu ilerlemenin tüm doğrultusuna (çoğu kez felsefi nedenlerle) şiddetle karşı koyma eğilimindedirler. Eğer bir zamanlar

benimsenmiş olan bilimsel düşünce akımına karşı gelerek önemli ilerlemeler başarmışlar ise, kanıtlar ne denli güçlü olursa olsun, aynı şeyi tekrar yapmaya eğilim gösterirler.

Bilimin sınırlarını düşünmenin yalnızca yaşlı bilimcilerin uğraşı olup olmadığını merak edebiliriz. Genç insanlar, eğer başarılı bilimciler olacaklar ise çözülebilir problemleri çözme arzusuyla dolu olmak zorundadırlar. Ancak, bilimciler ne kadar genç iseler, öğrenci olarak sistemli eğitim çıraklığına tâbi olmaya o kadar yatkındırlar. Bu dönemlerinde sadece çözülebilir problemlerle karşılaşırlar; onları eğitmenin pratik gereksinimlerini karşılama, bilgilerini niceliksel bir ölçeğe göre değerlendirme, çözüm için daha ziyade kâğıt kalem gerektiren ve uygun bir zaman süresinde tamamlanabilen problemlerle çalışma gerekçeleri, bir önyargıya yol açar. Bilimcilerin eğitimindeki bu önyargı, matematiksel bilimlerle çalışanların bilinçaltında, bütün problemlerin çözülebilir olduğu varsayımına yol açar. Öğrenciler matematik ya da fizik eğitimi için üniversiteye geldiklerinde, bütün entegrallerin ve diferansiyel denklemlerin tam çözümlerinin var olduğuna inanırlar. Bunun doğru olmadığı aşikârdır; ancak öğrenciler sadece tam çözümleri olanlarla karşılaşmışlardır. Mesleklerine araştırma öğrencisi olarak başlayanlar, birçok yeni ve daha ileri konuyu öğrenmek zorundadırlar. Bu öğrenimi nasıl yaptıkları önemlidir; çünkü bu onlara sınırlamalar getirecektir. Kolay bir yol seçmek, yeni bir konuyu iyice denenmiş standart bir ders kitabından ya da deneyimli bir hocadan öğrenmek, avantajlı görünebilir. Belki öyledir, ama dikkatli olun. Deneyimler göstermektedir ki, bir konuda değişik fikirlere sahip olma olasılığınız, ancak onu ilk öğrendiğiniz süreçte yüksektir. Bu süreci, başkasının bulguladığı etkili bir standart yaklaşımının güdümüne bırakırsanız, onu yeni bir bakış açısıyla görme şansınızdan vazgeçmiş olursunuz. Eğitimde globalleşme, tek bir kişi tarafından video bağlantıları ile birçok insana ders verme olanağı sağlar ve aşikâr bir sürü avantajı vardır; ancak ileri düzeyde olumsuzlukları da vardır.

Bazı bilimciler, mesleklerini, bilimsel kaderimizde dramatik değişim umutları veren bazı girişimlere adamışlardır. Çok küçük etkilerin deney sınırları içinde yer almasını sağlamak için, teknik becerile-

rimizde ani bir ilerlemeden medet umarlar. Dünya dışı akıllı varlıklar aramakla uğraşabilirler; bu arayışın beklentileri, uygarlıkların uzun süreli geçmişi konusunda iyimser varsayımlara dayanmaktadır. Onlar, ilerlemenin evrensel bir faktör olduğuna güvenirler. Olmazsa bavullarını toplayıp evlerine dönmek zorunda kalırlar.

Etkin bilimci olmayan yorumcular, çoğunlukla, bilimin geleceği konusunda güçlü görüşlere sahiptirler; psikolojik bağlantılara da daha yatkındırlar. Bilim dışı kişiler, bilimin kapsamı dışında olan hiçbir şey olmadığını ve asla da olmayacağını düşünmekten hoşlanırlar. Bu dinsel bir itki olabilir ve Tanrı'nın varlığını kanıtlamak için, "Aralıklar Tanrısı" gibi son derece sofistike bir biçime geliştirilebilir. Bazen de, biraz fazla başarılı imiş gibi görünen herhangi bir etkinliğe duyulan kıskançlık vardır. Bu, sadece yorumculara özgü insancıl bir tepki de değildir. Uzun yıllarını ve çok büyük miktarda enerjisini, başarısızlığı kanıtlanabilen bir araştırma doğrultusuna yatırmış olan bir bilimcinin, yön değiştirip yeni bir yol izlemesi ender görülür. Yeni projeyi kabul etmekte zorlanırlar (çoğu kez onu, kendilerinin vazgeçmek zorunda kaldıkları projeden kavramsal olarak daha az yaratıcı bulurlar) ve aşırı eleştirici bir yaklaşım benimseyerek, kendi kavramlarından hiçbir zaman beklemedikleri ispat standartları isterler.

Özet

> *Nasıl olur da, on milyar civarında güvenilmez bileşenden oluşan bir mekanizma güvenilir biçimde çalıştığı halde, on bin bileşenden oluşan bilgisayarlar düzenli olarak hata yapar!..*
>
> JOHN VON NEUMAN[33]

Bu bölümde, evren hakkında bilebileceğimiz şeylere, insan olmamız nedeniyle gelebilecek sınırların bazı olası yollarını tartıştık. Aklımız, bilim düşünülerek tasarlanmamıştır; evrim de onu öncelikle bu amaca uyarlamamıştır. Sahip olduğumuz nitelikler, artık var olmayan eski koşulların yol açtığı sorunlar sonucu ortaya çıkmıştır. Bizler, sosyal ilişkiler kurma, yaşayacak güvenli yerler bulma, yiye-

cek sağlama, çok sıcağı ve çok soğuğu önleme, eş cezbetme, tehlike ve saldırıdan korunma, mümkün olduğu kadar çok çocuk yapma yetilerinden oluşmuş bir paketiz. Bilimsel akıl yürütme yetimizin, bambaşka, çok daha sıradan amaçlar için seçilmiş yetilerin bir yan ürünü olduğunu anlamalıyız. Bu durumda, evrenin işleyiş biçimini anlamak için gereken kavramsal yetiye sahip olmamız için bir neden yoktur. Evrenin hem yaşama yol açacak ölçüde karmaşık, hem de bir canlı türünün sadece birkaç yüz yıllık ciddi bilimsel çalışma sonucunda onun en derin yapısını anlayabileceği ölçüde basit olması, kozmik boyutlarda bir rastlantı gerektirir. Evrenin bize kolaylık olsun diye oluşturulduğunu ummak için bir neden yoktur.

Bu kötümser öngörünün nasıl önlenebileceğini gördük. Belki de, evreni anlamak için gereken -ve yabancısı olduğumuz- kavramlar, yaşam-sürdürme oyununda sağlayacağı avantajlar için aklımızın kalıtım yoluyla sahip olduğu, sayı sayma, neden ve sonuç, ya - ya da gibi çok basit temel kavramlardan yavaş yavaş oluşturulabilirler. Makineyle-hesaplama alanındaki becerileri düşündüğümüzde, çok basit yönergelerin tekrarlanması ile nelerin başarılabileceğini anlarız.

Bu, kavramsallaştırma konusundaki kendi zihinsel kapasitemiz ile evreni anlamak için gereken arasındaki ayrıntı aralığını kapatmaya yardım etse bile, problemlerimiz yine de bitmiş sayılmaz. Evrenin basit yasalar kullanarak doğa'da yarattığı durumlardaki muazzam karmaşıklığı da çözmekle karşı karşıyayız.

Evreni anlama uğraşı, en karmaşık ve uzun doğal süreçlerin işleyişini taklit eden bilgisayarların yardımını gerektiriyor. Ne yazık ki, bu bizim için çok büyük izlenebilirlik problemleri ile karşılaşmak demek oluyor. Adım adım işlemleme ile çözülebilecek problemler bile, çok uzun süreler (evrenin yaşından da uzun!) gerektiren bir sürü küçük problemler içeriyor. Doğal süreçlerin davranışını taklit eden yepyeni yöntemler bulamazsak, bu pratik zorluklar bizim öngörme, üretme, açıklama ve evrenin işleyişini anlama yetilerimize güçlü bir sınır getirecektir.

İnsanların bilimsel girişimi, tek bir aklın işi değildir. Çoğu kez, bireysel akılların sınırlarını bağlantılı ortak etkinliklerle aşabilen, ortak

bir etkinliktir. Bu, yapay olarak çok büyütebileceğimiz bir güçtür. Gelecekte, bilgisayar şebekelerinin artan kullanımı, bireysel sınırlarımızı aşmak için bize güçlü bir araç sağlayacaktır. Sonuç olarak yapacağımız şey, insan beyninin büyük ölçekli versiyonunu yapay olarak geliştirmektir. Uluslararası bilgisayar ağlarını oluşturmakla bu sürecin nasıl başladığını gördük. Bu evrimsel gelişmenin avantajları olmakla birlikte, tuzakları da vardır. Bağlantıların genişlemesi, çeşitliliğin ortadan kalkmasına yol açabilir. Ve avantajları olmakla birlikte, her derde deva da değildirler. Çok fazla işlemleme süreci gerektirdikleri için uygulama bakımından çözülemez sayılan, izlenebilir-olmayan problemler, yerlerini korumaktadırlar.

V

Teknolojik Sınırlar

Daha önce gizli ve yasaklanmış güçlere sahip olmayı şiddetle arzulayan sihirbazlar, simyacılar, astrologlar ve büyücüler olmasaydı, yine de bilimin ortaya çıkacağına ve önemli olacağına inanıyor musunuz?

FRIEDRİCH NIETZSCHE[1]

Evren ekonomik bakımdan tutarlı mı?

İçinizden hanginiz, bir kule yapmak istediğinde önce oturup, bitirmek için yeterli kaynağı olup olmadığını anlamak üzere maliyetini hesaplamaz?
ST. LUKE[2]

Olanaklı geleceklerimizi düşündüğümüzde, ilerlemeye tümüyle ideal biçimde yaklaşmak kolaydır: Yapılabilecek her şeyin yapılacağını düşünmek. Uygulamanın böyle olmadığını biliyoruz. Batı demokrasileri gittikçe artan biçimde, ekonominin baskısı altındalar. Sınırsız paramız olsaydı severek girişeceğimiz, bir sürü önemli bilimsel araştırma var. Çok pahalı projeler hakkında karar vermemiz gerektiğinde, bu sorunlar öne çıkar; örneğin, tıbbi hatalar için tazminat gerekmesi, ya da *Ariane-5* roketinin fırlatılması gibi bir projenin felaketle sonuçlanması ve yüzlerce milyon sterlinin bir anda çöpe atılması gibi.

İlke olarak başarılabilir olduğu halde uygulamada başarılamayacak birçok şey vardır. Bu bölümde, bu tür pratik sınırlamaların bazılarını inceleyeceğiz. Bunların hepsi değilse de, bazıları temelde parasal maliyet problemleridir. "Maliyet"in daha genel bir yorumlanması da vardır ve bilgi edinmenin çeşitli biçimlerini analiz etmemize olanak sağlar. Termodinamiğin ikinci ilkesi bize bilgi edinmek için bir iş yapmamız gerektiğini söyler.[3] Bu düşünce biçimi çok geneldir ve bize herhangi bir hesaplamanın maliyetini saptama olanağı verir. Herhangi bir insan etkinliğinde, bir problemin çözüm yöntemine sahip olmak yeterli değildir. Onu kullanmanın zaman, para, enerji ya da işlemleme gücü bakımından maliyetini bilmemiz de gerekir. Bu bilgi, daha iyi, yani daha maliyet-efektif bir yöntem bulma olanağının yolunu açar.

20. yüzyıl öncesinde, bilimin ilerlemesi konusundaki tartışmalarda, bilgi edinme maliyeti çok az gündeme gelirdi. Günümüzdeyse bu önde gelen bir etkendir. Geçmişte, deney yapmak oldukça ucuz ve küçük ölçüdeydi. Beyefendi bilimciler araç gereçlerini kendileri yaparlardı; deneyler de, günümüz lise bilim sınıflarında görülen boyuttaydı. Endüstri devrimi, bilim ve teknoloji ortaklığını başlattı; bu da, 20. yüzyıl fiziğine damgasını vuran atom-altı fiziği araştırmalarına yol açarak, kalabalık deney timlerini ve "büyük bilim"in gelişmesini başlattı. Bu tür araştırmalarda maliyet, araştırma projesinin fizibilitesinde temel etkendir. Dört yüz yıl öncesindeki keşif yolculuklarındaki problem de aynı olsa gerek. İlke olarak, denizleri sınırsızca araştırmak için deniz filoları gönderilebilirdi; ancak uygulamada, bu yolculuklar için sponsorlar, sponsorlar için de, yaptıkları yatırımların bazı getirileri olması gerekliydi.

Teknolojinin bilime bakışında, bu maliyet ve yarar faktörleri egemendir. 19. yüzyılda ise önemli etken, ilerleme düşüncesiydi. Avrupa ülkelerinin hızla endüstrileşmesi, teknolojik ilerlemelerin bir sonucuydu. Darwin ve Wallace'ın[4] doğal seçim ilkesini keşfetmesi, farklı bir ilerleme kavramı getirerek bunu tamamladı. Bu düşüncelerden esinlenen Nietzsche ve Spencer[5] gibi filozoflar, yeni bir görüş ortaya sürdüler. Bazen bilimin "Faustvari" görüşü olarak adlandırılan bu görüş, insanlığın, doğa güçlerini baskı altına almak ve onları kendi yararına kullanma amacıyla kontrol etmek için sürekli uğraş verdiğini ileri sürer. Nietzsche bunun, uzak ve pek bilinmeyen geçmişte insanların yaşam-sürdürmesindeki önemli etkenlerden biri olan ve kalıtımla aldığımız, kökleri derinde yatan bir 'çevreyi kontrol etme içgüdüsü'nden kaynaklandığı kanısındaydı. Çevre koşullarını kendi yararına dönüştürme arzusu ve becerisi, insanların ayırt edici bir özelliğidir. Nietzsche'nin deyimi ile "erk istenci" (will to power), teknolojinin, çevrenin doğasını teknolojik yöntemlerle kontrol etmekte kullanılmasında da görülmektedir.

Bu ise abartılı bir görüştür. Her ne kadar bunun bilim için bir dürtü olduğu yadsınamazsa da, tek etken bu değildir. Yine de, manipülasyona dönük bu perspektif, bizim, uygulamalı bilimsel etkinliklerin ve yan ürünlerinin kapsamına bakış açımızı aydınlatmaktadır. Bu

bölümde, etkinliklerimizi kısıtlayabilecek sınırlamaların bazılarını ele almadan önce, doğanın manipülasyonunda yapmış olduğumuz ilerlemeye değineceğiz. Manipülasyonlarımızın ne ölçüde başarılı olduğuna bakmadan önce, kozmik plandaki durumumuza daha yakından göz atmamız gerek. doğanın yapısını anlamak istiyorsak, kozmik öyküdeki büyüklüğümüzü ve konumumuzu bilmekle, doğayı neden manipüle etmemiz gerektiğini ve yapay olarak bunu nasıl başarabileceğimizi daha açıkça anlayabiliriz.

Neden bu konumdayız

Hayat bir manzara ya da bir bayram değildir; o bir baş belasıdır.
GEORGE SANTAYANA

Biyokimyacılar, "canlı" nitelemesi için gereken karmaşıklık düzeyinin kendiliğinden gelişebilmesinin, ancak, karbon elementinin olağan dışı kimyasal özellikleri baz alınırsa gerçekleşebileceğine inanırlar.[6] Bu, canlı karmaşıklığının bir başka element baz alındığında *var* olamayacağı anlamına gelmez; sadece, karbon-dışı bir yaşamı tohumlamak ya da başlatmak için de, karbon bazlı yaşam gerektiğini söyler. Örneğin, günümüzde silisyum elementinin fiziğini (kimyasını değil) temel alan oldukça özel bir örgütlü karmaşıklığın, "yapay yaşam" hatta "yapay zekâ" nitelemesini hak edecek ölçüde ilerlediğini görüyoruz. Ne var ki, bu gelişme ancak, daha önce var olan karbon bazlı yaşamın (yani biz!) yardımı ile gerçekleşmiştir.

Karbon elementi yıldızlarda üretilir. Evrendeki maddenin yüzde 99.99999'unu oluşturan basit hidrojen ve helyum elementleri, evrenin genişlemesinin ilk birkaç dakikasında, evren günümüzde olduğundan çok daha sıcak ve yoğun iken, ortaya çıkmıştır.[7] Evrenin şimdiki yapısı ve geçmişteki tarihi hakkındaki ilginç "Büyük Patlama" (Big Bang) teorisinin en büyük başarılarından biri, ilk aşamadaki nükleer reaksiyonların ürettiği bu elementlerin ve öteki hafif elementlerin çok bol olduğunu, başarı ile öngörmüş olmasıdır. Başlangıç döneminde evrende oluşan hidrojen ve helyum, yıldızların içinde yanarak karbon, oksijen, nitrojen ve fosfor gibi daha ağır biyolo-

jik elementlere dönüşürler. Yıldızlar, yaşamlarının sonuna geldiklerinde patlayarak, yaşamın bu yapı taşlarını uzaya saçarlar. Bu elementler orada yoğunlaşarak, tanecikler ve gezegenler oluştururlar. En sonunda da vücudumuza girmeyi başarırlar.

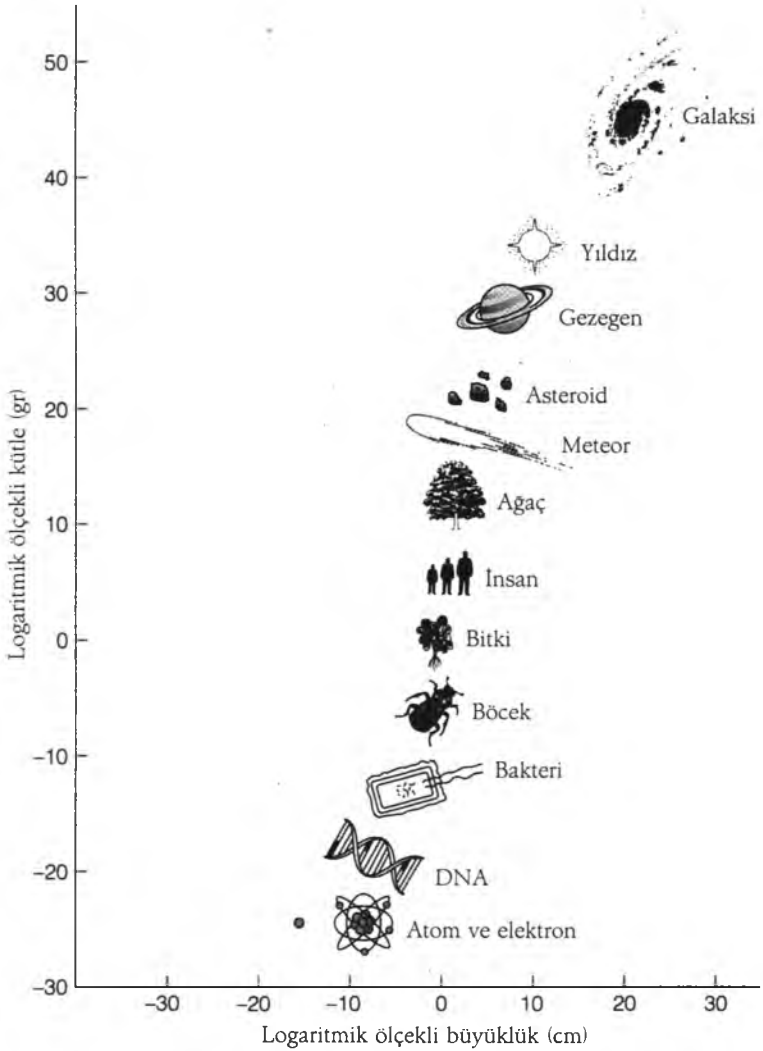
Büyük Patlama'nın ilk elementlerinden biyolojinin yapı taşlarına dönüşüm süreci uzun ve yavaş bir iştir. Milyarlarca yıl almıştır. Bu basit olgu, çevremizdeki evren hakkında gizemli ve önemli bir şeyi; onun neden bu denli büyük olduğunu açıklar.

Evren genişlemektedir; uzaklardaki galaksi kümeleri, birbirleri arasındaki mesafe ölçüsünde artan bir hızla, birbirlerinden uzaklaşmaktadırlar. Bu demektir ki, evrenin büyüklüğü ve yaşı soruları, bir daha ayrılamayacak biçimde birbiriyle bağlantılıdır. Evren, kendiliğinden gelişmeyi olanaklı kılan biyolojik elementleri üretmesine yetecek süreye sahip olması için, milyarlarca yıl yaşında olmalıdır; bu da, yaşamı destekleyen bir evrenin boyutunun, milyarlarca ışık yılı büyüklüğünde olması gerektiği anlamına gelir. Evrenin, canlı tek bir ileri karakola sahip olmak için, milyarlarca ışık yılı büyüklüğünde olması gerekir.

Gözlemlenebilir evrenin çarpıcı başka bazı özellikleri de, bu argümanın bir sonucudur. Yaşamı destekleyen bir evrenin çok büyük yaşı ve büyüklüğü, böyle bir dünyada gökyüzünün geceleri karanlık, uzayın ise soğuk olmasını kaçınılmaz kılar. Genişleme, evrendeki madde ve radyasyon yoğunluğunu çok aşağı düzeylere indirir. Gece gökyüzünü ışıklı yapacak kadar enerji yoktur; galaksiler ve yıldızlar büyük uzaklıklarla ayrılmak durumundadır. Herhangi bir biçimde kimyasal karmaşıklığı olan yapı taşlarını oluşturmak için, evrenin büyük ve yaşlı, karanlık, soğuk ve ıssız olmasının gerekmesi ironiktir.

Çevremize biraz daha yakından bakarsak, onun genel belirleyici özelliklerini anlayabiliriz. Evrende rastladığımız en etkileyici doğal maddeleri, atom-altı parçacıklardan galaksiler ülkesine kadar sıralayan, bir katalog yaptığımızı düşünelim. Eğer onları kütleleri ve ortalama boyutları ile bir grafikte gösterirsek Şekil 5.1 elde edilir.

Şekil 5.1'de görülen bütün nesnelerin, sol alttan başlayıp sağ üste uzanan bir şerit üzerinde olması ilginçtir. Resmin geriye kalanı ise boştur. Bunda şaşılacak bir şey yok. Şerit, sabit yoğunluk çizgisidir.[8]



Şekil 5.1. Evrendeki en belirgin yapıların kütle ve büyüklüklerinin düzeni

Verilen yapılar için bu, atom yoğunluğu, yani atom topluluklarından oluşan nesnelerin yoğunluğudur. Onların yoğunluğu, tek bir atomun yoğunluğuna çok yakındır. Sadece şemanın yukarı sağında yıldızların boyutunun ötesinde, yapılar bu doğrunun altında kalmaya başlıyor. Bunun da nedeni, yıldız ve galaksi kümelerinin atomlardan oluşmuş katı cisimler olmamalarıdır. Onlar, karşılıklı çekim kuvvet-

leri ve hareket enerjileri arasında dengenin oluştuğu koşullarda, bir yörünge boyunca dönen nesneler topluluğudur.

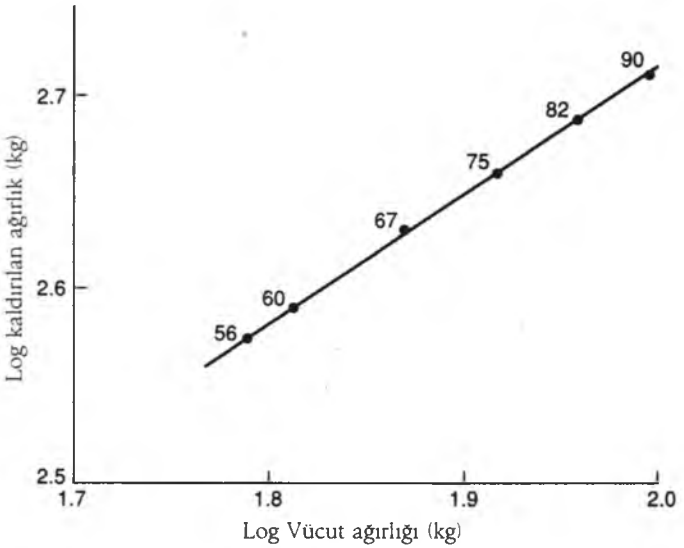
Nesnelerin sabit yoğunluk çizgisi üzerinde yer almaları bir rastlantı değildir. Nesneler, karşıt kuvvetler arasında farklı türlerden olanaklı denge konumlarını işaretlemektedir. Örneğin, gezegenleri ele alalım. Yaşanabilir bir gezegenin, atmosferi tutacak ölçüde güçlü bir çekim sağlamaya elverişli büyüklükte olması gerekir; ama aynı zamanda, yüzeydeki çekim kuvveti, karmaşık biyokimyasal moleküller arasındaki hassas kimyasal bağları koparacak ölçüde de güçlü olmamalıdır. Birbirine karşıt olan bu gerekçeler, yaşanabilir bir gezegenin sahip olabileceği büyüklük aralığını daraltır ve yüzey özelliklerinin çoğunu kaçınılmaz kılar. Böyle bir gezegenin büyükçe bir bölümünün, suyun sıvı halde olduğu bir sıcaklıkta, uzun süre var olması gerekli ise, gezegende yaşamın ortaya çıkmasını olanaklı kılan özelliklerin alanı daha da dar olabilir. Gerçekte, gezegenin, ait olduğu yıldızın çevresindeki hareketinin daha da karmaşık olan yönleri, bu bakımdan aynı ölçüde önemli bir etkendir. Gezegenin yörüngesinin yaşamı-destekleyen ılımlı koşulları sürdürmesi için, yıldızdan uygun bir uzaklıkta olması gerekir. Bu ise, gezegenin yıldızdan ortalama uzaklığının dar bir aralıkla sınırlı olmasını gerektirir; yörünge de daire şeklinden çok farklı olmamalıdır. Ayrıca, gezegen dönerken, dönme ekseninin yörünge düzlemine olan eğikliği büyük olmamalıdır; aksi halde mevsimlik iklim değişiklikleri aşırı bunaltıcı olur. Deniz düzeyi ve buzullanmadaki büyük değişimler, gezegenin ileri yaşam düzeyinin gelişmesine en elverişli bölgesinin çok küçük olmasına yol açar.

Büyüklüğün bazı sonuçları

Ufak tefek şeylerin önemi abartılmamalıdır.
Örneğin yaşam, ciddiye alınamayacak ölçüde kısadır.

NICOLAS BENTLEY

Yaşanabilir bir gezegenin yüzeyindeki çekim kuvvetinin şiddeti, canlı varlıkların ne ölçüde büyüyeceklerini, boyutları bir sorun haline gelmeden önce belirler. Bir yapının ağırlığı ve hacmi büyüdükçe,



Şekil 5.2. Dünya halter rekorlarının haltercinin ağırlığına göre değişimi. Haltercinin kaldırdığı ağırlığın (güç), haltercinin ağırlığının 2 bölü 3'üncü kuvvetine (ki bu haltercinin gücüne orantılıdır) göre değişimini gösteren doğru ile mükemmel bir uyum içindedir.

gücü aynı oranda büyümez. Bir at, sırtında başka bir atı taşıyamaz; ama küçük bir köpek kendi kadar iki köpeği, bir karınca kendi ağırlığından kat kat büyük bir yükü taşıyabilir. (Dünya halter rekorlarının, kaldıranların ağırlıkları ile nasıl değiştiğini göstermek bunun ilginç bir örneği olabilir: bkz. Şekil 5.2). Eğer organizmaları büyüklüklerine göre sıralamaya çalışırsanız, sonuçta onların kendi ağırlıklarını kaldıramayacak kadar zayıf olduklarını anlarsınız. Ağırlıklarının verdiği basınç altında çökerler.

Bizim büyüklüğümüz birçok bakımdan ilginçtir. İnsanların, evrim sürecinde yavaş yavaş büyüdüğü görülüyor. En büyük ölçekte, astronomik bölgeler ile atom altı bölgelerinin ortasında yer aldığımızı görüyoruz. Lokal olarak ise, büyüklük tayfında Dünya'daki canlılar arasında dikkat çekici bir konumda olmasak da, onlar arasında iki ayak ile yürüyenlerin en büyüğü olma gibi bir ayrıcalığımız var. Bundan başka, izlediğimiz sosyal ve teknolojik örüntüde, büyüklüğümüzün çok önemli bir etken olduğu görülüyor. Büyüklüğümüz bizi, katı maddelerdeki molekül bağlantılarını kıracak ölçüde güçlü yapıyor. Taşları kı-

rabiliyor ve yontabiliyoruz; çakmaktaşı gibi sert maddeleri bileyebiliyoruz; metalleri büküp şekil verebiliyoruz. Hayvanları olduğu kadar, türümüzün başka üyelerini de öldürmeye yeterli bir kinetik enerji ile taşlar atıp, oklar fırlatabiliyoruz. Eğer önemli ölçüde küçük olsaydık sahip olamayacağımız bu becerinin, gelişmemizde önemli bir rolü vardır. Bize daha erken bir teknolojik ilerleme olanağı sağlamıştır; ama aynı zamanda bizi, kolayca öldürücü kuvvet kullanan, tehlikeli, kavgacı bir tür yapmıştır. Hızlı ilerlemeyi olanaklı kılmış, ancak her zaman, bütün ilerlemeyi sona erdirecek araçları da sağlamıştır.

Görece büyük boyutumuzun ilginç bir başka sonucu da, belirli birçok amaç için ateşi kullanma yetimizdir. Bir başka hayvan bunu başaramaz. Yanıcı maddenin hacmi ile, yanmayı ateşleyecek olan oksijenin etkili olacağı yüzey arasındaki denge olarak tanımlanmış olan bir 'en küçük alev' vardır. Yanıcı maddenin hacmi küçüldükçe, yüzey, alevi sürdüremeyecek ölçüde küçülür ve alev söner. Karıncalar ateşi kullanamaz; çünkü kararlı en küçük alev bile, onların güvenle yaklaşıp ateşi beslemeleri için çok büyüktür. Küçük kararlı alevler, insan boyutundaki canlıların gereksinimlerine uygundur. (Ancak bu onların ateşi kullanacakları demek değildir. Şempanzeler hiç ateş kullanmazlar.) Ateşin kullanımının çeşitli birçok sonuçları vardır. Günün daha uzun saatler kullanılmasına yarar; saldırganlara karşı savunma sağlar; sağlığı ve diyeti olumlu etkiler, çünkü pişmiş yiyecekler tehlikeli bakterileri daha az barındırırlar ve sindirimleri daha kolaydır. Pişirmenin gelişmesiyle, yenebilecek yiyeceklerin çeşidi artar ve avlanma dışındaki etkinlikler için daha fazla zaman kalır.

Son olarak, canlı yaratıkların boyutları ile yaşam süreleri arasında yakın bir ilişki vardır. Büyük bir hayvan, az olan kaynaklar bakımından büyük bir yatırımıdır ve evrim ("bencil gen") bakımından bu yatırıma değer olması için, uzun yaşaması gerekir. Bunun sonucunda, büyük hayvanlar bir kerede az sayıda yavru doğurur ve yavrulara büyük bir dikkat ve özenle bakarlar. Küçük hayvanlar daha farklı bir strateji uygularlar. Çok sayıda yavru doğururlar ve daha kısa ömürlüdürler. Birey için yaşam-sürdürme olasılığı daha küçüktür; ancak bu, daha çok sayıda yavru olmasıyla dengelenir. İnsanların büyük boyutlu

olmaları, görece uzun ömürlü olmaları ve ana-babaları tarafından bakıldıkları çocukluk döneminin olağanüstü uzun olmasıyla bağlantılıdır. Bunun birçok sosyal sonuçları vardır. Aileyle ve toplumun öteki üyeleriyle uzun süreli yakın ilişkiler, karmaşık sosyal ilişkilere yol açar. Öğrenme çok kapsamlı olabilir ve gruplar edindikleri çevre ile ilişkili bilgileri, yakın oldukları başka bireylere aktarabilirler.

Nesnelerin kozmik şemasındaki konumumuz (Şekil 5.1), genelde, doğa kuvvetlerinin görece güçleri tarafından saptanmıştır. Bizim gerçek boyut aralığımız, hem bu ilkelerin, hem de bir dizi geçmişteki olguların ve gerek çevremizle, gerek başka türlerle olan karmaşık karşılıklı-etkileşimlerin bir sonucudur.[9] İnsanın teknik ilerlemesini ve onun sınırlarını araştırmamız bakımından bu önemlidir. Çünkü, teknolojiye neden gerek duyduğumuzu gösterir. Eğer çevremizi bizim beden ölçümüzden çok daha büyük ya da küçük ölçümlerde manipüle edeceksek, bunu yapay araçlarla yapmak zorundayız.

Boyutumuz, gücümüzü saptar ve bu nedenle, doğa kuvvetlerinin oluşturduğu bağları yapılamak ya da kırmak için yapay yardımlara ne ölçüde gerek duyacağımızı da saptar. Duyularımızın keskinliğini ve dünyayı daha büyük ayrıntı ile araştırmak için ne ölçüde yardıma gereksinimimiz olduğunu saptayan ise, çevremizdir. İnsanın bilimsel anlayışının karşısındaki teknolojik bir engeli, ancak, teknolojik kapasitemiz ile doğanın koşulları arasındaki bir olağanüstü rastlantı önleyebilir. Bizim incelemek istediğimiz de, bu rastlantıdır.

Doğa Kuvvetleri

> *Herhangi bir hareketi yapmak için icat edilen ilk makineler, her zaman en karmaşık olanlardır ve sonradan gelen sanatçılar, genellikle daha önce kullanılandan daha az sayıda tekerlek ve daha az sayıda ilke kullanarak, aynı etkilerin daha kolayca üretilebileceğini keşfetmişlerdir. İlk felsefe sistemleri de, aynı şekilde, her zaman en karmaşık olanlardır.*
>
> ADAM SMITH[10]

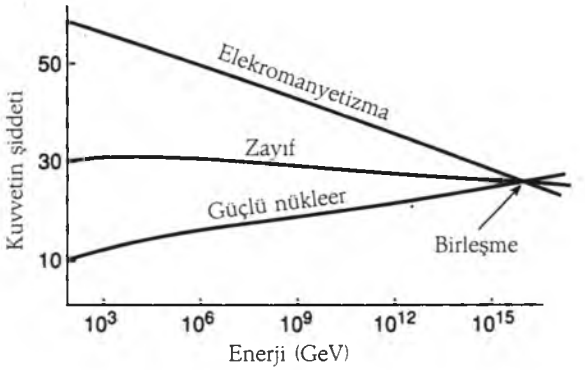
Gravitasyon ve elektromanyetizma kuvvetlerinin uzun süredir farkındayız. Karada yaşayan hiçbir yaratık, gravitasyonu farketmemiş

olamaz. Ama manyetizma, sadece dünyanın manyetik alanının varlığı nedeniyle ve dünya yüzeyindeki manyetik metal cevherlerinin keşfedilmesiyle öğrenildi. Modern zamanlarda, hareket eden mıknatısların elektrik akımı ürettiğinin ve ters sürecin, yani uygun koşullar altında elektrik akımlarının manyetizmaya yol açabileceğinin de keşfi, bizi, her iki olayın da temelinde başka bir doğa kuvveti olduğunu anlamaya yöneltti. Bu kuvvete elektromanyetizma diyoruz. Bu kuvvet evrende gözlemlediğimiz her yerde aynı şekilde davranır. Onun matematiksel ifadesi de son derece kesindir (10^{11}'de 1 kadar). Teorinin yaratıcılarından Richard Feynman'ın önerdiği bir benzetmeyi kullanırsak, bu ölçme-hassasiyeti, Londra ile New York arasındaki uzaklığı saç teli inceliğinde bir hassasiyet ile ölçmeye denktir.[11] Gravitasyonun davranışını daha da iyi bir hassasiyetle öngörebiliyoruz. 30.000 ışık yılı uzaktaki bir çift nötron yıldızının hareketlerini, çekim kuvvetinin güneş sistemimizin herhangi bir yerindekinden 10^5 kat fazla olduğu bir ortamda izleyebiliyoruz. 20 yıldan uzun bir süreden beri, bu hareketlerin, bizim ölçme sınırımızdaki kesinlikle[12], Einstein'ın gravitasyon teorisinin öngörüleriyle uyum içinde olduğunu anlamış bulunuyoruz -10^{14}'de 1 gibi şaşırtıcı bir düzeyde.

Gravitasyon ve elektromanyetizma, doğadaki yegâne kuvvetler değiller. Şimdiye kadar iki tane daha keşfettik: "Zayıf" kuvvet ve "güçlü" kuvvet. Zayıf kuvvet radyoaktivitenin kaynağıdır; güçlü kuvvet ise kimyasal elementlerin çekirdeklerini bağlar. Bu bağlayıcı enerji özgür bırakıldığında, son derece büyük nükleer enerjiler açığa çıkar. Bu kuvvetlerin alanı çok küçüktür ve dünya üzerindeki etkilerini gravitasyon ve elektromanyetizmanın etkilerinden izole etmek için, hayli teknolojik beceri isteyen özel koşullar gerekir. Ne var ki, astronomik bölgelerde, bu kuvvetlerin çok daha çarpıcı rolleri vardır. Yıldızlardaki enerji üretiminden, Güneşin kararlı durumda (steady) olmasından ve bu nedenle de bizimki gibi herhangi bir gezegen kökenli yaşamın var olmasından, bu kuvvetler sorumludur. Güçlü kuvvetlerin temel niteliklerini araştırmak için 10^{-13} santimetrelik uzaklıklarda çalışmamız gerekir; zayıf kuvveti araştırmak için ise, bundan yüz kere daha küçük uzaklıklara, yani 10^{-15} cm'ye gitmeliyiz.

Günümüzde, yalnızca bu dört doğa kuvveti bilinmektedir. İlginç olan şudur: Evrendeki görebildiğimiz ya da yaratabildiğimiz her yapıyı ve etkileşimi açıklamak için sadece bu dört kuvvet yeterlidir.[13] Fizikçiler, bu dört kuvvetin bildiğimiz etkilerinin bizi inandırmaya çalıştıkları ölçüde kesin belirli olmadığı kanısındalar. Daha ziyade, onların tek bir doğa kuvvetinin farklı yönleri olduğunun ortaya çıkacağına inanıyorlar. İlk bakışta bu zayıf bir olasılık gibi görünüyor; çünkü bu dört kuvvetin güçleri birbirinden çok farklıdır. Ancak 1970'de, bu kuvvetlerin güçlerinin, çevrelerindeki ortamın sıcaklığına göre değiştiği keşfedildi. Elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin güçleri, sıcaklık arttıkça değişir ve 10^{14} Kelvin derecesinde güçleri birbirine yaklaşır. O zaman birleşerek, iki nitelikli bir "elektro-zayıf" kuvvet üretirler. Bunun tersine, sıcaklık daha fazla artınca güçlü kuvvet zayıflar ve elektro-zayıf kuvvete yaklaşmaya başlar. Sonunda, 10^{15} giga elektronvolt (10^{28} Kelvin derecesi) gibi çok yüksek bir enerji düzeyinde hepsinin gücünün eşit olması gerekir; ki, Dünyadaki parçacık çarpışmasıyla elde edilebilecek enerji, bu düzeye erişmekten çok uzaktır (Şekil 5.3).

Dördüncü ve en iyi bildiğimiz kuvvet, gravitasyondur. Ne var ki, her yerde ve her zaman karşılaştığımız bu kuvvet, yapı olarak derinden gizemlidir ve öteki üç kuvvetle ilişkisi gariptir. Uzay ve zamanın doğasıyla iç içedir. Gravitasyonun gücünü değiştirmek, ötekilerin özellikle-



Şekil 5.3. Güçlü, elektromanyetik ve zayıf doğa kuvvetlerinin etkileşimlerinin süpersimetrik bir teoriye göre öngörülen değişimleri. Yüksek enerjide bir kesişme (büyük birleşim) öngörülüyor.

rini değiştirebilir. Günümüzde gravitasyonun doğanın öteki üç kuvveti ile nasıl birleştirileceğini anlamamıza yol açabilecek, ilginç bir matematik teorimiz var ("süper-sicim teorisi"). Bu olanaklılık sadece doğada var olabilecek en yüksek sıcaklıklarda yer alabilir ve evren oluştuğu zaman var olmuş olabilir. Aşağıda göreceğimiz gibi, bu, herhangi bir nihaî "Her Şeyin Teorisi"ni sınama bakımından bir sorun yaratır.

Evrendeki konumumuzu astronomik yapılar ile maddenin en temel parçacıkları arasındaki ölçekte kısaca açıkladık; bu bize dünya hakkında öğrenebileceğimiz ve öğrenemeyeceğimiz şeyler konusunda bir fikir veriyor. Gezegen yüzeylerindeki canlı varlıkların büyüklükleri, basit fizik ilkeleri ile sınırlanmıştır. Bizim boyutumuz, santimetre ve metre ölçütündeki şeylerin yüzeysel niteliklerini kolayca öğrenebileceğimiz anlamına geliyor. Ancak, eğer astronomik cisimlerin yapılarını ve molekül, atom ve daha küçük olguların dünyasını anlayacaksak, o zaman yapay araçlar kullanmamız gerekir. Eğer elementer parçacıkların atom altı bölgesini yöneten kuvvetler hakkındaki bütün öyküyü keşfedeceksek, o zaman da doğayı, bizim duyu sınırlarımızın ötesindeki koşullarda yakalamamız gerekir.

Bu nedenle, doğayı kontrol çabamızda karşılaşacağımız güçlükler, boyutumuzdan ve gezegen temelli atomik canlı çeşitlerini barındırabilen bir çevrenin özelliklerinden kaynaklanır. Canlı varlıklar, ancak, örgütlenmiş karmaşıklıkla uyum içinde olan bir çevrede yaşam sürdürebilirler. Bu demektir ki çevre, molekül bağlarını sağlam tutacak ölçüde serin, su ve öteki basit sıvıların var olabileceği ölçüde sıcak olmalıdır. Öteki akıllı gezegen yaşam biçimlerinin de aynı sınırlamalarla karşılaşmış olduklarını ve bizimkinden farklı olmayan şekilde onları aşmış olduklarını ümit edebiliriz.

Yaşam-destekleyici bir çevrenin ilginç bir yan ürünü de, ana yıldızdan (bizim için Güneş) gelen ışığın atmosferde saçılmasıyla oluşan renklerdir. Renklerin varlığı, doğal seçimi, o renkleri farkedebilen türleri tercih etmeye yöneltir. Renkli bitki örtüsü, beslenme kaynaklarında çeşitli renklere yol açarak, basit renkleri ayırt edebilmeye uyarlanma avantajı sağlar. Gezegende herhangi bir dönme -ki bunu önlemek çok zordur- ışık düzeyinde günlük değişimlere yol açar. Bu yolla, ge-

zegenin büyüklüğü ve atmosferi, kendine özgü moleküler niteliklerle birlikte, renk görmenin uyarlanma kaynaklarını oluştururlar. Görme duyusunun son biçimi ne olursa olsun, yetilerinin gelişmesi, yerel çevreye uyarlanmak için olacaktır; bilimin evreni daha büyük ve daha küçük özellikleriyle araştırma gereksinimi için değil. Bizler bu şekilde yaşamsal önemi olan duyularla donatıldık. Onların tehlikeyi sezmesi, yeşillikler arasındaki yenebilir meyveleri farketmesi, ışık ve gün batımındaki değişimleri algılaması gerekiyordu. Aynı çevrede doğal seçimle beraberce evrim geçiren herhangi bir tür, eğer sınırlı duyu alanına sahip olacak ve duyularının onu zorladığı hapishaneden kurtulacaksa, doğayı yapay araçlarla manipüle etme gereğini duyacaktır.[14]

Bazıları için bu hapishane, başkalarınınkinden daha karanlıktır. Biz, zamanın çoğunda açık bir gökyüzüne sahip olduğumuz için şanslıyız. Bu, astronomiyi olanaklı kılmaktadır. O konudaki çalışmalardan, bizim gravitasyonu ve dünyasal fiziğin birçok yönünü anlamamızı sağlayan bilgi aktı; bunlar ancak astronomi ülkesinde görüldükten sonra dikkatimizi çekti. Maddenin düşük sıcaklıklardaki davranışının araştırılmasında temel rolü olan helyum elementi, ilk kez 1868'de, Fransız astronom Pierre Janssen tarafından, bir güneş tutulması sırasında, güneş tacının tayfında keşfedilmişti (adını da bundan alır -Hēlios güneştir).[15] Eğer bizim bulutlu ve kapalı bir gökyüzümüz olsaydı, çıplak-göz ve optik astronomi gelişemezdi. Çok büyük sayıdaki uzak galaksiler bir yana, kendi güneş sistemimiz hakkında bile hiçbir şey öğrenemez, ya da çok az şey öğrenebilirdik. Yaşam, yüzeyinde metal cevheri olmayan bir gezegendeki insanların sergilediklerine benzer bir düzeyde gelişmiş olabilirdi. Ancak, daha sonraki teknolojik gelişme dururdu ve onun yerine, gezegen, oldukça sofistike bile olsa uzun bir taş devri yaşardı. Jeolojik gelişmeler bize maddenin mikroskopik yapısını araştırmayı mümkün kılan ve elektriğin keşfine yol açan teknolojiler geliştirme olanağı sağlamıştır.

Bundan aldığımız basit bir ders var: Evrenin farklı bölgelerindeki akıllı varlıklar, kendi belirli çevrelerinin getirdiği sorunlara karşı koyabilecek şekilde gelişmiş olacaklar. Bu çevreler, sınırlı yaşam kaynakları bakımından üretkenliğe avantajlı ve en ekonomik gelişim

doğrultularını saptayacaklardır. Bundan başka, orada yaşayanlar için neyin olanaksız olduğunu da belirleyeceklerdir. Bu da, onların bilgi ve ilerleme çabalarının yönünü etkileyecektir.

Evreni manipüle etmek

> *Filozoflar iki sınıfa ayrılabilir: filozofların iki sınıfa ayrılabileceğine inananlar ve buna inanmayanlar.*
>
> ANONİM

İnsanlığın doğayı giderek daha geniş bir bölgede manipüle etmek için uğraşan Faust-vari resmi, tam değildir; yine de insanın teknolojik başarılarını değerlendirmemiz için yararlı bir resimdir. Bu değerlendirmeyi yaparken, yapay araçların yardımına gerek duyduğumuz iki alana, kendi bedenimizden daha küçük ve daha büyük ölçeklerdeki maddeyi ne ölçüde manipüle etmiş olduğumuza bakarak, nereden nereye geldiğimiz ve daha nerelere gitmemiz gerektiği yolunda bir görüş sahibi olabiliriz.

1960'larda, dünya-dışı zekâlar (extraterrestrial intelligences -kısaca ETI) arama düşüncesi yeni ve değişik bir şeydi; bunun için birçok yeni astronomik gözlem teknikleri yardıma hazır bekliyordu Rus astrofizikçi Nicolai Kardeshev, ileri ETI'leri yeteneklerine göre üç sınıfa ayırmamızı önerdi: Tip I, Tip II, Tip III.[16] Bu uygarlık dereceleri kabaca şöyle tanımlanmışlardı:

> Tip I, gezegenleri yeniden yapılayabilir ve gezegenlerin çevre koşullarını değiştirebilir; iletişim için dünyadaki uygarlığın günümüzde kullandığı enerjiye denk bir enerji kullanabilir;
> Tip II, güneş sistemlerini yeniden yapılayabilir; yıldızlar arası iletişim için Güneş'in günümüzdeki enerjisine denk bir enerji kullanabilir;
> Tip III, galaksileri yeniden yapılayabilir. Gözlenebilir evrenin tümüne, bildiğimiz yasaları kullanarak sinyal gönderebilir; yıldızlar-arası iletişim için Samanyolu'nun günümüzdeki enerjisine denk bir enerji kullanabilir.

Bu sınıflandırmaya yol açan güdü, bu uygarlıkların teknolojik etkinliklerinin ne kadar ısı kaybına yol açacağını hesaplamak ve bu

yolla astronomların, bunlardan birini saptayıp saptayamayacağını bulmaktı.[17] Bu, bize çok uzak olan Tip III uygarlığının, daha yakın olan Tip I'e göre daha kolay saptanıp saptanamayacağını açıklıyor.[18] Ancak biz, Kardeshev'in sınıflandırmasının bu yönüyle öncelikle ilgili değiliz. Daha çok, onu, başarının dönüm noktalarından oluşan bir merdiven olarak genişletmek istiyoruz.

Bu durumda bizim kesin olarak Tip I uygarlık olduğumuzu söyleyebiliriz. Dünya yüzeyinin topografyasını birçok yolla değiştirdik: Yapılar inşa ettik, maden araştırmaları ve kazılar yaptık; yağmur ormanlarını yok ettik ve denizden toprak edindik. Endüstri etkinliklerimiz, Dünya atmosferinin davranışını ve Dünya sıcaklığını değiştirdi. İsteyerek veya kaza sonucu Dünya'da ve onun yakın çevresinde büyük değişiklikler yapabiliriz. Dünya'nın iç yapısını araştırma ve kullanma konusunda şimdilik oldukça çekingen davranıyoruz; yaptığımız, fosil yakıtları ve mineralleri çıkarmaktan öteye pek gitmedi.

Alt-düzey Tip-II uygarlığına oldukça yakınız. İç bölgedeki gezegenlerin bazılarının evrimini değiştirebiliriz; (örneğin Venüs'ü, onun atmosfer kimyasını değiştirebilecek ilkel canlı biçimleri ile tohumlayabiliriz) ve bize doğru gelen gezegenlerden ve kuyruklu yıldızlardan korunmak için, onlar güneş sisteminin dış bölgesindeyken, bir tür Yıldız Savaşları teknolojisi kullanabiliriz (hatta kullanmak zorunda kalabiliriz). Olgun bir Tip-II uygarlığı, kendi yerel yıldızının kimyasal yapısını değiştirmek için bir yol bularak (belki de ona kuyruklu yıldızlar yönlendirerek), kendi biyosferinin doğasını değiştirmeye girişebilir. Bu tür uygarlıklar, uzaydan ağır metaller ve mineraller toplayabilir, günümüzde sahip olduğumuz teknolojinin izin verdiğinden çok daha yüksek verimlilikte güneş enerjisi çıkarmayı öğrenebilirler.

Tip-III uygarlıklar, bilim-kurgu öykülerinin konusudur. Bizim için, maddeyi bu denli büyük ölçülerde (belki de -evrende görülen en büyük tutarlı yapılar olan- kozmik radyo jetler uygulayarak) manipüle etmeyi kavramak zordur; çünkü sinyallerin bu boyutları kat etmesi için çok uzun zaman süreleri gerekir.[19] Bir uygarlığın böyle akıl almaz biçimde uzak görüşlü olması için, olanaklı her tür yerel problemleri tümüyle kontrol altına almış olması ve çok uzun (hatta hiç

bitmeyen) bireysel yaşam süresine sahip olması gerekir. Eğer yerel çevresel problemler hâlâ önemli sorunlara neden oluyorsa, bu ölçüde hovardaca bilimsel serüvenlere girişmek pek olası değil. Ancak, sorunlar bütün uygarlığın gelecekteki varlığını tehdit edecek ölçüde büyümüşlerse, daha güvenli bir çevre bulma arayışı için bütün kaynaklar seferber edilebilir.

İlk bakışta, pahalı, çok uzun vadeli, toplum bireylerinin ortalama yaşam sürelerinden çok daha uzun süreli projelere pek girişilmeyeceği düşünülebilir. Bu caydırıcı etkenlere nasıl karşı konabilir? Bireysel yaşam süresi engelinin etkili olmayabileceğini hayal edebiliriz. Zihinlerin eksiksiz bir "back-up" kopyasını yapabilen çok ileri bir bilgisayar teknolojisi ile, bireyler, bildiğimiz anlamıyla "ölümü" aşabilirler. Bilgilerin yeni bir ortama geçirildiği o kısa zaman süresini kaybedebilirler; ancak bu ufak bir gecikmedir. Çeşitli bilgisayarların, en eksiksiz yinelemeyi gerçekleştirmek için, yani, bazı istenmeyen nitelikleri ya da "kötü" anıları yok etme değil, tersine, deneyimlere en az kaybı verme konusunda birbirleriyle yarıştıklarını düşünebiliriz.

Son yıllarda, evrenin uzak geleceği hakkında Tip III'den bile daha gelişmiş yaratıkların varlığını hayal eden ayrıntılı spekülasyonlar yapılmıştır.[20] Bu sınıflandırmayı yukarıya doğru uzattığımızı düşünelim. Bu varsayımsal IV, V, VI, ... uygarlık tiplerinin üyeleri, evrendeki yapıları giderek daha büyük boyutlarda, galaksi gruplarını, galaksi kümelerini ve süper kümelerini kapsayacak biçimde manipüle edebilmektedirler. En sonunda, bütün evreni (hatta başka evrenleri) manipüle edebilen bir Tip Ω uygarlığı düşünebiliriz. Eğer zaman yolculuğu pratik bakımdan olanaklı ise, onun başarılması, bu nihaî tipten uygarlıklar için koskoca bir olanaklılıklar dünyası yaratacaktır. Bunlar bilgi depolama, işlemleme, kaotik öngörülemezliğe karşı koyma ve dayanıklılık konularındaki temel sınırlara olabildiğince yakın olma becerilerine göre tanımlanabilirler.

Bir Tip Ω uygarlığının ilkesel olarak neler yapabileceği ve bunu nasıl yapacağı konusunda birçok ayrıntılı spekülasyonlar yapılmıştır. Bu kitabın yazarı, Frank Tipler ile beraber, bazı genişleyen evren tiplerinde bilgi işlemlemenin geleceğe doğru son bulmadan sürmesi-

nin olanaklı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, eğer evren belirli bir ortalama yapıya sahipse bunun etkisinin uzamına herhangi bir engel oluşturmasının gerekmediğini de göstermiştir.[21] Ne var ki, bu çalışmalar yalnızca olanaklı en iyi durumu belirtmişlerdir; ona erişmek ise tümüyle ayrı bir konudur.

Aynı doğrultuda Alan Guth da, laboratuvarda bir "evren" yaratmak için ne yapılması gerektiğini araştırmıştır.[22] Şimdiki fizik anlayışımıza göre bu olanaklı görünmüyor. Ancak bilgimizdeki bazı görece ufak değişiklikler, uzak gelecekte bunu teknik bakımdan olanaklı kılabilir. Bu "bebek evren" başlatıldıktan sonra, onu görme ya da onunla etkileşme olanağımız bulunmayacağını da ekleyelim. Bir sonraki bölümde ele alacağımız genişleyen evren senaryosunun en genel versiyonunda, evrenin farklı bölümlerinin farklı yerel değişmezlere ve doğa yasalarına sahip olmaları bile olanaklıdır.[23]

Lee Smolin, spekülatif bir senaryo tasarlamıştır. Bu senaryoda, kara deliklerin çöküşü ile yeni evrenler oluşunca, doğa değişmezleri birçok "düzeltme" yolu ile bir evrim geçirirler; her aşamada kendilerini tanımlayan değişmezlerin değerlerinde ufak değişmeler olur.[24] Bu değişimler, kara deliklerin oluşumunu artıracak eğilimlere göre "seçilirler"; ve böylece daha sonra oluşacak, biraz farklı değişmezleri olan "bebek evrenler" için daha çok olanak sağlarlar. Bu öneri, doğanın farklı değişmezlerinin değerleri arasında var olduğu gözlenen birçok tuhaf rastlantılara bir açıklama bulma arayışından güdülenmiştir. Bu rastlantılar çok, çok uzun bir zamandır süregelen bir sürecin sonuçlarıdırlar. Gözlemlediğimiz denge durumunun, bir seçim sürecinin sonucu olarak, seçim süreci bakımından optimal olduğu düşünülebilir. Bu durumda değişmezlerin değerlerinde, gözlemlenmiş değerlerde herhangi bir değişimin, kara delik oluşum hızını düşürmesi gerekir.[25]

Amerikalı kozmolog Edward Harrison, bütün bu olasılıklar tayfını göz önünde tutarak, evrenin niteliklerini belirleyen değişmezlerin değerlerini akıllı varlıkların hangi ölçüde değiştirebilecekleri konusunda ilginç sorular ortaya attı.[26] Bu varlıkların uygarlıkları Tip Ω türü olmalıydı. Doğanın birçok değişmezinin değerlerinin, özellikle ya-

şamın evrimi için dikkate değer ölçüde uygun olması gerçeğini, Harrison şöyle açıklıyor: Bu uygunluk, art arda gelen ileri uygarlık kuşaklarının, "genişleyen evrenler" yaratma ve onların fiziksel değişmezlerini, daha sonraki yaşamın var olması ve sürdürülmesi için optimal değerlere yakınlaştırma çaba ve yetilerinin bir sonucudur. Bu yaklaşımı daha yakından ele alalım.

Bizim evrenimizi tanımlayan doğa değişmezlerinin birçok bakımdan umut kırıcı olduğunu biliyoruz.[27] Sahip oldukları değerler için hiçbir açıklamamız yok; ancak bu değerlerin bazıları birazcık farklı olsaydı, örgütlenmiş karmaşıklığın (yaşam onun bir uç örneğidir) var olması mümkün olmazdı. Doğa değişmezlerinin değerleriyle ilgili birtakım, ünlü ve hassas biçimde dengeli rastlantılar vardır. Eğer bu rastlantılar olmasaydı, biz de var olamazdık. Yine de bu rastlantıların, bütün olanakların (ya da geniş bir bölümünün) şanslı bir sonucu olup olmadığını, veya doğa değişmezlerinin değerlerinin mantıksal olarak kendi içinde tutarlı olan bir, ve sadece bir, kombinasyonu olup olmadığını henüz bilmiyoruz. Eğer değişmezler için başka değerler de olanaklı ise, ki "Her Şeyin Teorisi" adayı süper-sicim teorisinin ilk incelemeleri, öyle olduğunu destekliyor; bu durumda, eğer evrenler vakumdaki düzensiz değişimlerden deneysel olarak "yaratılabilirse", o zaman, değişmezlerin değerleri de akort-edilebilir olabilir. Teknolojide bunu yapabilecek ölçüde ilerlemiş herhangi bir uygarlık, değişmezleri, yaşamın gelişmesi için kendi evrenlerinde bulduklarından biraz daha yön verici olacak şekilde akort edebilirler. İleri uygarlıkların art arda gelen birçok kuşakları tarafından uyarlanması sonucunda, doğa değişmezlerinin, yaşamın başlamasına ve başarı ile gelişmesine izin veren koşullara göre optimal olan değerlere çok yakın bir hassasiyetle akort edilmiş değerlerde olmalarını bekleyebiliriz. Kendi evrenimizin, bazılarının düşündüğü gibi, kuşku verecek ölçüde hassasiyetle akort edilmiş olması gerçeği, ileri varlıkların yaşadığı uzun ömürlü evrenlerde bu art arda akort edilmenin, birçok kozmik tarih boyunca süregeldiğinin kanıtı olarak bile görülebilir. Ne yazık ki, bu eğlenceli görüş, bebek evrenleri akort etme yetisi var olmadan çok önce, değişmezlerin neden yaşamın başlamasına

izin verecek değerlerde olduğunu açıklayamıyor. Bizden, yaşamın bu kadar konuksever bir evren bulduğu için şanslı olduğuna, ya da yaşamın doğa değişmezlerinin çok uzun bir değer aralığında aslında kaçınılmaz olduğuna inanmamızı istiyor. Böyle bir durumda Tip Ω uygarlığının, değişmezleri akort etmek için neden bu kadar uğraştığını anlamak kolay değil. Belki de bu kadar uğraş gerekli değildir.

İngiliz kozmolog Fred Hoyle, karbon ve oksijen atomlarının çekirdeklerinde, enerji düzeylerinin dikkate değer rastlantısal konumlarını keşfetti. Bu enerji düzeyleri olmasaydı, var olmamız da olanaksız olabilirdi. Fred Hoyle, bunu açıklamak için aşağıdaki gerekçelerini öne sürdü:

> Kanıtları inceleyen herhangi bir bilimcinin, çekirdek fiziği yasalarının, onların yıldızların içinde yol açtığı sonuçlar dikkate alınarak ve bilerek tasarlandığı sonucunu çıkarmaktan kaçınabileceğini sanmıyorum. Eğer bu doğruysa, rastlantısal görünen herhangi bir küçük değişim, önceden düşünülmüş derin bir planın parçası haline gelir. Doğru değilse, tekrar dev boyutlu bir rastlantılar dizisine döneriz.

Freeman Dyson'un elektromanyetik ve nükleer kuvvetlerin güçleri arasındaki daha başka rastlantılara tepkisinde de, benzer bir teleolojik kuşku görülür.[29] Bu rastlantılar, evrimin biyolojik karmaşıklık üretebilmesinden çok önce, yıldızlardaki maddeleri hızla tüketerek, yaşamı destekleyen çevrenin yok olmasına yol açan nükleer reaksiyonları önler:

> Evrenin derinliklerine bakıp, fizik ve astronomide bizim yararımıza çalışan birçok rastlantıyı farkedince, evren, bir anlamda, sanki bizim geleceğimizi biliyormuş gibi görünüyor.[30]

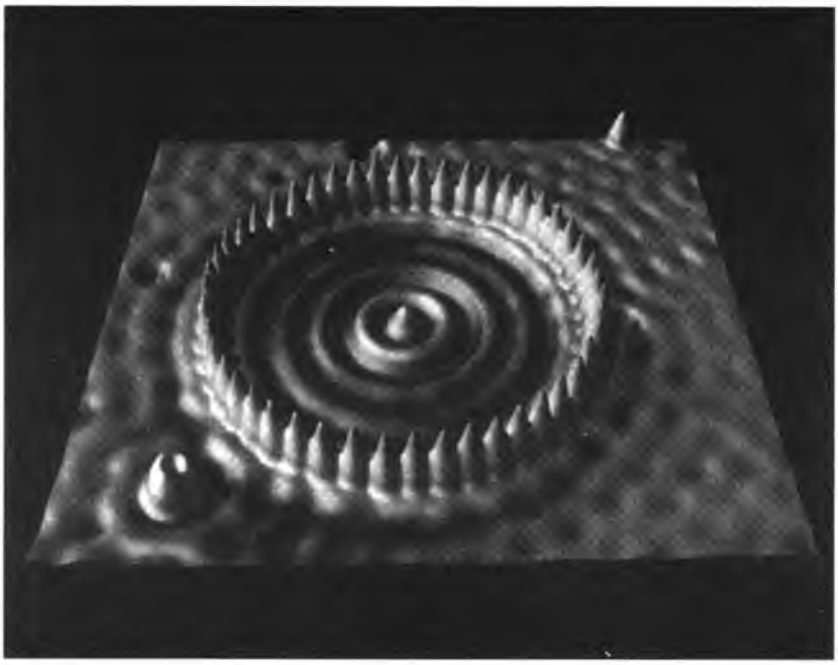
Smolin'in ve Harrison'un fikirlerinin son derece spekülatif olduklarını vurgulamak zorundayız. Ancak onlar, sınırlı hayal gücümüzü zorlayarak da olsa, uzak gelecekte bir Tip Ω uygarlığının evrenin dokusunu etkilemek için yapabileceği şeylere bazı örnekler veriyorlar.[31]

Uygarlıkları, çevrelerindeki dünyayı *büyük ölçeklerde* manipüle etme yetilerine göre "tiplere" ayıran bir sınıflandırma tanımladık. Bu,

yapması en zor olan manipülasyondur. Çok büyük enerji kaynağı gerektirir ve işler kötüye giderse geri dönüş çok zordur. Yerçekiminin de içerilmesi kaçınılmazdır; ve o, hiçbir ayrıcalık olmadan doğadaki her şey üzerinde etkisi olan yegâne kuvvet olduğu için, düğmeye basıp kapatılamaz. Bu nedenle, uygulamada, dünyayı manipüle etme yetimizi giderek büyüyen boyutlar yerine giderek küçülen boyutlara yaymanın, maliyet bakımından daha etkili olduğunu görüyoruz. Öyle ise, teknolojik uygarlık sınırlamamızı aşağıya doğru Tip I-eksi, Tip II-eksi ... vb. olarak Tip Ω-eksi'ye kadar, giderek *daha küçük ve daha küçük* şeyleri kontrol etme yetilerine göre genişletelim. Bu uygarlıklar şöyle tanımlanabilirler.

> **Tip I-eksi**, kendilerinden daha büyük olan şeyleri manipüle edebilirler: binalar, madencilik ve katı nesneleri kırma gibi;
> **Tip II-eksi**, genleri manipüle edebilir ve canlıların gelişimini değiştirebilir; kendilerinin bölümlerini nakledebilir; genetik kodu okuyabilir ve kontrol edebilir;
> **Tip III-eksi,** molekülleri ve moleküller arası bağları manipüle edebilir ve yeni maddeler üretebilir;
> **Tip IV-eksi,** atomları tek tek manipüle edebilir; atomik ölçekte nanoteknolojiler yaratabilir; karmaşık yapay canlı yaratabilir;
> **Tip V-eksi**, atom çekirdeğini manipüle edebilir ve onu oluşturan nükleonları kontrol edebilir;
> **Tip VI-eksi**, maddenin en elementer parçacıklarını (kuarklar ve leptonları) manipüle edebilir; elementer parçacık topluluklarında örgütlü karmaşıklık yaratabilir;
> son olarak da, doruktaki
> **Tip Ω-eksi**, uzay ve zamanın temel yapısını manipüle edebilir.

Bu teknik yetiler sınıflandırmasında da, yerimizi saptamaya çalışabiliriz. Uzun süreden beri Tip I-eksi uygarlığındayız ve çağdaş genetik, birkaç bakımdan, bizim Tip II-eksi olmamıza olanak veriyor. Bu yetinin kullanılması tartışmalıdır ve tehlikelere açıktır; ulusal ve kişisel özgürlükler konusunda kötüye kullanılma olanağı vardır. The Human Genome Project, insanın genetik bilgi şifresini çözme konusunda uluslararası bir araştırma programıdır; ve insanlardaki çeşitli eğilimlerin ve sağlık problemlerinin nedenlerini bul-

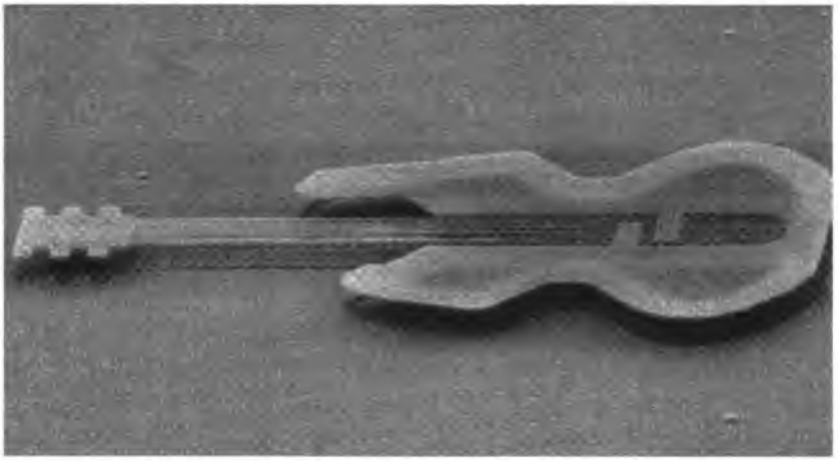


Şekil 5.4. Atomik ağıl. Kırk sekiz demir atomu, bir bakır yüzey üzerinde 0.01 mikron yarıçapında bir çit oluşturmuş. Atomlar, tarayıcı tunnelleme mikroskobu kullanılarak yerleştirilmiştir.[68]

mayı amaçlamaktadır. Bu, daha önce fizik ve astronomi temelinde olan "Büyük Bilim" kümesine biyolojinin de katıldığının işaretidir.

Ayrıca bazı Tip III-eksi yetilerimiz de var. Maddeleri, belirli yapısal özelliklere sahip olacak şekilde kontrol ediyoruz; tıp bilimcileri özel tedavi niteliklerine sahip antibiyotikler oluşturuyorlar. Tip IV-eksi bölgesine henüz girmiş durumdayız. Daha çıraklık döneminde olmakla beraber, atomları tek tek hareket ettirebiliyoruz ve yüzeyleri tek atomlar düzeyinde işleyebiliyoruz (bkz. Şekil 5.4).

Bu yeti, nanoteknolojiler geliştirme çabasının temelini oluşturur. Bilimciler uzun süredir molekül boyutlarında mikroskopik makineler -motorlar, vanalar, alıcılar ve bilgisayarlar- yapmayı hayal ediyorlar. Onlar daha büyük yapıların içine konarak, işlevlerini görülmeden sürdürebilirler: Örneğin, bir kalp hastasının kalbini monitörde izlemek, ya da önemli ana damarların tıkanmasını önlemek gibi.



Şekil 5.5. Bir insan saç teli inceliğinden yirmi kat daha küçük eni olan bir gitar. Bir elektron ışını kullanılarak silikon kristalinden oyulmuş. Her biri yüz atom kalınlığında altı teli var; bunlar bir atomik kuvvet mikroskopu ile çalınabiliyor. Üretilen titreşimler insan kulağının algılayamayacağı ölçüde yüksek frekanslı. (Fotoğraf, New York'taki Cornell Üniversitesi'nden D. Carr ve H. Craighead tarafından.)

Bu türden bazı aletler yapılmış bulunmaktadır (bkz. Şekil 5.5). Yakın gelecekte onların, artan biçimde ama görünmeden, önemli bir rol oynamalarını bekleyebiliriz.

Tip V-eksi uygarlık statümüzü sürdürmek için uğraş veriyoruz. Nükleer kuvvetleri ve parçacıkları kontrollü biçimde kullanarak nükleer parçalanma (fission) yöntemi ile sürekli enerji sağlamayı, nükleer parçalanma ve nükleer birleştirme (fusion) yolu ile büyük patlamalar yapmayı başardık. Ancak, bütün bu etkinliklerin yan ürünlerini tehlikesiz ve güvenilir biçimde kontrol etmede başarısız olduk. Birçok ülkede yapılan uzun ve pahalı araştırmalara karşın, nükleer füzyon reaksiyonlarından, uygun kontrollü enerji kaynakları elde etmeyi başaramadık. Bu her ne kadar nükleer parçalanmadan elde edilen enerjiden daha güvenli ve temiz olsa da, etkileşim sonucu ortaya çıkan plazmanın* kontrol edilmesi ve saklanması, üstesinden gelinmesi zor problemlere yol açıyor. Şimdiye kadar elde edilen

*plazma: eşit sayıda elektron ve pozitif iyondan olunmuş sıcak, iyonize edilmiş gaz. (ç.n.)

kontrollü güç çıktısı, sadece çok kısa süre devam etti ve süreç de konvansiyonel enerji kaynaklarından çok daha pahalıydı. Yine de, bu problemlerin bir gün çözülmesi olası görünüyor. Gerçekte, İtalyan fizikçi Carlo Rubbia, çekirdeğin hızlı parçacıklarla yüksek enerjili bombardımanı yöntemiyle temiz enerji kaynakları elde etmenin yollarını, ana hatları ile açıkladı. Bu teknik, ek olarak, radyoaktif nükleer artığı zararsız kılacak basit bir yöntem de sağlıyor ve (var olan reaktörler ve süreçlerden farklı olarak) askerî amaçlar için kullanılabilecek hiçbir yan-ürün yaratmıyor.

Tip V-eksi türü bir başarı da, yakın zamanda gerçekleşmiştir: Cenevre'deki CERN'de, bir anti-madde (anti-hidrojen) çekirdeği üretilmiştir. En sonunda, madde ve anti-maddenin kontrollü birleşimi, bize temiz ve güvenli enerji sağlayabilir. Sorun, her zaman olduğu gibi, sadece onu gerçekleştirmek değil, onu üretmeye değer ölçüde ekonomik kılmaktır.

Biz henüz, bir Tip VI-eksi uygarlık değiliz. Protonların yüksek enerjili çarpışmasından ve parçacık fiziğinin öteki yüksek enerjili süreçlerinden, elementer parçacıklar elde edebiliriz; ancak henüz bu olayların artıklarına bakarak, elementer parçacıkların kendileri hakkındaki bilgimizi bütünleştirmek ve ilerletmek aşamasındayız: Sayıları nedir, kütleleri ve yaşam süreleri ne kadardır, onları ayırt eden ve karşılıklı etkileşimlerinin kapsamını sınırlayan nitelikler nelerdir? Bu parçacıkları işleyerek, belirli özellikleri olan karmaşık diziler oluşturmayı (femto mühendisliği) henüz başaramadık. Bu tür yapıların, hadronları ve mezonları oluşturan bildiğimiz formlar dışında var olup olamayacaklarını bilmiyoruz.

Maddenin en küçük bileşenlerinin bu tür manipülasyonunun, ilginç bir duruma yol açtığını belirtmekte yarar var. Mikroskopik dünyanın davranışını hiç olmadığı kadar hassasiyetle öngören, kesin matematik teorilerimiz var. Bu teoriler, bizim gözlem yolu ile saptadıklarımızdan daha çok şey öngörüyorlar. Bazen bu teoriler, eğer başka akıllı varlıklar da benzer deneyler yapmadılarsa, evrenin bütün geçmişinde, başka hiçbir yerde rastlanamayacak çok tuhaf bir durum ortaya koymaya izin veriyorlar. Örneğin bu yüzyılın baş-

larında, 1911'de Leiden'de, Hollandalı fizikçi Heike Kamerlingh-Onnes süper geçirgenlik olgusunu gözlemlemişti. Elektrik akımına karşı bütün direncin, -269°C, yani mutlak sıfırdan (-273°C) sadece dört derece yukarıya soğutulmuş cıvada, yok olduğunu gözlemledi. Evren'de hiçbir yerde, bu ölçüde olağanüstü düşük sıcaklık olmasını beklemek için bir neden yoktur. Bu durumda, süper geçirgenlik olgusu, 1911'de Leiden'de görülmeden önce, evrende ortaya çıkmamış olabilir. Aynı şekilde, 1987'de Zurich'te, Georg Bednorz ve Alex Mueller tarafından yüksek sıcaklıktaki süper geçirgenlik olgusunun keşfedilmesi de, evren için bir ilk olabilirdi. Bu olgu (henüz fizikçiler tarafından tam anlaşılmış değildir) geleneksel süper geçirgenlikten daha yüksek sıcaklıklarda (adı buradan geliyor) aynı fiziksel açıklamalara sahip değil; ayrıca minerallerin alışılmadık karışımlarından oluşan maddelerde ortaya çıkıyor. Bu maddeler oldukça hassas kimyasal karışımlardır (simyacıların gizli formülleri benzeri) ve onların, gezegen yüzeyi gibi doğal çevrelerde kendiliğinden ortaya çıkması ya da yıldızlararası maddelerden gelişmesi için bir neden yoktur. Öyle ise bu olgu, maddenin insanlar tarafından yapay koşullarda manipülasyonu sonucunda, evren sahnesinde ilk kez görülmüştür. Bu, üstünde ciddi biçimde düşünülmesi gereken bir durumdur.

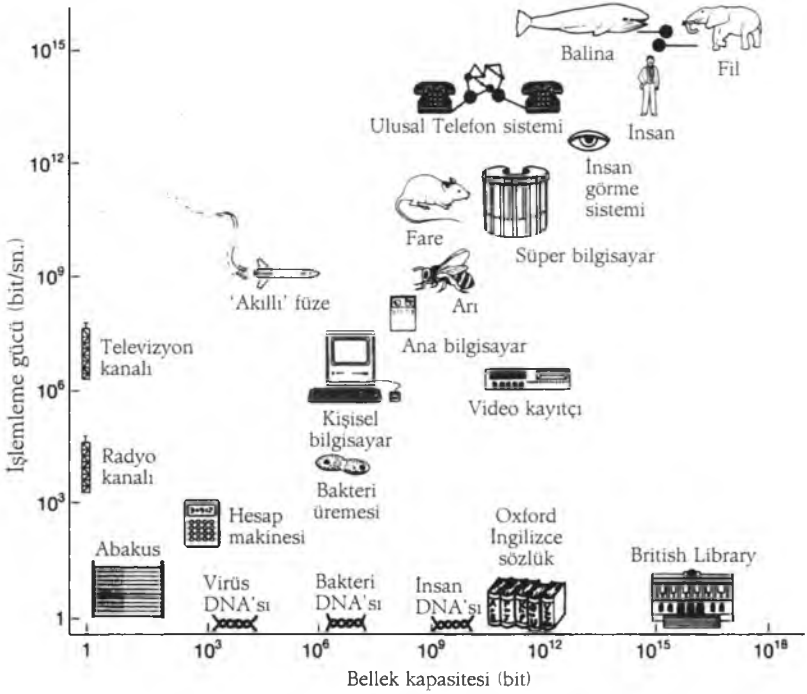
Tip Ω-eksi uygarlığı için nihaî meydan okuma, uzay ve zamanın manipülasyonu olabilir.[32] Onlar belki de, evrenin kuantum-sıfır enerji noktasına girmeyi başarıp, onu bir enerji kaynağı olarak kullanırlar. Günümüzde, böyle bir süper uygarlığın uzay ve zamana yapabileceği bazı etkileri (teorik olarak) tahmin edebiliriz; ancak bu tür değişiklikleri gerçekleştirmek, bizim teknolojimizin menzilinin çok ötesindedir.

Einstein bize, hareket eden saatlerin geri kaldıklarını -ve bu saatlerin güçlü yerçekimi alanlarında geri kaldıklarını- öğretti. Bu olguların, yüksek enerji fiziği deneylerinde, uzaydan gelen kozmik ışın yağmurunda ve güneş sistemi ötesindeki gözlemlerde de gerçekleştiğini görebiliriz. Ancak, bu etkilerden teknolojik bakımdan yararlanabileceğimiz koşulları sağlayacak duruma henüz gelmiş de-

ğiliz. Bilim kurgu okurlarının iyi bildikleri klasik bir örnek, yolcunun zamanına göre kısa bir sürede, dünyada kalan bizlere göre birçok ışık yılı ötede olan yıldız sistemlerine ışık hızına yakın bir hızla gitme imkânıdır. Kütle ve enerji arasında bilinmedik düzenlemeler olabileceği ve bunun zaman yolculuğu yapmaya elverebileceğinin, ya da evrenin bize (konvansiyonel ışık hızı zamanına göre) çok uzak gibi görünen bazı bölgeleri arasında yerel "solucan deliği" bağlantılar açılabileceğinin farkındayız.[33]

Bu türden spekülatif olasılıkların, onları göz ardı etmemizi engelleyen bazı özellikleri var. Bir gravitasyon teorimiz var; sınandığı her koşulda akıl almaz kesinlikle doğrulanan bir genel görecelik teorisi var. Onun bazı sınırlarının da farkındayız; yani, ekstrem sıcaklık ve maddesel yoğunluk koşullarında geçerli olamayacağını biliyoruz. Ancak, şimdilik bu koşullarla karşılaşma, ya da onları yaratma tehlikesine maruz olmadığımızı da biliyoruz Bu teori, zaman yolculuğu gibi şeylere izin vermektedir. Ne var ki, teorinin öngörülerini uygulayarak onu evrenimizle bağdaşır duruma getirecek kısıtlamaları seçebilmek için, bütün kısıtlamaları bilmemiz gerekir ki, bunu bilmiyoruz. Bunu yapmış olsak bile, birşeylerin yer alma olasılığını da sormamız gerekir. Zaman yolculuğu ilke olarak mümkün olabilir ve hiçbir doğa yasasına karşı gelmez; ancak (gerektirdiği çok özel koşullar nedeniyle) gerçekleşme olasılığı, onun uygulamada görülmesine asla izin vermeyecek ölçüde küçüktür. Örneğin, havaya yükselme olayı, bilinen fizik yasaları ile tutarlıdır; şu anlamda ki, eğer bedenimdeki bütün moleküller aynı anda yukarı doğru hareket ederse o zaman yerden yükselirim. Hiçbir fizik yasası buna karşı değildir. Bu anormal durumun yer alma olasılığı vardır. Ancak bu olasılık o kadar zayıftır ki, onun gerçekleştiğini söyleyen bir haberin doğru olmasından çok, yanlış olduğundan emin olabiliriz.

Uygarlık tipleri Ω ve Ω-eksi'nin makroskopik ve mikroskopik yetenekleri, tam bir çember çizerek birleşir. Evrenlerin hepsini kontrol etme, ya da onları kuantum boşluğundan yaratma yetisi, uzay ve zamanın *mikroskopik* kontrolünü içerir. Evrenler gerçekte uzay ve



Şekil 5.6. Yapıların iki niteliğinin, onların bilgi depolama kapasitelerinin (bit olarak) ve işlemleme güçlerinin (saniyede bit olarak) gösterimi. Büyük bilgi depolama ve hızlı işlemlemeyi birleştiren bilinen en karmaşık yapılar sağ üst köşede yer alıyor.

zamandan başka bir şey içermezler. Bütün madde, uzay ve zamanda dalgalanmalar olarak görülebilir; aksi halde uzay ve zaman, kırışıksız düzgün bir alt tabaka olurdu.

Teknolojik başarıların sınıflandırılması konusunu kapatmadan önce, manipülasyon başarısı için üçüncü bir temel kategori olup olmadığını ele almalıyız. Çok büyük ve çok küçük bölgeler dışında, bir de *karmaşık* bölge vardır. Deneyimimize göre, en karmaşık şeyler, çok büyük ile çok küçük boyutlular arasındaki bölgede yaşar. Şekil 5.6'da, bu karmaşıklık kulübünün bazı üyelerini sınıflandırdık. Onlar iç örgütlenmelerine göre ve alt-bileşenleri arasındaki karşılıklı bağlantıların sayılarına göre, ayrıcalıklıdırlar. Bu bağlantıların sayıları arttıkça, karmaşık davranma olasılığı, ani hoplama ve sıçramalarla, büyük bir hızla artar.

Karmaşıklar diyarına girdiğimizde, basit olan büyük ve küçük ülkelerinkinden çok farklı olarak kendini düzenleyen bir dünya ile karşılaşırız. Durağanlık (istikrar; stability) doğanın iki karşıt kuvvetinin denge durumuna gelmesinden ibaret değildir. Denge durumunun dinamik ama istikrarlı olması da mümkündür; bütününde düzen sağlamak için sürekli yerel değişim denge durumundan çok uzaktır. Mumun kendinden çok, mum ışığının kararlı olduğu bölgedir bu.

Kritik durum: Kum bilmecesi

Bir kum taneciğinde Dünyayı kavramak,
Bir yaban çiçeğinde cenneti,
Sonsuzluğu avucumuzda tutmak,
Ve bir saatte Ebediyeti.

WILLIAM BLAKE[34]

Şimdilik, karmaşıklığın genel bir teorisi yoktur. Yaşam gibi onu da tanımlamak zordur; ama görünce tanırız. Birçok özel örnekleri ile karşılaşıyoruz.[35] Hepsinin bazı ortak özellikleri var; ancak karmaşıklığın her biçiminin özünü yakalayan basit yasalar ortaya çıkmış değil. Belki o kadarını beklememeliyiz. Daha gerçekçi bir beklenti ise, sadece sonlu sayıda karmaşıklık türü olduğu ve keşfettiğimiz her örneğin bu sınıfların birinde ya da öbüründe yer alması olabilir. Son yıllarda, bu sınıfların birini niteleyebilecek önemli bir karmaşıklık düzeni saptanmıştır. Bu karmaşıklık, *kendi kendini örgütleyen kritik-durum (KÖK)* (Self-organizing criticality -SOC) olarak anılmaktadır.[36]

KÖK'ün temel örneği kum yığınıdır. Masa gibi kenarları açık olan düz bir düzey üzerine kum tanelerinin birer birer düşürüldüğünü düşünelim. Kenarlar açık olduğundan, fazla gelen kumlar kenarlardan düşebilir. Başlangıçta kum yığını yavaş yavaş yükselir; yeni gelen kum taneleri sadece düştükleri yerin yakın çevresindeki kumları etkilerler; arada bir, küçük ölçekli kum kaymaları baş gösterir. Kumlar düşmeyi sürdürdükçe , kum yığını yükselmeyi



Şekil 5.7. Kritik-durumda bir kum yığını.[69]

sürdürmez; eğim yavaş yavaş "kritik" bir açıya doğru yaklaşır. Bu eğim, yığının kenarlarından aşağıya akan kum kaymaları ile değerini korur (bkz. Şekil 5.7).

Bu kritik durumun, birkaç büyüleyici özelliği vardır. Tek başına kaotik ve öngörülemeyen olayların art arda gelmesi sonucu (düşen, yuvarlanan kum taneleri) ortaya çıkan, karmaşık bir örgütlü durumdur. Ancak, kum yığınının yegâne şaşırtıcı özelliği bu değildir ve bilincin ortaya çıkmasıyla derin bağlantıları olabilir. Ayrıca bir durağan durumdur (kumun yığın üzerine düşme hızı, sonunda, masanın kenarından dökülen kumun hızı ile dengelenecektir, ama her an, kararlı olmayan duruma geçmeye hazırdır; düşen her kum tanesi, ortalama eğimi sürdürmeye yönelik kaymalara ve değişikliklere yol açacaktır. Böyle bir denge durumuna "kritik-durum" diyoruz. Tuhaf bir öngörülebilme ve öngörülememe karışımıdır. Kum yığınının ortalama eğimi, kumun nasıl geldiğinden bağımsız olarak artsa da,[37] kritik duruma yaklaştıkça gelen her kum tanesine giderek daha duyarlı olur. Böylece, başlangıçta gelen taneler yalnızca yakındaki taneleri etkilediği halde, yığın kritik duruma yaklaştıkça, gelen her bir

kum tanesinin etkisi, giderek yığının yüzeyinde daha ötelere yayılacaktır. Kritik durumda, kum taneleri, yığının bütün yüzeyini kapsayan kum kaymalarına yol açacaktır.

Kum yığını, doğadaki birçok karmaşık-örgütlü sistemlerde görülen belirleyici (karakteristik) niteliklere sahiptir. Bir sistemin bu tür bir kritik duruma gelmesi için gerekli koşulun, hiçbir özel büyüklük tercih edilmeden çok geniş çeşitlilikte davranış (kumun kayması) sergilemesi olduğu tahmin ediliyor.[38] Kum yığını örneğinde bu, tek bir kum tanesinden bütün yığına kadar, özel bir kayma-büyüklüğü olmaması gerektiği anlamına geliyor. Kritik durumda, olanaklı bütün büyüklüklerde, değişen olasılıklarla kaymalar gerçekleşiyor.[39]

Kum yığını, ilk bakışta birbirinden tümüyle değişik sistemleri temsil edermiş gibi görünüyor. Eğer kum kaymaları yerine, karmaşık bir eko-sistemdeki tür tükenmelerini ele alırsak, kritik aşama, dinamik bir ekolojik denge durumunu temsil edebilir.[40] Soy tükenmesi, kum kayması gibi olumlu bir rol oynar; çünkü yeni türlerin yönetimi alması için ekolojik boşluklar sağlar. Dünya yüzeyinde yanardağların ve depremlerin[41] saptadığı ortalama basınç dengesini de KÖK'lere örnek alabiliriz. Ayrıntılı araştırma gündeminde yer alan ilginç bir başka örnek de trafik akışıdır. Tıkanmış bir yol şebekesinde optimal durum, optimal trafik akışını sağlamak için, her uzunlukta trafik tıkanmasının ortaya çıkarabileceği, kendiliğinden örgütlenen bir kritik durumdur. Büyük tıkanmalar içinde küçük tıkanmalar olabilir ve tek bir arabanın hareketi, domino-devirme etkisi yapabilir.[42] Arabayı siz kullanıyorsanız bu değişimler sizi sıkabilir; ama bunlar araba akışını genel olarak sağlayan, en verimli seçeneklerdir. Daha az değişim gösteren bir akış varsa, ya yol gereğinden daha az araba akışı ile kullanılmaktadır, ya da herkesin durmakta olduğu tümden tıkanıklık yaşanmaktadır. Öyle ise, optimal kritik durumda, hiçbir neden olmadan sürekli ortaya çıkan bu can sıkıcı tıkanıklıkları yaşarız. Gerçekte bunlar tek bir nedene indirgenemez. Bu, KÖK'ün iş başında olduğunu gösterir ve kritik duruma yakın olayların öngörülebilir olmama özelliklerinin bir bölümüdür. Benzer şekilde, eğer deprem bu tür örgütlü kritik davra-

nışa bir örnek ise, deprem olacağını öngörmeye çalışmanın hiçbir anlamı yoktur.

Ekonomi dünyasında da kendini-örgütleyen kritik-düzene önemli örnekler olabilir.[43] Ekonominin kritik durumda oluşuna, kum çığları yerine borsa çöküşlerini ve iflasları koyarak bakabiliriz. (Buradaki pozitif geri-besleme, kaynakların serbest bırakılması ve insanların yeni işler kurmasıdır.) Bu durumda piyasada büyük dalgalanmalar olacak ve ekonomik değişimin özünde var olan, öngörülemeyen yönleri olacaktır. Dahası, ekonomi eğitiminde yaygın olduğu görülen basit, ideal denge ekonomilerinin hiçbiri, kendini-örgütlemenin özünü yakalamayı başaramamıştır.

Müzik, kritik-düzen olguları için bir başka beklenmedik örnektir. Birkaç yıl önce, Amerikalı fizikçiler Richard Voss ve John Clarke, Batı kültürü kökenli olsun olmasın, müzik kompozisyonlarının büyük bölümünün, ses dalgası frekansının uzun süreli ortalamasını simgeleyen f'ye göre, karakteristik bir ses şiddeti değişim tayfı sergilediğini gördüler.[44] Geçmişe bakıldığında *1/f* tayf düzeninin, bütün bu müziklerin –Beethoven'den Beatles'a– paylaştığı kendini-örgütleyen bir kritik durum sergilediği farkedilir. Bunun nedeni belki de, bütün zaman aralıklarında, bu durumu karakterize eden örüntülerin bulunmasını, hem hoş bir yenilik, hem de yapı bakımından optimal bir durum olarak algılamamızdır. Dahası, bu örüntüler kritik duruma yakın oldukları için, yorumlamanın nüanslarına, önceden kestirilemeyen biçimlerde duyarlıdırlar. Bu, müzikal yorumların hoşa gitme ve tazelik konularına, özellikle de zamanlama nüanslarına yeni bir anlayış getirir ve bizim, kritik durumun insan zihni için en çekici gelen durum olmasını niçin bekleyebileceğimizi gösterir.

Kum yığınına ilişkin şaşırtıcı örnekten öğrendiğimiz şudur: Bu türden örgütlü karmaşık olgular için, kritik durumun öngörülemeyen yönleri var. Karmaşıklığın olanaklı biçimleri hakkında bilgimiz arttıkça —diğer karmaşıklıkların denklik sınıflarını karakterize eden benzer örnekler bulacağımıza da inanıyorum— öngörülememe ile karmaşıklığın karşılaşmasının, çok genel bir durum olduğunu keşfedebiliriz. Daha önce, istikrarlı olmamanın, doğada ortaya çıkmama-

sı gereken bir şeye işaret ettiğini, ya da en iyi hali ile, sivri noktası üstünde dengelenmiş bir iğne gibi çok kısa ömürlü olduğunu düşünürdük. Ancak kum yığını gösteriyor ki, istikrarlı olmayan birçok olay bir araya gelerek, uzun süreli bir düzeni sürdürebiliyorlar. Yaşam da arada sırada buna benzer! Başka doğal örnekler bulmak için pek uzaklara bakmamız gerekmiyor. Şelalenin karmakarışık akışı (türbülans) şöyle bir şey: Her küçük girdap kaotik olarak öngörülemez, ama yine de bütün akışın istikrarını sürdürmeye, büyük ölçekli enerjinin çok küçük ölçekliye akmasını sağlamaya yardım eder. Son olarak da; beyin kendini bir kritik duruma örgütlerken, bilinçli zihnimizin kalbinde bu kritik-düzene ait olmayan birşeylerin yattığını bile farkedebiliriz. Nöronları birer birer ateşlemesinde, başka nöron gruplarındaki etkinliği tetiklemesinde, kum kaymaları ile paylaştığı ortak çok şey var. Beynin işlevselliği zamanla gelişir ve kritik bir duruma da yaklaşabiliriz. Böyle bir durumda, küçük değişikliklere karşı en kapalı ve maksimal durumda olacaktır. Bu türden bir hassasiyet, sistem için arzu edilen bir özelliktir ve bilincin ortaya çıkması ile görünmeyen bir bağlantısı olabilir.

Çevremizde gördüğümüz karmaşık-örgütlenmiş yapıların bazılarını anlamaya başladık. En sonunda, bu yapıları ve sistemleri daha iyi anlamanın, onları belirli amaçlar için üretmemize izin vereceğini umabiliriz. Optimal kritik durumu kendilerine yöneltebilme becerisi olan ileri uygarlıkların teknolojileri ve çevreleri çok farklı olacaktır. Onlar, yüksek düzeyde bir öngörülebilir olmama ile yaşamaya karar vermiş olacaklardır. Bu öngörülememe, onların geleceklerini birçok yolla sürprizlerle dolu kılacaktır; ancak kritik verimliliğin bir sonucu olan yeniliğin asla giderilemeyeceğini de bileceklerdir. Bu, doğanın sunabileceği nihaî karmaşıklığın bir işaretidir.

Şekil 5.6' ya bakarsak, keşfettiğimiz ya da çevremizde inşa ettiğimiz karmaşık yapıların uzamını görebiliriz. Onlar şimdilik, büyüklüklerin orta bölümünde; atomik boyutların üstünde, astronomik boyutların altında bulunuyorlar. Örgütlenmiş karmaşıklık örneklerinin sayısının sınırlı olması için bir neden yoktur. Bilinçli varlıkların yapabildikleri, ya da doğanın uygun koşullarda üretebildiği, tüken-

mez sayıda yapılar olabilir. İleri uygarlıkların bizden üstün olmasını bekleyebileceğimiz alan, karmaşığın diyarıdır. Elementer parçacıklar dünyasındaki çalışmalar, beklenmedik biçimde sona yaklaşmış olabilir; astronomik evren çalışmalarının teknolojik uygulaması çok sınırlı olabilir; ancak karmaşığın diyarı, sayısız yollarla hemen yararlı olur. Yaşamı ve bilinci anlama ve bu fantastik süreçlerin başka örneklerini yapma konusunda bir rota sunar. Karmaşık yapıların sayısı, farklı durumlar arasında yapılabilecek bağlantıların permütasyonlarının sayısı oranında hızla artacaktır. Teknolojimiz, hiç tükenmeyen bu olanaklar dünyasında önemli bir etki yapmakta çok zorlanacaktır.

Şeytanlar: Maliyeti hesaba katmak

> *Bilim ile teknolojiyi birbirine karıştıran insanların sınırlar konusunda da çoğu kez kafaları karışır.... yeni bilginin her zaman yeni beceriler olduğunu düşünürler; hatta bazıları her şeyi bilmenin, herhangi bir şeyi yapabilmemizi sağlayacağını bile hayal ederler.*
>
> ERIC DREXLER[45]

19. yüzyıl, endüstri devriminin yaşandığı bir dönemdir. Bilimciler, her türden makinelerin verimliliğini araştırmış ve yavaş yavaş, enerjinin korunumunu ve kullanımını yöneten kuralları anlamayı geliştirmiştir. Bu araştırmaların bir sonucu da termodinamik yasalarıydı. Bunların en ünlüsü "İkinci Yasa"dır; kapalı bir sistemin entropisinin asla azalamayacağını söyler. Bu, uygulamada şu anlama gelmektedir: Enerji, fiziksel süreçlerde korunsa bile, daha düzensiz ve daha az yararlı biçimlere indirgenir. Bu indirgenmiş enerjinin daha yüksek "entropi'ye sahip olduğu ifade edilir. Sistemlerin düzenden düzensizliğe geçme yolları, düzensizlikten düzene geçme yollarından o kadar fazladır ki, kapalı sistemlerin giderek daha düzensiz duruma geçtiklerini görmeye alışmışızdır.[46] Görülüyor ki bu ilke istatistikseldir; yerçekimi yasası türünden bir doğa yasası değildir. Ancak yine de, teknolojik bakımdan neyin olanaklı olduğu tartışmalarında çok önemlidir. Yoktan bir şey elde edemeyeceğimiz -hatta



Şekil 5.8. Maxwell' in Seçici Şeytanı. Şeytanın hızlı ve yavaş molekülleri farkettiği ve onları bir kapı yardımı ile odanın iki bölümüne ayırdığı, böylece bir motoru çalıştırabilecek bir sıcaklık farkı üreteceği düşünülüyor.

berabere bile kalamayacağımız- fikrine bilimsel kesinlik kazandırır. Daha sonraları, art arda gelen bilimciler, entropi ile bilgi kazanmak ya da kaybetmek arasındaki bağlantıyı araştırdılar. Eğer bir sistemin durumu hakkında bilgi edinecek isek bunun bir maliyeti vardır. İş, yapılmalıdır. Termodinamiğin ikinci ilkesi bilgi edinmenin maliyetini hesaplamamıza olanak sağlar. Karşılıklı bağlantıları anlamaya giden bu yol, 19. yüzyılın en büyük bilimcilerinden birinin yüzeysel diyebileceğimiz bir önerisi ile başlamıştır.

19. yüzyılın son on yılına kadar, doğa yasaları kişiye-bağlı olmaktan epeyi uzaktı. Gözlemci ve gözlemlenen birbirinden tümüyle izole durumdaydı. Gözlemleme eyleminin elde edilen verinin üzerindeki hiçbir etkisini dikkate almayan bu bilimsel araştırma yöntemi, Kartezyen yaklaşım ile tam bir uyum içindeydi. Bilim, gizli bir yerden kuş gözetlemeye benziyordu. 1871'de, Newton'dan o yana en büyük İngiliz fizikçi olan James Clerk Maxwell, ilk kez, insanınkine benzeyen bir aklın fizik yasalarınca dikkate alınmasını gerektirebileceği bir durum tasarladı. Okuyucuları, aşağıdakileri düşünmeye davet ediyordu:

> Yetenekleri her molekülün hareketini izleyecek ölçüde gelişmiş bir varlık düşünürsek, yetenekleri önemli ölçüde hâlâ bizimki kadar sonlu olan böyle bir varlık, şimdi bizim için olanaksız olan bir şey

> yapabilir. Havayla dolu bir kap içinde, tekdüze sıcaklıkta olan moleküllerin, hiç de tekdüze olmayan bir hızla hareket ettiklerini biliyoruz. Ancak, rasgele seçilmiş büyük sayıda herhangi bir grubun ortalama hızı, hemen hemen tam olarak tekdüzedir. Şimdi, böyle bir kabın, küçük bir deliği olan bir bölme ile A ve B gibi iki bölüme ayrıldığını ve molekülleri tek tek görebilen bir varlığın da, sadece yavaş olanların B' den A' ya geçmesine izin verecek şekilde, deliği açıp kapattığını düşünelim. Böylece, iş yapılmadan B' nin sıcaklığını yükseltecek, A' nınkini düşürecektir ki, bu, termodinamiğin ikinci ilkesine aykırıdır.[47]

Maxwell, "seçici şeytan" adıyla anılan[48] bir yaratığın, Şekil 5.8'de görüldüğü gibi, gazdaki daha hızlı molekülleri ayırarak kabın bir bölümüne, yavaş olanları da başka bir bölümüne gönderebileceğini öne sürüyordu. (Bu, bir gece kulübü kapıcısının içeriye sadece "çekici" müşterilerin girmesine izin vermesinden farksızdır.) Sonuçta, iki bölme arasında, bir makineyi çalıştırmak için kullanılabilecek bir sıcaklık farkı olacaktır. Sistemin, bu şekilde, tekdüze sıcaklık ve yüksek entropi durumundan, iki sıcaklıktan birine ve daha düşük entropi durumuna geçmesi, açıkça ikinci yasanın doğrudan bir ihlaliydi. Gerçekten de öyle miydi?

Şeytan'ın girişimindeki zayıf halka, 1929'da Leo Szilard tarafından farkedilmiş,[49] daha sonra da başka birçok bilimci tarafından giderek daha ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Sorun şudur: Şeytanın hızlı ve yavaş molekülleri birbirinden ayırdetmesi, onları farklı bölgelere göndermesi, sonra da aynı şeyleri yapmak için hazır olması gerekiyor. Bütün bunları yapmak için şeytan, moleküllerle şu ya da bu tür bir etkileşimde bulunmak zorunda -sözgelimi onların üstüne ışık tutmak ve yansıyan ışığın rengine bakmak gibi. Onun hızlı ve yavaş molekülleri ayırt etmek, sonra da yeniden başlamak üzere bu bilgiyi yok etmek için yapmak zorunda olduğu iş, bu ayırımı yaparak ortaya çıkardığı sıcaklık farkı kullanılarak yapılabilecek işten daha fazladır.[50] Böylece, Maxwell'in şeytanı yok edilmiştir. Onun, termodinamiğin ikinci yasasını ihlal edici bir şey yapması, bütün sayılara her zaman para koyarak oynanan bir rulet masasından kârla kalkmaktan daha olanaklı değildir. Bu tür

uzun vadeli stratejilerin maliyeti, her zaman, olanaklı yararlardan çok daha fazladır.

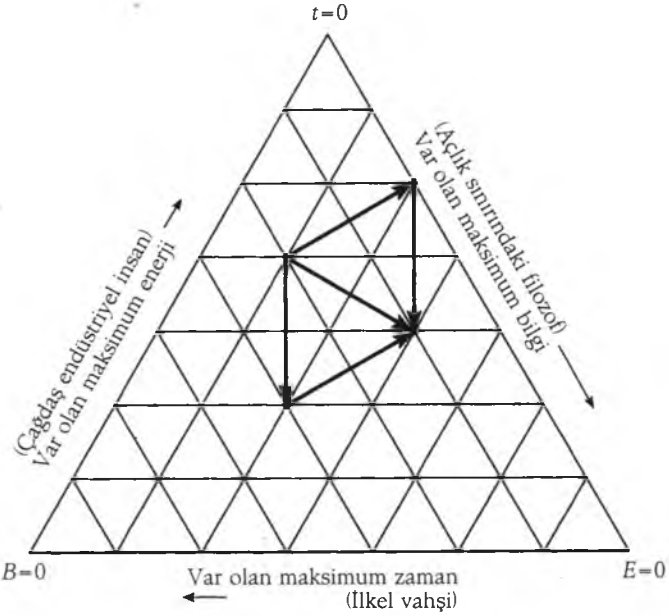
Araştırmalar, tek bir bit'lik bilgiyi işlemek için gereken mutlak bir minimum enerji olduğunu ortaya çıkardı. Bu en küçük değer, termodinamiğin ikinci yasası uyarınca saptanmıştır. Dahası, fizikçi Jakob Bekenstein, çok genel koşullarda, belirli bir hacim içinde depolanabilecek maksimum bit'lik bilgi sayısının saptanabileceğini keşfetmiştir.[31]

Uygarlıkları, yukarıdaki kısıtlamaların getirdiği temel sınırlara ne kadar yaklaşabildiklerine göre sınıflandırabilirdik ve böylece belirli düzeylerde karmaşıklık, ya da belirli düzeylerde bilgi içeren sistemler yaratmak ya da çalıştırmak mümkün olabilirdi. Bu arayışın bazı çok belirli yönleri var; örneğin, giderek daha büyük boyutlu ve işlemleme hızı daha fazla olan bilgisayarların gelişmesi. Bu gelişmenin iki düzeyde ilerleyeceği görülebilir: Bireysel makinelerin kendi iç bağlantılar şebekesinin optimal yapılmasıyla güçlerinin artırılması; aynı zamanda, farklı bilgisayarlar bağlanarak oluşturdukları şebekenin ürettiği toplam gücün artırılması. Bu genişletmenin en bilinen örneği Internet'dir; ancak, yerel olmayan bütün bilgi yayma ve alma sistemlerini, örneğin uluslararası telefon sistemini de bu türün bir örneği olarak düşünebiliriz. Minimalist bir bakış açısından, bütün teknolojik girişimleri, yapılarını tamamen belirlemek için gereken bilgi miktarına ve sistemin değişmesi için bu bilginin hangi hızla değişmesi gerektiğine göre sınıflandırabiliriz. Bu yolla, bir termometrenin bir masa üstü bilgisayardan daha basit (yani tamamen tanımlanması için daha az bilgi gerektirir) olduğunu görürüz. Bir uygarlığın bilgi depolama ve işlemleme becerilerinin gelişmesinin, birbirinden çok farklı en az iki yüzü vardır. Bir yandan, çok büyüyen ve karmaşık hale gelen şeylerle baş etmek için artan bir yetenek gereksinimi; öte yandan, bilgi depolamayı giderek daha küçük hacimlere sıkıştırma gereği. Bu sıkıştırma, donanım mimarisinin içinde yapılır ve bu nedenle de nanoteknolojilerin gelişmesi ile yakından bağlantılıdır.

Bu keşifler bize, bilginin bir çeşit değerli mal olduğunu öğretti. Ona sahip olmak emek gerektirir. İşlemlemenin fiziğini daha ayrın-

tılı olarak incelediğimizde, termodinamik ve kuantum fiziği yasalarının teknolojiye ve işlemlemeye getirdiği sınırları daha iyi anlamaya başladık. Mikroskopik nanoteknolojinin herhangi bir biçimi, sonunda bu sınırlarla karşılaşacaktır. Bunlardan en ilginç olanı, Nobel ödüllü fizikçi Eugene Wigner'in, olanaklı en küçük saatin büyüklüğünü ya da kütlesini keşfetmesidir.[52] En küçük saatin sınırının, en basitinden, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi'nin getirdiği bir sınır olması beklenebilirdi. Ancak, saat, eğer bir işe yarayacaksa, defalarca okunması gereken bir araçtır. Onun minimum büyüklüğüne getirilen sınırın, kuantum mekaniğinin Belirsizlik İlkesinin getirdiğinden çok daha güçlü olduğu anlaşılıyor; saatin maksimum çalışma süresini, onun belirtmesini istediğiniz en küçük zaman süresine bölmekle bulunacak bir çarpan kadar daha güçlü. En küçük mikro-bakterilerin içsel biyolojik döngü sürelerini, zaman ölçen "saatler" olarak yorumlarsak, bu sınıra oldukça yaklaşmış olduklarının anlaşılması ilginçtir.[53] *E. coli* bakterileri 0.01 mikrometre ile, kendi kütlelerindeki yapılar için, kuantum saati sınırından sadece yüz kat büyükler. Uzak gelecekte, bu saat eşitsizliklerinin, ileri nanoteknolojilerin gelişmesine Heisenberg'in Belirsizlik İlkesinden daha güçlü sınırlar koymaları beklenir. Bütün makineleri belirli sürelerde ayarlamak gerekir. Zaman ölçen aletler eğer art arda tekrarlanan gözlemlemelerin getirdiği pertürbasyonlara dayanacak sağlamlıkta iseler, Wigner'in en küçük boyutlu saat sınırı onların büyüklüğünü de kısıtlar. Canlı bir organizmanın bunu yapmaması durumunda, gerekli karmaşıklığının örgütlenme ve senkronize edilme mekanizması çöker. Karmaşıklığı ve teknolojiyi küçültmenin bir sınırı vardır.

Zaman, enerji ve bilgiler arasında üç-taraflı bir alış-veriş olduğunu ve bunun, -belirli bir enerji bütçesi, enerji-zaman belirsizlik ilkesi, ve Wigner'in saat sınırı- ile elde edilebilecek bilgi miktarının sınırlarıyla kontrol edildiğini gördük. Günlük yaşamımızda alışık olduğumuz etkinliklerde de, bu üç niceliğin karşılıklı etkileşimlerini görüyoruz. Eğer işleri daha yavaş yaparsak, onları daha hızlı yaptığımıza kıyasla daha az enerji kullanırız. (ABD'de araba sürücüleri-



Şekil 5.9. Enerji, zaman ve bilginin ortak-yaşamsal (sembiyotik) ilişkilerini gösteren Spreng üçgeni. Üçgen içindeki her nokta bir işi bitirmek için gereken olanaklı bir enerji, zaman ve bilgi karışımını temsil ediyor. Bu niceliklerden herhangi birindeki bir değişim, öteki ikisindeki bir değişim kombinasyonuna denktir.

ne yapılan çağrıyı hatırlayınız: Daha yavaş git –saatte 55 mil– ve benzindeki kimyasal enerjiyi daha iyi kullan.) Hız ve enerji arasındaki bu bağlantı, ters çevrilebilecek süreçlerin çevrilemeyenlere göre daha verimli (daha az ısı kaybı) olduğunu gösteriyor. Tam olarak ters çevrilebilir bir süreç son derece yavaş çalışır. Eğer enerjinin niteliğinin, ısıtma işlemi sonunda başlangıçtaki gibi olmasını istiyorsanız, evinizi ısıtma işlemi, hiç bitmeyen bir süre gerektirir.

İsviçreli bir fizikçi, Daniel Spreng, enerji, zaman ve bilginin birbirlerine bağlı olduğunu Şekil 5.9'da[54] görülen üçgen şema ile açıkladı. Üç nitelikten (enerji *E*, zaman *t*, bilgi *B*) herhangi ikisi, başka ikisi ile değiştirilebilmektedir. Üçgendeki herhangi bir nokta, belirli bir işi başarmak için üç bileşenin özel bir karışımını temsil ediyor. Çokça enerji varsa, üçgenin tepesine yakın bir yere oturursunuz ve

giderek daha az enerji gerektiğinde enerjinin sıfır olduğu alt sağ köşeye yaklaşırsınız.

Resimden (Şekil 5.9) enerji değişimlerinin (veya belirli korunum ölçülerinin) belirli zaman değişimleri ve bilgi değişimlerinin kombinasyonundan nasıl elde edildiği görülebilir. Üçgenin köşelerine yakın yerlerde üç ayrı durum görüyoruz: $E = 0$ 'da düşünceli filozof var; işini yapmak için çok uzun zamanı ve çok bilgileri var. İlkel insan atamız belki de $B = 0$ 'a yakın yaşıyor ve çok zaman ve enerji kullanarak işini yapıyor; çünkü emeği azaltan araç-gereç hakkında bilgiler hiç yok. Üçüncü olarak, $t = 0$ 'ın yakınında çağdaş (ve gelecekteki) teknolojik toplumun dünyası var; işlerin çok çabuk yapılması için pek çok enerji ve bilgiler (enformasyon) kullanılıyor -*Concord* ve Internet dünyası. Üçgenin bir noktasından bir başka noktasına gidildiğinde, şekil, enerjiyi korumak için ne yapılması gerektiğini de gösteriyor. Eğer çok zamanımız varsa, pek fazla bilgilere ihtiyacımız yok; çünkü rasgele deneme-yanılma yöntemi ile rahatça araştırabiliriz. Ama eğer zaman pahalı ise, işi yapmak için en hızlı yolu bilmeliyiz. Bu da çok bilgi gerektirir.

Alvin Weinberg'e göre zaman, giderek bizim en önemli kaynağımız durumuna gelecektir. Zaman ve bilgilerin değeri, en sonunda, bize zamanı planlamak için daha fazla özgürlük vermesidir.

> ...Bilgisayar çağında giderek daha verimli olan bilgisayar makinelerinin çalışmalarının sonucu olarak, bilginin işlemlenmesindeki olağanüstü ilerlemenin en derin ve kalıcı sosyal etkisinin, zaman kullanımının yeniden düzenlenmesi olduğunu düşünüyorum.[55]

İki gelecek tipi

> *Gelecek konusunda güven dolu makaleler, bana göre, entelektüel bakımdan topluma yönelik olarak dile getirilmiş konuların en güvenilmez olanıdır.*
>
> KENNETH CLARK[56]

Bilimcilerin çoğunun bulunduğu Batı toplumlarının politik görüşlerde sağ ve sol kanat, ya da liberal ve cumhuriyetçi şeklinde iki-

li eğilimler göstermesi gibi, dünya ötesi konularla ilgili eskatogyatik* kehanetlerde de aynı ayırıma rastlanır. Bir yanda, evrendeki yaşamın geleceğini, birbirine rakip akıllar (ki bunlar en sonunda makineleri de içerecektir) ve doğanın kendi ile olan rekabetin hiç tükenmeyen bir çatışması olarak görenler var. Öte yanda da, aydınlanma, işbirliği, uyumlu bir dengenin olduğu bir gelecek görenler var. Bu iki seçenek birçok bakımdan rekabet halinde olan iki topluluğun ulaşabileceği olanaklı iki uç durumu yansıtıyor. Bu problem matematikçiler tarafından "oyun teorisi" adı altında enine boyuna incelenmiştir. Bir "oyun", iki ya da daha çok oyuncunun katıldığı (bilinçli veya bilinçsiz olarak) farklı stratejiler kümesi ve onların getirileridir. Örneğin oyuncular iş adamı, stratejiler de "rakiplerin teklifini artır" veya "rakiplerin teklifini kır" olabilir. Olanaklı bütün sonuçların getiri ve kayıplarını hesaplayarak, uzun vadede hangisinin en iyi olduğunu sorabiliriz. Genel olarak, rakiplerin ne yaptıklarından bağımsız olarak olanaklı en iyi (ya da en az riskli) stratejiyi bulmak isteriz.

Uzun bir zaman süresinde rakiplerin son bir denge durumunda mı duracaklarını, yoksa çatışmanın sürekli kızışacağını mı bilmek isteyebiliriz. Olanaklı bir son durum, bütün oyuncuların *evrimsel istikrar stratejisi -EİS-* (evolutionary stable strategy - ESS) denen stratejiyi benimsemeleri olabilir.[57] Bu strateji şu anlamda istikrarlıdır: ondan sapan oyuncu daha kötü durumda kalır. Ancak her zaman böyle bir EİS stratejisinin var olmaması da mümkündür. Örneğin, iki oyuncu ile oynanan eski "taş-makas-kâğıt" çocuk oyununu ele alalım. Beraberlik olduğunda (yani iki oyuncu da aynı eli gösterdiğinde) her ikisi de eşit bir ceza ödeyecektir; o zaman her iki oyuncu için de EİS karma stratejiyi, yani taş, makas ve kağıdın her birinin uzun sürede aynı olasılıkla (üçte bir) görüldüğü stratejiyi oynamaktadır. Ancak kurallar, her iki oyuncu da aynı eli oynadığında eşit ödül alacak şekilde değiştirilirse, hiçbir EİS olmadığı görülür.

---

* İlahiyatın yaşam sonrası konuları ile ilgili dalı (ç. n.).

Öteki seçenek ise, oyuncuların kendilerini, bir önceki oyuncunun hareketini yanıtlayarak yükselttiği, silahlanma yarışında olduğu gibi, bir koşturmacada bulmalarıdır. Böylece sınırlı bir yaşama alanında, iki rakip tür, biri daha keskin diş geliştirerek, öteki ise daha kalın zırh geliştirerek uzun süreli bir evrim geçirebilirler. Bir bakımdan kısıtlı olan kaynaklar içeren oyunların, bu kaynakların kullanılmasında EİS'nin benimsenmesine yönelmesini, ama kısıtlanmamış kaynaklarda ise sürekli tırmanan bir yarış yönüne dönmesini beklemek olağandır. Örneğin, eğer sık bir ormanda çeşitli türden ağaçlar ormanın loşluğunda ışık için yarışıyorlarsa, her biri ötekilerden daha uzun olmaya çalışır; ancak bu silahlanma yarışı stratejisinin enerji ve zaman gerektirmesi bir kısıtlama getirir.

Bilimsel girişimin nihaî kaderi konusunda spekülasyonlarda bulunanlar ve bilimciler aşağıdaki iki gruptan birine konulabilirler: ya EİS, ya da tırmanan bir yarış. Bir grup yorumcu, teknolojik çağı Arthur C. Clarke'ın *Çocukluğun Sonu*[58] romanındaki Overlords'a benzeterek; egemenlik alanlarını genişletme ve doğayı manipüle etme dürtülerine karşı koymayı öğrenen bir beyin-ağırlıklı varlıklar ırkının, sonunda, teknoloji çağının ötesine geçeceğine inanırlar. Sadece teknolojik ilerlemeyi durdurmakla, kendi gezegen sistemlerinin sınırları içinde, çevreleri ile bir ölçüde denge içinde yaşamayı başaracaklardır. Bu tahmin, Dünyanın bugünkü kaynaklarının tükeneceği konusundaki ciddi endişelerin geleceğe yansıtılmasına dayanıyor. Çoğu kez, bu ileri varlıkların çok gelişmiş diğerkâm (altruistik) ve etik ilkelere sahip olacakları öngörülüyor. Çünkü, son derece uzun yaşayan uygarlıkların devam etmesi için bu niteliklerin gerekli olduğu düşünülüyor.[59] Bu senaryo, çok ileri teknolojinin bir sonucunun, büyük olasılıkla bireysel yaşam süresinin çok (hatta sınırsız) uzaması olacağı beklentisi ile oldukça tutarlıdır. Bu, türlerin evriminin yavaşlamasına, hatta belki de uzun süreler boyunca kendi rızası ile kış uykusuna yatmasına yol açacak ve böylece kendiliğinden oluşan bir EİS ile sonuçlanabilecektir. Bu görüş, dünya-dışı akıllı varlıklara merak duyan ve onları arama etkinliklerinde bulunanlar arasında yaygındır.[60] Buna şaş-

mamak gerekir. Bu tür araştırmaların olası en büyük getirisi, son derece ileri akıllara sahip olan canlı biçimleri ile ilişki kurmak olduğuna göre, kendimizi onların amaçlarının tamamen saygıdeğer olduğuna inandırmamız önemlidir. Eğer tersini düşünseydik, en iyi strateji, var olduğumuzu (ve akılsız olduğumuzu) yıldızlar-arası radyo frekanslarından yayınlamak yerine, etkin duman perdeleri geliştirmek olurdu. Bu senaryoya sıcak bakanlardan biri de Boston Üniversitesinden astronom Michael Papagiannis'dir; onun kanısına göre idealist ileri uygarlıklar,

> doğuştan gelen sürekli maddesel gelişme eğilimine karşı koymayı başaran ve onun yerine maddesel olmayan amaçlar koyan topluluklar, krizi aşarak yaşamı sürdüren topluluklardır. Bunun sonucunda bütün galaksi, kozmik ölçütlerle kısa bir sürede, dengeli, son derece etik ve spritüel uygarlıklarca iskân edilecektir.[61]

Öteki seçeneğin öne sürdüğü resim, yaşam-sürdürmenin uzun ömürlü uygarlıklar için giderek daha zorlaşacağını gösteriyor. Hatta onlar, savaşların ya da kuyruklu yıldız ve asteroidlerin gezegenlerine çarpmasının yol açtığı felaketlerin ardından, uygarlıklarını birkaç kez yeniden başlatmak zorunda kalmış olabilirler. Davranışları hayli olağan dışı evrimsel yollarla gelişmiş olabilir ve gelişmelerinin beklenmedik bazı yan ürünlerini (müzik, matematik, ... vb.) sergileyebilirler. Akıllı varlıklar ilerledikçe, akıllarının yan ürünlerinin daha yaygın, doğrusal (lineer) olmayan ve öngörülemeyen bir hal alması beklenir. Biyologların, oldukça genel koşullarda özverinin optimal strateji olduğuna ve bazı özgecil (diğerkâm) davranışların etik kurallar benimsemeye gerek olmadan seçilebileceğine inanmaları için geçerli nedenleri var. Ancak, dünyasal dinlerin birçoğunun öğütlediği ve saygı duyduğu erdemli nitelikler, yalnızca uyarlamaya dayanan evrimle açıklanamaz. Bunlar, kısıtlı bir evrimsel perspektif için optimal olanın çok ötesinde, özgecil olmak ve kendini feda etmek gibi, bencillikten uzak etkinlikler öğütlerler.[62]

Bilimciler ve Hans Morave[63] ya da Olaf Stapleton[64] gibi fütüristler bilimsel ilerlemeyi "bilgisayarlar" ya da benzer ileri akıllar ara-

sındaki rekabetin gerekli bir sonucu olarak görmüşlerdir. Ancak, rekabetin, yerini sonunda işbirliğine bırakan bir evrim aşaması olup olmadığını bilmiyoruz. Dünyada birçok alanda, ekonomik kısıtlamaların yol açtığı işbirliğine doğru küresel bir hareket görüyoruz. Belki de aynı şey, uzak gelecekte daha büyük ölçeklerde kendini tekrarlayacaktır.

Teknolojik ilerleme kaçınılmaz mıdır? veya, her zaman arzu edilir mi? –bir masal

> *Gelecek, olanaklardan dokunmuş bir kumaştır. Bunların bazıları yavaş yavaş olasılıklara dönüşür; birkaçı da kaçınılmazlık olur. Ancak, atkı ve çözgülerin içine dikilmiş sürprizler de vardır ve onu parça parça edebilirler.*
>
> ANNE RICE[65]

Tek-yönlü bir yol şebekesinde kaybolan ve şehrin öbür ucuna giden yolu soran bir sürücüye, içinizden "oraya buradan gidemezsiniz" demek gelir. Aynı şekilde, her şeyin şimdikinden daha iyi ve daha hızlı olduğu uzak gelecekleri hayal ettiğimiz zaman, oraya buradan gitmenin mümkün olup olmadığını da düşünmeliyiz. Hepimiz, "daha iyi servis"in bir öncekinden daha kötü olduğu -sadece veren için daha iyi: biraz daha az almak için, çok daha az vermek- bir deneyimi yaşamışızdır. Daha da kötüsü, olumsuz yan etkileri çok geç anlaşılan bir ilerleme biçiminin de var olmasıdır. Ciddi yan etkileri olduğu sonradan farkedilen birçok ilaç ve yiyecek biliriz. Endüstri devriminin iklim ve ekosistem dengemize ne büyük değişiklikler getirdiğini çok geç anladık. Çok aşikâr bir örüntü var. Teknolojinin yararları ne kadar güçlü ve kapsamlı olabiliyorsa, onun yanlış kullanımı ve başarısızlığının yan ürünleri de o kadar önemlidir. Teknoloji, rastlantısal olan ne kadar çok şeyi bir yapıya kavuşturursa, ürünleri o ölçüde ısı dengesinden uzaklaşır ve ona yol açan süreci ters çevirmek de o ölçüde zorlaşır. Teknolojik ilerlemenin arttığı bir gelecek tasarlarken, giderek artan biçimde tehlikeli olan ve ters çevrilemeyen felaketten aşırı-duyarlılıkta etkilenecek bir gelecek ile karşılaşabiliriz.

İlerlemenin insanı daha kötü duruma nasıl getirebileceğini hayal etmek, birçok kişiye zor gelir. 1951'de, bilim kurgu yazarı Arthur C. Clarke, yalnızca hepimizin iyi bildiği psikolojik dürtüleri kullanarak, bunun özellikle ilgi çekici bir örneğini verdi: *Üstünlük* (Superiority)[66]. Bu, teknolojik bakımdan son derece ileri bir uygarlığın, teknolojik bakımdan daha alt düzey bir kuvvet tarafından yenildiği bir uzay savaşının öyküsüdür. Öyküyü anlatan, morali bozulmuş ve yenilgiye uğramış Başkomutandır ve yetersizliği nedeniyle bir hapishane hücresinde mahkûmiyet ve cezalandırılmayı beklemektedir. Savunma avukatının cezayı hafifletmek için başvurduğu savunmaya göre, bilimde geri olan düşmanlarına yenilmelerine yol açan şey, askeriyenin teknolojik ve bilimsel ilerlemeye kuşku duymayan inancıydı. Savunmasında Komutan bize Starfleet (Yıldız-filosu) yenilgisinin paradoks içeren öyküsünü anlatır.

Başlangıçta Başkomutan, Starfleet'in askerlerinin çokluğu ve üstün askerî bilim gücü sayesinde düşmanlara karşı çabuk ve kolay bir zafer kazanacağından emindi. Ancak, ilk muharebelerde başarılı olmalarına karşın, zafer, beklenenden çok daha az farkla kazanılmıştı. Olaylar kolayca tersine de dönebilirdi. Bu beklenmedik bir şoktu; hemen bir toplantı yapıldı. Silah araştırmaları yeni başkanı General Norden kürsüye geldi ve çok ikna edici bir konuşma ile, ordunun silah sistemlerinin bir çıkmazda olduğunu açıkladı. Silahlar güne ayak uyduramamıştı ve onları ufak iyileştirmelerle kusursuz kılmaya çalışmanın bir yararı yoktu. Yeni, daha cüretli yüksek teknoloji sistemlerine gerek vardı. Norden, eski silah-bilimci grubun yerine yeni bir grup getirdi ve henüz geliştirme aşamasında olan yeni birtakım silahların üretimini hızlandıracağını bildirdi.

Komutan ve çevresindeki bir grup generalin, anlaşılacağı gibi, huzurları kaçtı; ancak, dört hafta sonra Norden'in teknik ekibi Yok Etme Küresi adı verilen yeni silahın başarıyla uygulanabileceğini gösterdiğinde, politikacı patronlarına, söyleyecek pek az söz kalmıştı. Bu silah, çevresindeki birkaç yüz metrelik alanda bulunan her şeyi parçalayıp yok ediyordu. Eldeki bütün füze güdüm sistemleri, bu muhteşem yeni silaha uyacak şekilde değiştirildi. Bu iş Nor-

den'in beklediği ölçüde kolay yürümedi. Bu ağırlığı yalnızca en büyük füzeler taşıyabiliyordu, onları da sadece Yıldız Filosunun en büyük uzay gemileri taşıyabilirdi. Buna karşın, Norden o denli karizmatik bir teknik dehaydı ki, o anda hiç kimse bu sınırlamalardan rahatsız olmadı. Herkes zaferin kaçınılmaz olduğundan emindi.

Kısa süre sonra işler daha da kötüye gitmeye başladı. Bir Küre kendini fırlattıktan hemen sonra, Yıldız Filosunun gemilerinden biri yok oldu. Moraller yıkıldı ve Yıldız Filosunun mürettebatı ile Norden'in bilimcileri arasındaki ilişkiler bozuldu. Norden buna, yok etme küresinin menzilini on kat artıracağını bildirerek karşılık verdi; ancak, bütün füze rampalarında yeniden değişiklikler yapılması gerekti. Ama yine de herkes, geliştirilen teknolojinin beklemeye değer olduğuna kendini inandırdı. Bu arada düşman kuvvetleri, kendilerine hiçbir karşılık verilmemesinden güç alarak, Komutanın kuvvetlerini geri püskürttü. Üstün sayılarına karşın Komutanın kuvvetleri bu hücumları kıl payı karşılayabildi; çünkü silah sistemlerinin çoğu, henüz geliştirilmekte oldukları için, kullanılamıyordu. İmparatorluğun sınırlarındaki birkaç küçük üs, tamamen kaybedilmişti.

Düşman, telaşla daha fazla eski moda, düşük teknoloji ürünü gemi ve silahlar üretmiş ve kısa sürede sayı avantajı sağlamıştı. Norden, niceliğin niteliğe üstün olmayacağını ileri sürüyordu. Haklıymış gibi görünüyordu. Her ne kadar Küre'nin büyüme sancıları olduysa da çalıştığı zaman birçok düşman gemisini yok etmişti. Ne var ki, sürekli bölge kayıpları vardı ve düşman giderek daha atak oluyordu. Norden, Yıldız Filosu komutanlarından sert eleştiriler almaya başladı. O da, buna yanıt olarak, yeni ve çok-gizli bir silahın, Savaş Analizcisi'nin keşfini açıkladı. Bu akıllı bir bilgisayar sistemiydi, muharebe karmaşıklıklarını otomatik olarak halledecekti. Ne yazık ki kötü talih darbesini vurdu. İlk sistem, en iyi beş bin teknisyenle, bir uzay gemisine konuldu ve gemi bir serseri uzay mayınına çarptı. Sonuç, toptan kayıptı. Norden, karşı karşıya kaldığı itibar kaybına, o denli akıl almaz, o denli güçlü, o denli beklenmedik bir silahın haberini vererek karşılık verdi ki, komutanların ağzı açık kaldı. Norden'in şaşkına dönmüş dinleyicilere açıkladığına göre, Üssel

Alan (Exponential Field), uzayın bir bölümünü sonsuza gönderebilirdi. Alanı taşıyan bir Yıldız Gemisine hiçbir şey ulaşamazdı. Tümüyle düşman gemileriyle sarılsa bile ona saldırılamazdı. Saldırıldığında ortadan kaybolabiliyor, hiçbir belirti vermeden bir düşman gemisinin yanında ortaya çıkıp onu yok edebiliyor ve yeniden kayboluyordu. Bu, nihaî gizli silahtı. Gereken malzeme basit ve ucuzdu. Bütün gemiler Alan ile donatılmak için yine geçici olarak kalafata çekildi. Yine güvenler tazelenmişti. İleri teknoloji karşılığını veriyordu ... ya da öyle görünüyordu.

Önceleri denemeler iyi sonuç verdi. Yıldız Filosu komutanları, evrende istedikleri gibi gidip gelebildiklerine inanamıyorlardı. Ama sonra bazı ufak sorunlar çıkmaya başladı. Ciddi bir şey yoktu; sadece iletişim devreleri iyi çalışmıyordu. Bunları halletmek için üsse döndüler, ancak düşman aniden büyük bir atağa kalktı ve Alan silahını taşıyan gemiler, tamirat tam test edilmeden tekrar savaşa gönderildiler. Karşılarında çok büyük bir düşman kuvveti görünce, bütün Yıldız Filosu, Alan silahını devreye soktu ve hemen hiper-uzaya geçerek ortadan kayboldu. Bütün talimatları harfi harfine yerine getirerek, geri dönüp düşman gemilerini birer birer çevreleyip şaşırtacak grupları titizlikle planladılar. Neyin yolunda gitmediğini hiçbir zaman öğrenemediler. Her biri planlanandan farklı bir yere dönünce, felaket başladı. Düşman düzeninin tam ortasına giren bazıları, anında yok edildiler; bazıları da kendilerini Galaksinin öteki tarafında bulup kayboldular. En kötüsü de, hiçbir geminin ötekilerle temas kurmayı başaramamasıydı. Ancak iletişim araçları kusursuzca çalışıyor gibiydi ve her Yıldız gemisi komutanı, yegâne sağ kalanın kendininki olduğuna inanmaya başlamıştı.

Ancak daha sonra, tam bir yenilgiden ve gezegenin düşman tarafından ele geçirilmesinden sonra, korkunç gerçek ortaya çıktı. Alan devreye sokulduğu her seferinde, gemi ve bütün parçaların sonsuzluğa savrulması hiper-uzaysal bir distorsiyona neden oluyordu. Alan geriye çevrildiğinde distorsiyon da ters çevriliyordu -ama bu hiçbir zaman tam olarak yerine oturmuyordu. Her zaman küçü-

cük hatalar çıkıyordu; entropi yükselmişti. Nesneler hiçbir zaman eski durumlarına -ve konumlarına- dönememişti. Bu yolla elektronik sistemlerde ortaya çıkan küçük uyumsuzluklar, önceleri, herhangi bir etki yapacak kadar büyük değillerdi. Ama bunlar birikerek artıyordu: Herhangi bir yıldız gemisi, birkaç kez Alanı kullanıp sonra da ters çevirdiğinde, onun parçaları ve elektrik devreleri, filonun öteki gemilerindeki spesifikasyonlardan kayıyorlardı. İletişim frekansları ve kodları senkronizasyondan uzaklaşmaya başladı ve bazı hassas yüksek teknoloji sistemleri durdu. İşler giderek daha kötüye gitmeye başladı ve kaosla doruğa ulaştı. Düşman binlerce ilkel gemi ve modası geçmiş silahla hücum ediyordu. Bir gemi, saldırganlardan kaçmak için Alanı kullandığı her seferinde, donanımı biraz distorsiyona uğruyordu. En sonunda her şey çalışmaz oldu; her gemi ötekilerden izole olmuştu. Çaresizlerdi. Başkomutanın yapabileceği tek şey vardı: teslim olmak. Filosu, sahip olduğu daha ileri bilim yüzünden, yenik düşmüştü.

Bu dokunaklı öyküden alınacak dersler bellidir. İlerleme dürtüsü, bilimin sonuçlarını kullananlarda ve politik bilim sunuculuğu yapanlarda bilimsel bilginin giderek azalmasıyla birleşince, geri çevrilemeyecek felaketlere yol açabilir. Bir teknolojik sistem ne kadar sofistike ve güçlü ise, bozulmaya ve göze çarpmayan tersliklere o ölçüde açık olabilir; doğacak felaketlerin sonuçları da aynı ölçüde geniş kapsamlı olabilir.

İlerleme, var olmayı daha karmaşık ve felaketleri daha yıkıcı yapar. Bu, bizim olumsuz tepkiler verip ilerlemeyi durdurmamız ve teknolojinin tehlikeleri hakkında sürekli paranoyak mesajlar vermemiz demek değildir. Kuşkusuz, kabul edilemeyecek riskleri nedeniyle bazı belirli teknolojileri ortadan kaldırmak isteyebiliriz; ancak bizim genel tepkimiz, risk analizinin ve güvenlik standartlarımızın ilerleme ile el ele gitmesini sağlamaya yönelik olmalıdır. Elektrik tehlikelidir. Bu, onu kullanmaktan vazgeçmemizi, ya da onun uygulamalarının daha ileriye gitmesini veto etmemizi gerektirmez. Onun yerine, uygulamasında güvenliği sağlamak için daha kesin standartlar koyarız.

Özet

Zor, hemen yapılabilendir; olanaksız, biraz daha zaman gerektiren...
GEORGE SANTAYANA

Birisi bir zamanlar, bilimsel ilerlemenin kesin sınanmasının, onun bize daha iyi makineler yapıp yapmadığı olduğunu söylemişti. Bu görüş, doğal şeylerin büyüklük sıralamasında bizim bulunduğumuz konumdan kaynaklanmaktadır. Atomlardan çok daha büyük, yıldızlardan da çok daha küçüğüz. Eğer küçük ve büyüğün dünyasını incelemek, ısı ve yoğunluğun aşırı uçlarını sergileyen çevreleri anlamak ve karmaşıklığın aşırısı ile uzlaşmak istiyorsak, yapay duyular yaratmak zorundayız. doğanın derinindeki yapıları, karmaşık durumları ve yasaları anlamaya giden yolun, bizi atalarımızın yaşadıklarından çok uzak olan koşulları araştırmaya yönelttiğini anladık. Keşfedebileceğimiz şeylerin nihaî sınırları, sınırlı hayal gücünden çok, teknolojinin getirdiği sınırlardır. Şimdi bile, doğanın kuvvetleri hakkındaki en başarılı teorilerimiz, günümüzde doğrudan deneylerle ulaşmamız olanaksız olan koşullardaki evrenin işleyişi hakkında, kesin öngörülerde bulunmaktadır. Gerçekte bizim bulduğumuz doğa yasalarının doğru olup olmadığını saptamak için, maddenin, en güçlü dünyasal deneylerde ulaşılabilecek sıcaklığın 10^{15} (1 000 000 000 000 000) katında sıcaklığa tâbi tutulması gerekmektedir. Büyük olasılıkla, bu türden doğrudan deneyler asla mümkün olmayacaktır.

Ne yazık ki, teknolojik güçlerimiz çeşitli sınırlarla karşı karşıyadır. Bazıları parasal ve pratik sınırlardır. Toplumun bilimsel çözüm gerektiren çevre ve sağlık problemleri ile karşı karşıya olduğu bir dönemde, demokrasiler, hiçbir çabuk getirisi olmayan etkinlikler için GSMH'larının büyük bölümünü ayırmaya istekli olmayacaklardır. Bu sınırlar, ancak, enerji üretecek tümüyle yeni yöntemler bulunursa gerileyecektir. Ne var ki, araştırma için daha da derin sınırlar vardır.

Uygarlıkların, büyüğün ve küçüğün ülkelerine egemen olmak için atmaları gereken olası adımlar hakkında bazı tahminler yaptık. Bu ilerlemeler, en sonunda, doğanın getirdiği sınırlarla bağdaşmak

zorundadır: Bilgiyi ne kadar hızla iletebileceğimize, zamanı doğru olarak ölçmeyi ne kadar küçük bir saatle sağlayabileceğimize, bilgi edinmek için ne kadar enerji tüketmek gerektiğine, gördüğümüz karmaşık sistemlerin kritik duruma ne kadar yakın olduğuna, teknolojimizin hatalara ve belirsizliklerin kaotik büyümeye (amplification) ne ölçüde duyarlı olduğuna; doğanın getirdiği sınırlarla...

Teknolojinin ilerlemesi ve maddenin ekstrem koşullardaki davranışıyla ilgili teorileri sınama yetisi, madde, enerji ve bilgileri, günlük deneyimlerimizden giderek artan biçimde ayrılacak ölçüde manipüle etmemizi gerektiriyor. Doğa yasalarının, kesin niteliklerinin ekstrem koşullarda ortaya çıktığı izlenimini vermeleri, anlaşılmazdır. Onları araştırmakla, eksiksizliği sadece eksiksiz olmak için aramıyoruz: maddenin ultra yüksek sıcaklıklardaki davranışı, onun en temel niteliğinin düğüm noktasıdır. Yüksek enerji üretme yetimize getirilen bu sınırlardan kaçınmanın yollarından biri, astronomi gözlemlerini kullanmaktır. Evrenimizin genişlemekte olduğu ve uzak geçmişteki ilk aşamalarında sıcaklık ve enerji ekstremlerini yaşamış olduğu anlaşılıyor.[67] Eğer evrenin erken tarihi, onun ateşli doğuşu ardında gözlenebilen kalıntılar bırakmışsa, bunlar maddenin düşünülebilecek en yüksek enerjideki davranışı konusunda yeni bir pencere olabilirler. Şimdi dikkatimizi bu kozmolojik olaya çevireceğiz.

VI
Kozmolojik Sınırlar

Evrenin aklında ne olduğunu -eğer varsa- bilmiyorum, ama çok çok emin olduğum bir şey var; aklında olan her ne ise, bizimkinde olanlara hiç benzemiyor. Ve çoğumuzun aklında ne olduğu düşünüldüğünde, böylesi daha iyi.

RALPH ESTLING[1]

Son ufuk

Problemlerden biri, ışığın hızı ve onu aşma çabalarının karşılaştığı zorluklarla ilgilidir. Bunu başaramazsınız. Kendine özgü özel yasaları olan 'kötü haber' dışında, hiçbir şey ışık hızından daha hızlı gidemez.

DOUGLAS ADAMS[2]

Kozmoloji çok özel bir çalışma alanıdır: konusu kendine özgüdür, araçları kendine özgüdür. Bilimin hiçbir alanı, bilinen bilginin uzamını, bilinmezin bu kadar derinine uygulamaya çalışmaz ve insanın araştırdığı hiçbir konu, bu ölçüde çeşitli sınırlanma riski taşımaz. Kozmolog, çok büyük uzaklıklardaki belli belirsiz nesneleri görmek gibi bir teknolojik meydan okumayı omuzlamak ve bunu başka bilimcilerin kullandığı silahların çoğundan yoksun olarak başarmak zorundadır.

Ne yazık ki, evren üzerinde deney yapamıyoruz; gezegenler gibi gökcisimlerine baktığımızda bir dış gözlemcinin görüşüne sahip olabiliyoruz, ancak, bir bütün olarak evrene gelince, onun dışında olamayız: Betimlemeye çalıştığımız sistemin bir parçasıyız. Bu, bilimsel yöntemin tasarımında yer almayan bazı garip problemler yaratıyor.

Son on yılda astronomik evren bilgimizde çok büyük ilerlemeler gerçekleşti. Teknolojik yaratıcılık, görülmemiş duyarlılıkta ışık detektörleri sağladı. Uzay kuruluşları, evrene elektromanyetik tayf bütününde bakabilen astronomik uyduları yörüngeye koydular. Bu programın en önemlisi -Hubble Uzay Teleskopu'nun fırlatılması (ve daha sonra onun, düzeltici optik paketi COSTAR uygulaması)- gezegenlere, yıldızlara ve galaksilere akıl durduran bir berraklıkla bakmamıza olanak sağladı[3]. Işığın dünya atmosferindeki moleküller ta-



Şekil 6.1 Hubble Uzay Teleskopu "Derin alan (Deep field)": Evrende şimdiye kadar çekilmiş en derin görüntü.

rafından düzensiz olarak kırılması sonucu oluşan bulanıklık, yıldızların aynı kırılma sonucunda oluşan göz kırpmaları, artık giderilmiştir. Her zaman gördüğümüz şeyler, birdenbire o kadar keskin biçimde odaklanmıştır ki, beklenmedik çeşitli yapılar ortaya çıkmış, yıl-

dızların ve galaksilerin nasıl oluştukları konusuna yeni bir aydınlık gelmiştir. Ancak en çarpıcı yenilik, daha önceleri gördüklerimizden çok daha uzakta olan şeyleri görmemizdir. (Şekil 6.1.) Bu görüntüler bütün dünyadaki ekranları defalarca aydınlatarak halkın hayranlığına sunulmuş, meslekten astronom olanlar ise yeni bilgi seline ayak uydurabilmek için yarışa girmişlerdir.

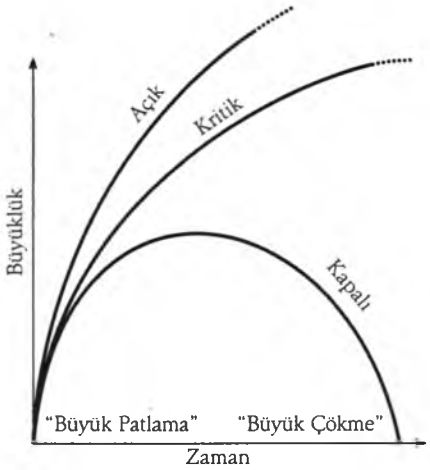
Hubble Uzay Teleskopu gibi bir enstrümanla uzak galaksilere baktığımızda, evreni görmemize dair en çarpıcı olguyu hatırlamamız gerekir. Işık sonlu bir hızla hareket eder ve bu nedenle, uzak bir galaksiyi "gördüğümüz" anda onu, ışığın onu *terk etmiş olduğu* andaki hali ile görürüz; *şimdiki hali* ile değil. Evren bize en basit biçimde bir zaman makinesi sağlıyor; sadece bakarak, uzak geçmişi görmemizi sağlayan bir makine. Görebildiğimiz en uzak nesneler milyarlarca ışık yılı uzaktalar: Işıklarının gelmesi milyarlarca yıl almıştır. Onlar, yakınımızda gördüğümüz, bizim Samanyolu'muz gibi olgun galaksilerin daha genç versiyonlarıdır. Bazı kişiler evrenin milyarlarca yıl önce neye benzediğini nasıl bilebildiğimiz konusunda kuşku duyarlar. Aslında gerçek sorun onun *şimdi* nasıl olduğunu bilmektedir.

Bu heyecan verici gelişmeler, evrenin bugünkü durumu, geçmişteki durumu, gelecekteki olası durumu hakkında birçok popüler açıklamalara yol açmıştır.[4] Günümüzdeki gözlemlerin bu türden genellemelerini olanaklı kılan şey, evrenin zamanla nasıl değiştiği konusunda bir teorimizin[5] olmasıdır. Einstein'ın genel görecelik teorisi bu çalışmalar için temel bir araçtır; bize, madde ve radyasyon içeren herhangi bir evrenin, gravitasyon etkisiyle zamanla nasıl değişeceğini söyleyen denklemler vermiştir. Newton'un teorisinin tersine, ışık hızında ya da ona yakın hızlarda ve aynı zamanda çok güçlü gravitasyon çekimi olan alanlardaki hareketleri de içermektedir. Einstein'ın denklemleri evrenin tarihini yinelememizi olanaklı kılmakta ve böylece, bugüne yol açabilecek geçmişin nasıl olduğunu keşfetmemizi sağlamaktadır. Bu, özel bir problemi gündeme getirir. Evren genişlemektedir; bu durumda, zamanda geriye doğru bakmak, evrenin günümüzde olduğundan daha sıcak ve daha yoğun olduğu dönemler üstünde kafa yormamızı gerektirir. Geriye doğru

baktığımızda, önceleri hiçbir galaksi, daha sonra hiçbir yıldız, daha sonra hiçbir molekül ve atom, daha sonra hiçbir nükleer element, ve en sonunda da hiçbir proton ve nötron olmayacaktır: Sadece maddenin en elementer parçacıkları ve radyasyondan oluşmuş bir çorba. Şimdilik, doğduğu andan bir saniye sonraki noktada evreni oluşturan şeylerin neler olabileceği konusunda iyi bir fikrimiz var. Ancak biraz daha öncesine gitmeye çalıştığımızda, maddenin elementer parçacıklarını daha iyi anlamamız gerekiyor. Ele almamız gereken sıcaklıklar, Dünyada parçacık çarpıştırıcı ve hızlandırıcı gibi yapay koşullarla yaratabileceğimizden daha ekstrem uçlardadır; ve bu, bizim evrenin geçmişini yineleme çalışmalarımıza, çok önemli bakımlardan belirsizlik getirmektedir.

Günümüzde evrenin genişlemesi son derece tekdüze biçimde sürüyor gibi görünüyor. Her doğrultuda, milyonda bir hassasiyetle aynı hızda genişliyor. Evrenin bir milyon yıl yaşında olduğu dönemden kalan radyo dalgaları, o zaman da evrenin farklı bölümlerinin tekdüzeliğe sahip olduğunu gösteriyor. Ancak daha sonraları, evren milyar yaşına geldiğinde, maddenin ışıklı yıldız ve galaksi kümeleri oluşturmasıyla, tekdüze olmayan bir duruma gelmiştir. Bu nedenle, kozmologlar en basit olanağı seçerek, evrenin her zaman, genişlemesinin her yerinde, bazı küçük düzensizlikler dışında tekdüze olduğunu varsayarak yola çıkarlar. Tekdüzelikten bu sapmalar, küçük olmakla beraber, oldukça önemlidirler. Ortalamadan daha çok maddeye sahip olan bölgeler, daha seyrek bölgelerden, kozmik bir "Matthew İlkesi" gibi ("Her kim ki onda var: ona verilecek; ... ama her kim ki onda yok: ondan alınacak, hatta sahip olduğu da."[6]) kendilerine doğru madde çekerler. Zamanla, ortalamadan daha yoğun bölgeler galaksilere, yıldızlara ve insanlara dönüşür.

Kozmologların bir işi de, basite indirgenmiş her şeyi kapsayan bu öyküden daha iyi bir şey bulmaktır: Örneğin, evrenin günümüzdeki durumunun Einstein'ın denklemlerinin genişleyen evrenlerle ilgili söylediklerinin, ya da çok yüksek yoğunluktaki maddenin davranışının, kaçınılmaz bir sonucu olduğunu göstermek. Yoğunlukları ortalamanın üstünde olan bölgeleri, gerçek yıldız, gaz, toz ve ışıklı olma-



Şekil 6.2 . Genişleyen evrenlerde uzaklığın zamana göre olanaklı değişimi. Üç karakteristik tip var: "kapalı", "açık" ve "kritik".

yan başka maddelerden oluşmuş yapılara dönüştüren olayların bütün aşamalarının, gerçekçi bilgisayar taklitlerini yapmak isteriz.

Yukarıda söylediğimiz gibi, ilk yaklaştırım olarak, evrenin her yerde aynı olduğu ve her doğrultuda aynı hızla genişlediği varsayılmıştı. O zaman, bu genişleme tek bir nicelikle betimlenebilir: Herhangi iki referans noktası arasındaki açıklığın ölçüsü olan mikyas faktörü ile. Onun gerçek değerinin fiziksel hiçbir anlamı yoktur; önemli olan, iki farklı zamandaki değerlerinin oranıdır. Bu bize, evrenin ne ölçüde genişlemiş olduğunu gösterir. Mikyas faktörü (bazen, pek de doğru olmayarak "evrenin yarıçapı" olarak anılır) zamanla birbirinden tümüyle farklı iki şekilde değişebilir; bu Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Hiç durmadan artabilir (bir "açık" evren), ya da maksimum bir değere genişleyebilir ve sonra küçülebilir (buna bazen "kapalı" evren denir). İkisi arasında, hiç durmadan genişlemeyi ancak başarabilen, uzlaşı evreni bulunur (buna bazen "düz" ya da "kritik" evren denir). Bu, açık ve kapalı evrenler arasındaki kozmik ayırım çizgisidir.

Kozmolojinin, uzman olmayanlar için (hatta bazen uzmanlar için) yapılan popüler açıklamalarında bazı basitleyici varsayımlar bulunur; bunlar genellikle evren hakkında çok iyi bilinen soruları



Şekil 6.3. Görülebilen evren, genişleme başladığından bu yana ışığın kat edebileceği uzaklığa eşit olan yarı çapıyla, sonlu, küresel bir bölge olarak tanımlanır.

yanıtlama yetimizin sınırlamalarını anlamayı güçleştirir.[7] Kozmolojinin, popüler açıklamalarda ortaya attığı, hatta bazen de güvenle yanıtladığı soruların çoğunun, yanıtlanamaz gibi olduğunu göreceğiz. Yanıtlar ancak şu sayede verilebilmektedir: Sınanması mümkün olmayan bazı varsayımlar, problemi basitleştirmek amacıyla içeriye sızdırılmıştır; ya da ortaya çıkabilecek birçok olasılık daha işin başında dışarıda bırakılmıştır. Sonuç olarak, evren hakkında bilebileceklerimizin sınırları vardır. Bu sınırlar, kozmolojinin çözülmemiş bütün önemli problemlerini ilgilendirmektedir.

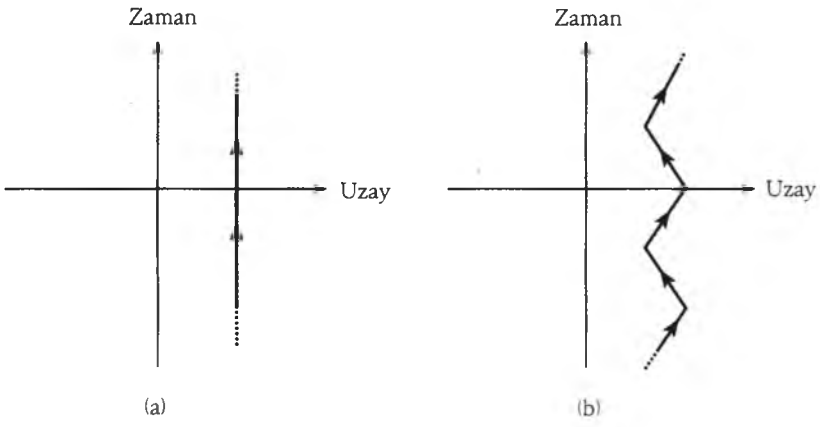
Genişleyen evren için verilen basit resimde dikkat edilecek önemli bir şey vardır. Bu, Şekil 6.2'den de anlaşılacak olan basitleştirici bir varsayımın etkisidir: Evren her yerde aynıdır. Bunun anlamı şudur: Evrenin genişlemesi hakkında *tek bir* büyüklüğün ölçümü ile ilgili olarak söz edebiliriz; her biri evrendeki bir konumdan yapılmış ölçümler kümesi ile değil. Gözlemlerimizin evrenin sadece bir bölümünü -görebildiğimiz bölgeyi- içerdiğini söylemek yerine, onların bütün evreni tanımladığını düşünme alışkanlığına kolayca yönelebiliriz. Şimdi bu probleme daha yakından bakalım.

İlk olarak, "evren" sözcüğünün iki anlamını birbirinden ayırdetmemiz gerekir. Koyu harflerle yazılan **evren**, var olan her şeydir. Bu

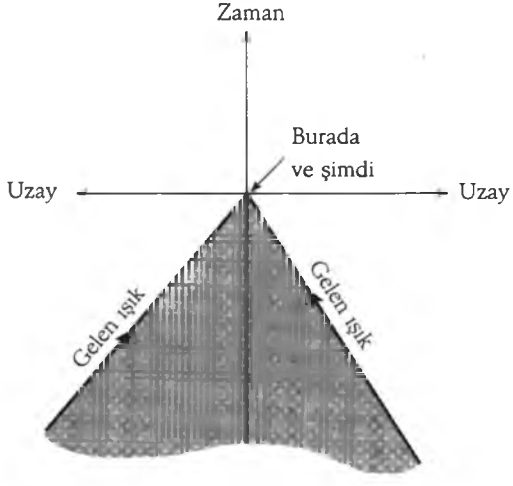
sonlu ya da sonsuz olabilir. Bir de *görülebilen evren* dediğimiz daha küçük bir şey. Bu, bizim merkezinde yer aldığımız küresel bir bölgedir; **evren**in başlangıcından bu yana, ışığın, içinden geçerek bize ulaşacak zamana sahip olduğu küresel bir bölge. Işık vakumda son hızla hareket ettiği (ve hiçbir şey ışıktan hızlı gidemediği) için, görülebilen evrenin büyüklüğü de sonludur. Bu evren, esas itibariyle günümüzün sınırsız hassasiyette kusursuz ölçme aletleri ile **evren**in görebileceğimiz her şeyinden oluşur. Görebileceğimiz evrenin sınırına *ufuk* denir. Ufuk gözlemsel bilimin sınırları ile tanımlanır ve zaman geçtikçe onun hacmi de değişir. Bu, giderek daha çok ışığın bize ulaşacak zamanı olduğunu yansıtır.[8] (Şekil 6.3)

Bu basit gözlemden çıkarabileceğimiz ilk ders, astronominin bize yalnızca *görülebilen* evrenin yapısı hakkında birşeyler söyleyebileceğidir. Ufkumuzun ötesinde neler olup bittiği hakkında hiçbir şey bilemeyiz. Öyleyse, görülebilir evrenimizin bazı özelliklere sahip olup olmadığını söyleyebiliyorsak da, **evren**in, bir bütün olarak, özellikleri hakkında bir şey söyleyebilmemiz için bir varsayımı gizlice içeriye sokmamız gerekir: Ufkumuz ötesindeki **evren**, özellikleri bakımından, ufkumuz içinde olan görülebilen evrenin aynıdır; ya da yaklaşık olarak aynıdır. Bu da, bizim **evren**in bütünü hakkında, herhangi bir ilk yapısı veya kökeni konusunda, sınanabilir bir söylemde bulunmamızı engellemektedir.

Eğer **evren** sonlu ise, görülebilir evren her zaman onun sonlu bir bölümü olacaktır. Bunun tersine, eğer **evren** sonsuz büyüklükte ise, o zaman gözlemlerimiz her zaman bütünün sadece sonsuz küçüklükte bir bölümünü örnekleyebilecektir. Bu iki durumdan hangisinin bizim evren için geçerli olduğunu, hiçbir zaman kesin olarak bilemeyeceğiz. Evrenlerin nasıl olabileceğini söyleyen Einstein denklemleri, hem sonlu hem sonsuz evrenlere izin verir.[9] Gravitasyon ve kuantum fiziğinin nasıl birleştirileceği konusundaki çalışmaların gelecekteki gelişmesinin, güçlü iki sonuç vermesi mümkündür: **Evren** sonlu olmalı, yoksa kuantum gravitasyonu var olamaz; ya da, derindeki bazı iç tutarsızlıkları önleyeceksek, sonsuz olmalı. Bu tür teorik bir sonuç kozmologlar için çok ikna edici olabilir. Her ne kadar **ev-**



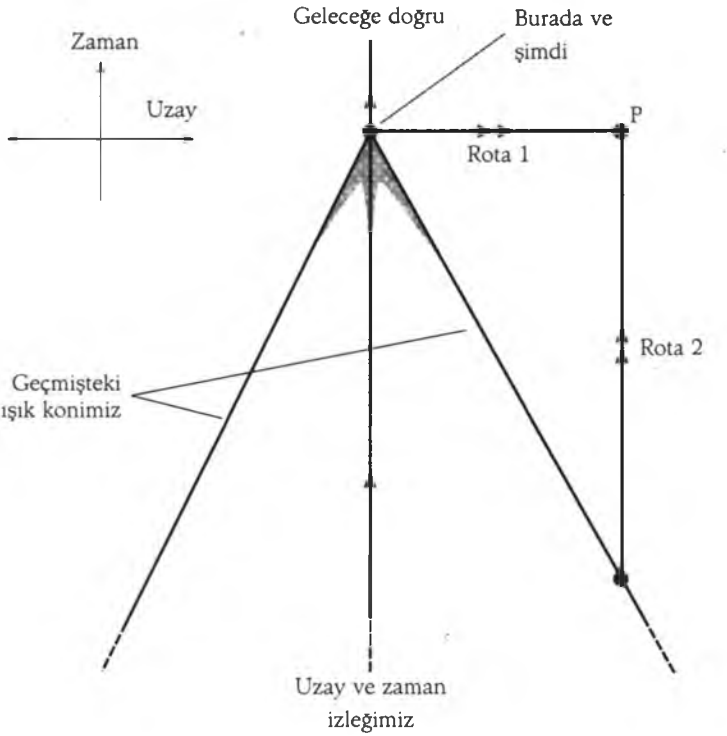
Şekil 6.4. Bir noktanın uzay-zaman izleği. Zaman geçtikçe (a) Hep aynı konumda kaldığı durum, (b) Uzayda ileri geri gittiği durum.



Şekil 6.5. "Burada ve şimdi" konumunda alınan ışık ışınlarının durumunun uzay-zaman şemasındaki izleği.

renin sonlu ya da sonsuz olduğu konusunda gözlemsel bir kanıt değilse de, bu, kuantum teorisinin kendi içinde tutarlı olmasını içerdiği için güçlü bir mantıksal argüman olarak görülebilir.

Uzay ve zamanı bir bütün olarak *uzay-zaman şeması* denen basit bir resim ile temsil edelim. Geleceğe doğru giden zamanı, Şekil



Şekil 6.6. Gözlemlenebilir evrenden gözlemlenebilir olmayan **evren** hakkında tahminde bulunmanın iki yolu. Geçmişteki ışık konimizi gösteren bir uzay-zaman şeması. Bütün bilgimiz, bu koninin kenarından ve içinden gelir. Eğer gözlemlenemeyen bir *P* noktası hakkında bir şey söylemek istiyorsak bunu genellikle uzay-zamandaki bilgimiz olan yerlerdeki koşulları *P* noktasına uyarlayarak yaparız. Bugünkü konumumuzdaki koşulların başka yerlerde de olduğunu kabul ederek Rota 1'i izleyebiliriz; ya da *P*'nin geçmişinin, bizim geçmişimizi kestiği zamana kadar bizim geçmişimizle aynı olduğunu kabul ederek, Rota 2'yi izleriz.

6.4'deki dikey doğru ile, uzayın üç boyutunun hepsini de yatay bir eksen boyunca gösterelim. Eğer uzayın bir konumunda kalırsanız, o zaman şemadaki izleğiniz yukarıya doğru bir dikey boyuncadır. Eğer bir çember yörüngesinde duruyor iseniz (Dünyanın hareketleri dikkate alındığında yaptığımız budur) yukarıya doğru bir spiraldir. Şekil 6.5'de görüldüğü gibi, bir ışık ışınının izleği eğik iki doğrudan biridir (biri soldan sağa hareket için, öteki ters yöndeki hareket için).

Şimdi, uzay-zaman şemasında "burada ve şimdi" konumumuzu belirleyelim. Işık ışınları veya daha yavaş hareket eden başka tür sinyaller alarak araştırabileceğimiz uzay ve zaman bölgesini, izole edebiliriz. Bu bölge, gölgelenmiş koniden oluşur, ona *geçmiş ışık konimiz* diyoruz. Astronomlar herhangi türden (optik, x-ışını, kızıl ötesi, mor ötesi, ya da radyo kaynaklı) ışınlar aldıklarında, koninin kenarının yapısı hakkında bilgi edinirler. Işınlar ne kadar uzaktan ve bu nedenle de ne kadar önce salınmışlar ise, koninin araştırmamıza izin veren yüzeyi boyunca uzaklık da o ölçüde büyük olur.

Işık hızından daha düşük hızla hareket eden -kozmik ışınlar veya meteoritler gibi- büyük maddesel parçacıkları topladığımızda, onlar, bizim geçmişteki ışık konimizin içi hakkında bazı şeyleri açığa çıkarırlar. Gerçekte, fosil topladığımız, ya da Dünyanın iç bölgesini araştırdığımızda da, bizim geçmişteki ışık konimizin içinden **evren** hakkında bilgi elde etmekteyiz.

Eğer doğrudan bilgi aldığımız bölgeyi işaretlersek, o gerçekten küçüktür. Işık konisinin yüzeyinin ötesindeki -ufkumuz dışında- hiçbir şeyi bilemeyiz. Bildiğimiz şeylerin çoğu, bizim geçmişteki konimizin yüzeyini betimler. Eğer **evren**in zamanla nasıl değiştiğini anlatan bir matematiksel teorimiz olduğunu düşünüyorsak, o zaman onu, ışık konisinin yüzeyinden içe ve dışa doğru olan bölgelerde hesaplamak için kullanabiliriz. İçe doğru hesapladığımızda öngörülerimizi test etmemiz mümkün olabilir; dışa doğru hesapladığımızda bunu yapamayız.

Eğer bir bilimci ya da felsefeci, şimdiki ışık konimizden uzak olan bir noktanın (örneğin *P* noktasının) yapısı hakkında bir öte-değer varsayımı (extrapolation) yapmak isterse, Şekil 6.6' da görüldüğü gibi, bunu iki farklı rota izleyerek yapabilir.

Rota 1, evrenin aynı anda her yerde aynı (ya da yaklaşık olarak aynı) olduğunu varsayar. Rota 2 ise *P* 'nin bugünkü durumunun, onun geçmişinin bizim geçmiş ışık konimizi kestiği noktadan ileriye doğru giderek bulunabileceğini varsayar; yani ışık konimiz dışındaki şeylerin değişiminin, bizim astronomik geçmişimizinki gibi olduğunu varsayar.

NASA'nın Kozmik Arka-Plan Araştırıcı COBE (Cosmic Bacground Explorer) uydusu, görülebilir evren bugünkünden bin kat daha küçük olduğu sırada, genişleme başladığından yaklaşık üç yüz bin yıl sonrasındaki ışık konimizin yapısı hakkında bazı bilgiler vermektedir. Bu, evrenin, radyasyonun soğuyarak elektronlarla etkileşmesinin durması için yeterince genişlediği zamandır. Artık, uzay ve zamanda bize doğru özgürce koşacaktır. COBE, görülebilir evrenin o dönemde bir doğrultudan ötekine, son derece tekdüze olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak daha öncesinde **evren**, fotonlar için geçirgen değildi. Fotonların elektronlarca saçılmaları, daha öncesini görmemize engel olmaktadır. Eğer bir gün evrenin başlangıcındaki nötrinoları saptamak mümkün olursa, o zaman, genişlemenin başlamasından bir saniye sonrasını, görülebilir evren bugünkünden on milyar kat daha küçük olduğu zamana kadar giden geçmişi, görebiliriz. Bu gerçekleşmeden, evren, nötrinolara da geçirgen olmayacaktır. Doğrudan gözlemleme için yegâne umudumuz gravitasyonla ilgili radyasyon yolu olur. İlkesel olarak evreni şimdi olduğundan 10^{32} kat daha küçük olduğu zamana kadar geri giderek görmemiz mümkün olabilir. Bunlar uzak gelecekte karşımıza çıkacak teknolojik problemlerdir.

Şansımızdan, yine de, bugünün teknolojisi ile, en hafif kimyasal elementlerin niceliğini gözlemleyerek **evren**in genişlemeden bir saniye sonrası hakkında bilgi edinebiliriz. Helyum ve lityum gibi elementler ve hidrojenin deteryum gibi izotopları, evren bir saniye yaşında iken başlayan ve üç dakika yaşındayken sona eren hassas süreçler sonunda, nükleer reaksiyonlarla üretilmişlerdir. Evrenin bir saniye yaşındayken nasıl olabileceği hakkındaki modelimize dayanarak yaptığımız öngörülerle, bu elementler üzerindeki gözlemlerimizi karşılaştırarak, modeli sınayabiliriz. Ne yazık ki, bu oyunu bir saniye önceki süre için oynamayı başaramadık. Şimdiye kadar, evrenin geçmişinin ilk saniyesinden kalan hiçbir "fosil" bulamadık. Ancak yine de, oyunu ters çevirebiliriz. Evrenin geçmişindeki ilk saniye sırasında nasıl olduğu hakkında birçok modeller ve maddenin yüksek enerji düzeylerindeki davranışı ile ilgili teoriler var. On-

ların bazıları, bugün görmediğimiz şeyler içerdikleri için, dikkate alınmayabilir.

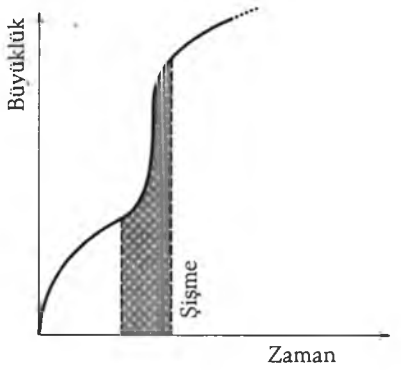
Evrenin yapısını saptama yetimize konan bu mutlak sınır konusunda ne kadar endişelenmeliyiz? 1980 yılından kısa bir süre önce, görülebilir evren ile bütün **evren** arasındaki fark dikkate alınmazdı. Çünkü, kozmologlar **evren**in bizim ufkumuz ötesinde çok farklı olması için olumlu hiçbir neden göremezlerdi. Böyle bir ayırımın Kopernik'e karşı bir görüş olduğu izlenimi vardı: *Bizim* görülebilen evrenimizin özel bazı bakımlardan tipik olmadığını ileri sürüyordu. 1980'li yıllarda durum giderek değişti. Büyük Patlama teorisinin yeni versiyonu, evrenin ufkumuzun içindeki ve dışındaki durumunun birbirinden farklı olabileceği yolunda nedenler veriyordu.

Enflasyon –bunca yıl sonra hâlâ çılgın

> *Bir gün, Rektör Gilman, konferans salonundan çıkarken Lord Rayleigh'e sordu: "Bu konferanslar daha ne kadar sürecek?" Yanıt: "Bilmiyorum, bir zaman sonra biteceklerini sanıyorum; ama itiraf etmeliyim ki, bitmelerini gerektiren bir neden görmüyorum."*
>
> SILVANUS THOMPSON[10]

1980'den bu yana, evrenin başlangıç dönemi ile ilgili teorilerin en gözde olanları arasında bir de "enflasyon" denen bir tarihsel ara-dönem vardır. Bu, basit genişleyen evren resmine de biraz parlaklık kazandırmıştır. Ancak bu cilanın son derece önemli sonuçları vardır. 1920'lerden bu yana duyageldiğimiz standart genişleyen evren resminin belirli bir özelliği vardır: Genişleme giderek yavaşlamaktadır. Evrenin kaderi sonsuza kadar genişlemeyi sürdürmek, ya da Büyük Çökme ile içine doğru çökmek olsa da, genişleme, evrendeki bütün maddenin gravitasyon çekiminin etkisiyle her zaman yavaşlayacaktır. Yavaşlama sadece gravitasyonun çekme özelliğinin bir sonucudur.

Gravitasyonun, madde ve enerjinin başka biçimdeki madde ve enerjiyi çekmesini sağladığı varsayılagelmişti. Ancak 1970'lerde, parçacık fizikçileri, maddenin yüksek sıcaklıklarda nasıl davrandığı-



Şekil 6.7. Şişme nitelikli bir evrende uzaklığın zamana göre değişimi. Genişleme, çok kısa süreli erken ivmelenmeyle "şişmiştir".

na ilişkin teorilerinin, *skalar alanlar* denen madde alanları topluluklarını da içerdiğini farketmeye başladılar. Bu alanların birbirleri üzerindeki etkisi itici olabiliyordu. Eğer bu alanlar evrenin başlangıçtaki bir aşamasında yoğunluğuna en büyük katkıyı yapar duruma geldilerse, o zaman, evrenin yavaşlamasının yerini büyük bir ivmelenme süreci alabilirdi. İlginç olan şudur: Eğer skalar alanlar varsa, onların her zaman evrenin en etkili ögeleri oldukları ve etkilerinin ancak sıradan madde ve radyasyona indirgendikleri zaman yok oldukları izlenimi var.

'Şişen (enflasyoner) evren' teorisi basitçe şöyledir: Evrenin ilk zamanlarında, kısa bir süre için hızlanan bir genişleme yer almıştır. Bunun nedeni belki de, her yerde var olan bu skalar alanlardan birinin, evrendeki maddenin yoğunluğuna baskın olmasıdır. O zaman alanın hızla zayıflaması gerekir. Bunu yaptığında, genişleme her zamanki yavaşlayan genişlemeye döner (Şekil 6.7). Bu pek önemli gibi görünmüyor, ama çok kısa bir süre için hızlanan genişlemenin yer alması uzun süredir var olan bir çok kozmolojik problemi çözme olasılığı sağlayabilir.

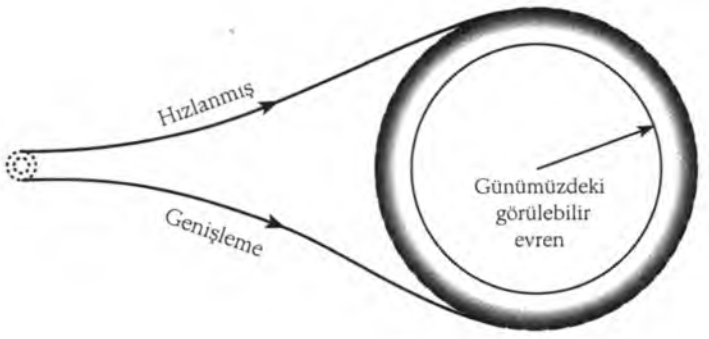
Geçmişteki çok kısa süreli bir hızlı genişlemenin ilk sonucu, görülebilir evrenimizin, açık ve kapalı evrenler arasındaki kritik ayırıma neden bu kadar yakın olarak genişlediğini anlamamıza olanak sağlamasıdır. Yaklaşık on beş milyar yıllık bir genişlemeden sonra

bu ayırıma bu kadar yakın olmamız çok şaşırtıcıdır. Tam olarak kritik ayırımda olmaktan herhangi bir sapma, zamanla büyüdüğü halde, bugün ayırım durumuna bu kadar yakın olmamız, genişleme başladığı sırada o duruma çok, ama pek çok yakın olmamızı gerektirir; o denli yakın olmalıyız ki, bugün bile ayırımın hangi tarafında olduğumuzu bilemiyoruz (onun *tam olarak* üstünde olmamız olanaksızdır).[11] Ancak, genişlemenin kritik ayırımdan sapma eğilimi, gravitasyon kuvvetinin çekici olmasının bir başka sonucudur. Eğer gravitasyon itici olursa ve genişleme hızlanırsa, bu sürdükçe, ivmelenme, genişlemeyi kritik ayırıma daha çok yaklaştıracaktır. Eğer şişme yeterince uzun sürmüş ise, bu, görülebilen evrenin kritik ayırıma neden hâlâ bu kadar yakın olduğunu açıklayabilir.[12]

Kısa süreli bir kozmik hızlanmanın bir başka yan ürünü de şudur: Evrenin genişlemesindeki herhangi bir düzensizlik, çok kısa sürede, ütülenmiş gibi ortadan kalkar ve günümüzde olduğu gibi, her doğrultuda aynı hızla genişler. Kozmologlar, bu kadar çok farklı yolla ve farklı doğrultularda genişleme olanağı varken, evrenin genişlemesinin neden bu yolla olduğunu gizemli ve kuşkulu bulurlar; ama yukarıdaki mülahazalar buna bir açıklama sunmaktadır.

Üçüncüsü, eğer genişleme, geleneksel Büyük Patlama teorisinin ileri sürdüğü gibi, her zaman yavaşlayarak sürseydi, o zaman günümüzde bizi çevreleyen görülebilir evrenin, başlangıçta ortaya çıktığı bölgeden çok *daha küçük* bir bölgeden genişlemeye başlamış olması gerekirdi. Bizim şişmeye yönelen başlangıcımızın küçük olmasının iyi bir özelliği de: Hem evrenin tümündeki genişlemenin son derece tekdüze oluşuna, hem de COBE uydusunun gördüğü bazı küçük düzensizliklere, açıklama getirmesidir. Bu düzensizlikler, daha sonra gelişerek galaksilere ve yıldız kümelerine dönüşen tohumlardır.

Eğer evren hızlanıyorsa, o zaman bizim görülebilir evrenimizin tümü, çok çok erken dönemlerde, ışık ışınlarının kat edebileceği ölçüde küçük bir bölgenin genişlemesi ile ortaya çıkmış olabilir (Şekil 6.8). Bu ışık geçirimi, başlangıçtaki bölgenin içindeki koşulların düzgün kalmasını olanaklı kılar. Herhangi bir düzensizlik çabucak düzleşir. Enflasyoner olmayan eski Büyük Patlama teorisinde, du-



Şekil 6.8 Çok erken dönemdeki evrenin küçük bir bölgesinin şişmesi. Şişme, ışığın kat edebileceği ölçüde küçük bölgeyi günümüzdeki görülebilir evrenden daha büyük bir boyuta genişletiyor.

rum çok farklı idi. Görülebilir evrenimizi oluşturan ışık ışınlarının, çok büyük bir bölgeden gelmeleri gerekiyordu; o halde onların uyumlu ve düzgün olmaları mümkün olmazdı. Bu durumda, gözlemlerin ortaya koyduğu gibi, görülebilir evrenimizin, gökyüzündeki her doğrultudan neden 100.000'de 1 hata payı ile aynı göründüğü, açıklanamayan bir sır oluyordu. Evrenin bir bölümünün uzaklardaki bir başka bölümünden ışık ışınları alacak zamanı olamazdı.

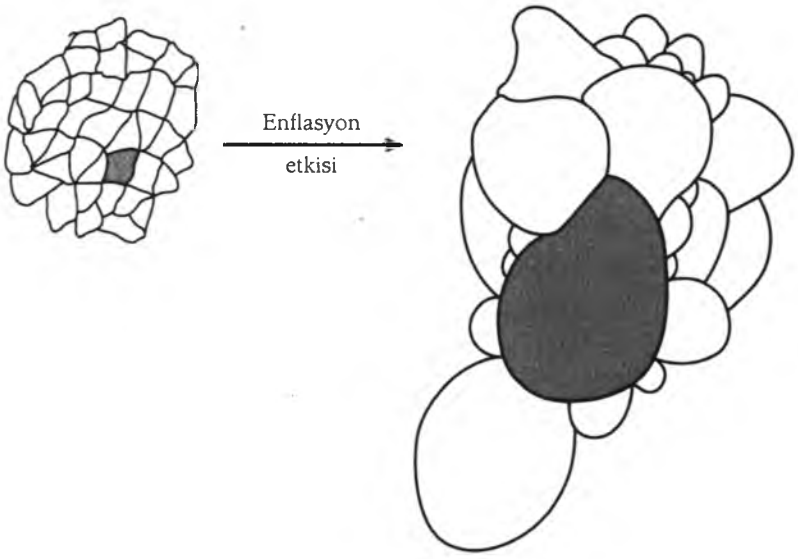
Büyüyerek görülebilen evrenimizi oluşturan ufacık bölge, kusursuzca düzgün biçimde başlamış olamazdı. Bu mümkün değildir. Her zaman, çok çok küçük düzeyde rasgele dalgalanmalar var olmalıdır: Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi bunu gerektirir. Bir enflasyon süresinin, NASA'nın COBE uydusunun da görmüş olduğu[13] herhangi ufak dalgalanmaları çok büyük astronomik ölçeklere genişletmesi, çok dikkate değerdir. Şu sıralarda fırlatılmaya hazırlanan, enstrümanlarla dolu iki uydunun daha eklenmesiyle, gelecek birkaç yıl içinde bunlar ayrıntılı biçimde inceleneceklerdir. Eğer şişme yer almışsa, gördükleri sinyallerin çok özel biçimleri olması gerekir. COBE'nin dört yılı aşkın süredir elde ettiği veriler, şimdilik, öngörülenlerle uyum içinde. Ne var ki, gözlemlenebilen sinyalin gerçekten kesin belirleyici özelliklerini COBE'nin görmesi olanaklı değildir. İki yeni uydu, MAP (fırlatılması 2000 yılında) ve *Planck Surveyor* (fırlatılması 2005 yılında), bu soruyu saptayacaklardır.

Evrenin başlangıcı konusunda kozmologlar her zaman bir ikilemle karşı karşıya kalmıştır. Eğer evrenin yapısı, bir şekilde, evrenin başlangıcına (eğer bir başlangıç *var idiyse*) bağımlı ise, o zaman astronomik gözlemlerimiz **evren**in görülebilir bölümünün başlangıcı hakkında bize birşeyler söyleyebilirdi. Ancak bunun bir de olumsuz yanı var. Demek oluyor ki, evrenin bugünkü durumunun neden böyle olduğunun herhangi bir "açıklaması", sonuçta, neden geçmişte olduğu durumda olduğu hakkında bir ifadeye, en sonunda da, başlangıçtaki yapısı hakkında bir ifadeye dönüşecektir. Şimdilik, onun başlangıç durumuna ilişkin bilgiyi edinmeyi pek beklemediğimiz için, farklı türden bir kozmolojik açıklama bulmak hep arzu edilmiştir. Evrenin başlangıcı ne olursa olsun, genişlemenin yeterince uzun sürmesi koşulu ile, gözlemlenebilir evrenin ana hatlarının ortaya çıkacağının gösterilebildiğini varsayalım. Bu durumda, **evren**in bugünkü yapısını, başlangıçta nasıl olduğu hakkında ayrıntılı bilgiye gerek olmadan açıklayabilirdik.

1967'de ilk kez, arka-plan mikrodalga radyasyonunun izotropik olduğu keşfedildi. Bütün gökyüzünde, binde 1'den daha az bir değişimle, sabit sıcaklıkta olduğu anlaşıldı. Bu ilginç tekdüzelik, kozmologların açıklamalarını gerektiren bir durumdu. Daha önce, gelişerek galaksiler oluşturan küçük düzensizlikleri açıklamak için çabalamışlardı. Birden, en çok açıklama gerektiren şeyin küçük düzensizliklerden çok, arka-plandaki tekdüzelik olduğunu anladılar.

Bir Amerikalı kozmolog, Charles Misner, eğer evren çok düzensiz ve izotropik olmayan durumda başlamış ise, o zaman daha başlangıçta sürtünme süreçlerinin bu düzensizlikleri ortadan kaldırdığını göstermenin mümkün olabileceğini öne sürdü.[14] Bu durumda, evren bugünkü simetrik durumuna doğru genişlemeye bırakılmış oluyordu; yeter ki genişleme yeterince uzun sürsün.

Kaotik biçimde düzensiz durumlarla başlamış evrenlerin, sonunda kendilerini düzgün duruma getireceklerini göstermeye yönelik genel yaklaşıma "kaotik kozmoloji programı" adı verilmişti. İddialı amacı olan bu proje karaya oturdu. Yeterince hızlı olarak düzeltilemeyen birçok düzensizliğin var olması dışında, bir de hiç düzeltilemeyen dü-



Şekil 6.9. Kaotik enflasyoner evrenin uzaysal resmi. Farklı bölgeler farklı miktarlarda şişerler. Bizim, bu büyük, düzgün şişkin bölgelerden (gölgelenmiş) birinde yaşadığımız düşünülüyor. Bizim ufkumuzun ötesinde, geçirdikleri şişme miktarına bağlı olarak farklı yoğunluk ve genişleme hızlarında başka bölgeler de var olsa gerek.

zensizlikler vardı. Dahası, düzensizliği sürtünme ile yok etme, evrende günümüzde bulunandan çok daha fazla yararsız ısı üretirdi.[15]

Kaotik kozmoloji programı konusunda anlaşılması gereken en önemli şey şudur: Evrenin gözlemlenmiş astronomik özelliklerinin bazılarına (hatta hepsine), onun başlangıçtaki durumuna (eğer bir başlangıç durumu varsa) bağımlı olmadan bir açıklama bulabilirsek, o zaman, tersine, aynı gözlemlerin bize, başlangıç durumunun yapısı (ya da var olup olmadığı) hakkında bir şey söylemeleri olanaksızdır. Paramızı hem cebimizde tutup hem de harcayamayız.

Enflasyoner evren, "kaos kozmologlarının" aradığı türden bir evren olarak görülebilir –ama önemli bir farkla. Kaotik kozmologlar, düzensizlikleri fiziksel süreçlerle yok etme yolunu bulmaya çalışıyorlardı. Enflasyoner evren, bütün görülebilir evrenimizin, çok küçük bir başlangıç bölgesinin genişlemiş görüntüsü olmasının nasıl mümkün olduğunu göstermektedir; orijinal bölge o denli kü-

çüktür ki, çok küçük istatiksel dalgalanmalar dışında bütün fiziksel süreçler, düzgün olmayı sürdürecektir. Böylece, o minicik bölgenin genişlemiş görüntüsü, gözlemlediğimiz yüksek ölçüde düzenlilik ile küçük dalgalanmaları sergilemektedir. Sürtünmenin düzelttiği hiçbir kırışıklık yoktur. Eğer onlar enflasyondan önce var idiyseler, hâlâ orada olsalar gerek; ama bizim görülebilir ufkumuzun ötesine itilmişlerdir. Biz onları göremeyiz.

Şişme, bu şekilde, evrenin nasıl başladığından büyük ölçüde bağımsız olarak, görülebilen evrenin yaklaşık özellikleri için bir açıklama getirebilmektedir. Ufak bir bölgenin yeterince uzun süre şişmesine olanak sağlayan koşullar ortaya çıktığı zaman, açık ve kapalı evrenlerin kritik ayırımına çok yakın, büyük ve düzgün, ama küçük düzensizlikler içeren bir evren ortaya çıkacaktır. Şekil 6.8'de, şişme başladıktan sonra evrende çok büyük düzensizliğin neden geçerli olmadığını görüyoruz. *Enflasyon, evrenin* küçük bir parçasını alarak onun genişlemesini hızlandırır; böylece bugünkü ufkumuzdan daha büyük duruma gelir.

Enflasyoner evrenin, çok uzak gelecekteki evrenin yapısını saptama yetimize neden daha da büyük sınırlar koyduğunu artık anlayabiliriz. Daha önce, ışığın hızının sonlu olmasının, astronomların bilgi alabilecekleri uzay ve zaman bölgesini sınırladığını gördük. Ama şişme, başlamasından önceki dönemlerdeki görülebilir evrenin yapısı hakkındaki bilgiyi ortadan kaldırmaktadır.

Eğer galaksilerin nasıl oluştuklarının, ya da görülebilir evrenin neden bütün doğrultularda aynı göründüğünün basit bir açıklamasını arayan bir astro-fizikçi iseniz, şişme çok çekici bir kavramdır. Ama eğer evrenin, şişmenin başlamasından önce (10^{-35} saniye önce) neye benzediğini bilmek, ya da görülebilir evrenin bir başlangıcı olup olmadığını saptamak, veya elementer parçacık fiziğinin 10^{15} GeV'den daha yüksek enerjilerdeki duruma ışık tutacak en başlangıçtaki evrenden kalıntılar bulmak istiyorsanız, enflasyon çok kötü bir haberdir.

Böylece, ekonomi ve kozmoloji işbirliği yaparak, maddenin aşırı yüksek sıcaklıktaki davranışını araştırma yetimize temel sınırlar

koymaktadır. Dünyada yüksek enerji üretmenin son derece pahalı olması ile karşı karşıya kalan parçacık fizikçileri, uzun süredir, kozmolojinin Her şeyin Teorileri'nin yapısını araştıracak ucuz bir laboratuvar sağlaması beklentisi içinde idiler. Ancak, geçmiş ışık konimizin küçük olması, bütün **evren**in kökeni ve yapısı konusunda sonuçlara varmamızı nasıl etkiliyorsa, enflasyon da, görülebilir evrendeki yüksek enerji fiziğinin nihaî yasalarını aydınlığa çıkarmak için gerekli olan bilgiyi silip süpürecektir.

Şişme, kozmolojik bir süzgeç işlevi görmektedir. Evrenin başlangıçtaki yapısı, onu, bugünkü ufkumuzun ötesine iter ve görmemizi olanaksız kılar; daha sonra da görebildiğimiz bölgeyi yeni açıklamalarla doldurur. Nihaî kozmik sansürcüdür o.

Kaotik enflasyon

Cadiz'li bir delikanlı vardı,
Yaşam ne ise odur sonucuna vardı.
Çocukken öğrenmişti ki:
Eğer olmadığı şey olsa idi,
Olduğu ne ise o da olamazdı.

ANONİM

Ufkumuzun içinde olan evrenin görülebilir bölgesinin incelenmesini konu alan bilimsel girişimin kısıtlamalarına dikkat çekmiş bulunuyoruz. Ancak bu, endişe etmemize değer bir kısıtlama mıdır? Işık hızının sonlu olmasının getirdiği kısıtlamalar sonucunda ne kadar bilgi kaybedilmiş olabilir?

Şişme olasılığı keşfedilmeden önce, evrenin, bizim ufkumuzun dışında da, ufkumuz içinde göründüğüne benzediği genellikle kabul edilirdi. Başka türlü düşünmek, evrende özel bir konumumuz olduğunu düşünmekle aynı şeydi -Copernicus'un, karşı koymayı bize öğrettiği bir ayartmaydı. Bu konuda hatalı olduğumuz -isteksizce- kabul edilse bile, böyle bir görüşe, bilgiçlik taslayan pozitivist bir yaklaşım olarak bakılıyordu. Bu felsefi yaklaşım artık değişmiştir. Enflasyoner evrenlerin genel niteliği, **evren**in hem uzay

ve hem zaman bakımından daha önce sandığımızdan çok daha egzotik biçimde yapılandığını düşünmek zorunda olduğumuzu ortaya koymaktadır.

Evren eğer kaotik bir durumla başlamış ise, bazı bölgeler şişerken başka bazıları şişmeyebilir. Şişme miktarı bölgelere göre değişebilir ve bunun sonucunda, şişme sonrasındaki evren, bölgeden bölgeye farklı bir evren olur. Şişmiş her bölge bir hava kabarcığına benzer; koşulları düzgündür (şişme arttıkça daha da düzgün olur); ancak öteki kabarcıklarda bulunan koşullardan farklıdır. Bizim kabarcığımız çok büyük olsa gerek, ufkumuzdan da büyük; ancak onun ötesinde çeşitli büyüklüklerde başka kabarcıklar olması gerekir. Onlarda koşullar, bizimkinin içindekinden farklıdır. Şematik bir resim için Şekil 6.9'a bakınız.

Bu senaryonun yol açacağı şeyler araştırıldıkça, **evren**in çeşitli başka özelliklerinin de, bir şişmiş kabarcıktan bir başkasına, değişebileceği anlaşılmıştır. "Fizik değişmezleri" dediğimiz bazı nicelikler -çekim kuvvetinin gücü, elementer parçacıkların kütleleri, veya hatta uzayın boyut sayısı- kabarcıktan kabarcığa değişebilir.[16] Yaptığımız bütün astronomik gözlemler bize, doğa değişmezlerinin değerlerinin bizim görülebilir evrenimizin her bölgesinde büyük bir hassasiyetle (bazı durumlarda 10^{15}'te 1) aynı olduğunu gösteriyor. Bu, bizim bulmayı bekleyebileceğimiz sonucun ta kendidir; hatta bu değişmezler **evren**in başka bölgelerinde değişik olsa bile. Minik bir bölge şiştiğinde, zamanla, onun içinde gelişmiş olan gözlemciler, doğa değişmezlerinin her yerde aynı olduğunu büyük bir hassasiyetle saptayabilirler; çünkü bu değişmezler çok çok önce aynı enflasyoner parçadan türemişlerdir.

Bu durum, evrenin olası uzamsal karmaşıklığı konusundaki resmimizi büyük ölçüde genişletiyor. Ne yazık ki bu resim, karmaşıklığı bilimin menzilinin ötesine koymaktadır. Bir gün, uzak gelecekteki astronomlar, en yakındaki kabarcığın görüş alanlarına gelmekte olduğunun işaretlerini görebilirler. Ama ötede daha nelerin olduğunu asla bilemeyeceklerdir.

Evren açık mı yoksa kapalı mı?

Evreni anladığımı iddia etmiyorum –o, benden çok çok daha büyük.
THOMAS CARLYLE[17]

Genişleyen evrenin Büyük Patlama resminin akla getirdiği en yalın sorulardan biri, evrenimizin genişlemeyi sonsuza kadar sürdüreceği mi; yoksa gelecekteki bir zamanda kendi üzerine çökerek bir "Büyük Çökme"ye (Big Crunch) mı mahkûm olacağıdır. Bu iki seçenek bir "kritik" evrenle birbirlerinden ayrılırlar. Kritik bir evren, genişleme enerjisi ile evrendeki maddenin çekim kuvveti arasında tam bir dengeye sahiptir. "Açık" evrenlerde, genişleme enerjisi kütle çekiminden fazladır; "kapalı" evrenlerde ise baskın olan çekim kuvvetidir. Evrenin genişleme hızını ölçerek ve teleskopumuzun saptayabildiği bütün maddeleri hesaplayarak, genişlemenin mi, çekim kuvvetinin mi kazandığına karar vermeyi umabiliriz. Ne yazık ki, bu o kadar kolay değildir. Astronomi, ışığı farketme ile ilgilidir; ama evrendeki maddenin çoğunun karanlık olduğu sanılmakta. Işıklı madde sayısı, görülebilir evreni kapatmaya yetmeyecek kadar küçücüktür; ama galaksiler arasında saklanmış yeterli karanlık madde pekâlâ olabilir.

Evrenin, kapalı ve açık evrenleri birbirinden ayıran kritik ayırıma yakın olarak genişlediğini daha önce ele almıştık. Şimdiye kadar, bu ya da öteki tarafı seçmemize olanak veren yeterli ölçüde duyarlılıkla gözlem yapamadık. Ancak eğer, enflasyoner evren teorisi doğru ise, evrenin sonsuza kadar genişleyecek mi, yoksa büzüşecek mi olduğunu *asla* bilemeyeceğiz.

Enflasyon teorisi, evrenin herhangi büyük bir bölgesinin, görülebilir evrenimizi içine alacak ölçüde büyük bir bölgesinin, şimdi, kritik hızın 100 000'de 1'inden fazla farklı olmayan bir hızla genişlediğini öngörmektedir. (Ancak ayırımın hangi tarafında olduğumuzu söylemiyor. Bu, evrenin başlangıcında saptanmıştı ve değiştirilemez.) Öngörebildiğimiz astronomik gözlemlerin hiçbiri, hangi tarafta olduğumuzu bulmak için yeterli kesinliğe sahip olmayacaktır. Ne var ki, olsalardı bile, bu bize sorunun yanıtını vermezdi. Görülebilen evrenin yoğunluğu ile enflasyoner evren modelleri için öngörü-

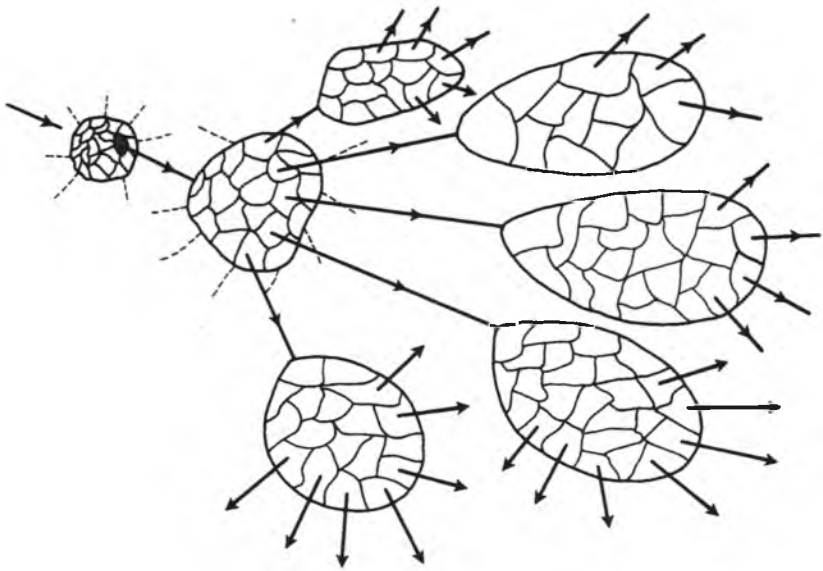
len kritik değer arasındaki yoğunluğun farkı, enflasyonun yol açtığı bölgeler-arası yoğunluk farklılıkları ile aynı büyüklüktedir (veya daha küçüktür). Ufkumuzun ötesindeki **evren**in bütününde, yoğunluk değişimlerinin, en azından aynı büyüklükte olmasını bekleriz. Bu demektir ki, eğer kusursuz aletlerle görülebilen evrendeki bütün maddeyi bugün hesaplayıp, onun kritik yoğunluktan farkının 100.000'de 1'inden daha küçük olduğunu bulursak, bu, **evren**in açık olduğu ve sürekli genişleyeceği anlamına gelmez. Bu tür bir sonuca varmak için ufkumuzun ötesindeki evrenin, ufkumuzun içindeki ile aynı olduğunu varsaymak gerekir. Eğer aynı kütle hesaplamasını, bir gün sonra, görülebilir evrenimiz bir ışık günü daha büyük olduğu zaman[18] tekrarlarsak, görüş alanımıza giren yeni maddeyle gözlemlenen yoğunluğun, kritik yoğunluktan, onun 100.000'de 1'i kadar daha *fazla* olduğunu da bulabilirdik; o zaman evren kapalı görülür ve kaderi de şiddetle içine çökmek olurdu. Ancak tekrar vurgulamalıyız ki, **evren**in bütünü için böyle bir sonuca varmayı savunma olanağı yoktur.

Kefeler, çok hassas biçimde dengede. Görülebilir evren, kritik ayırıma çok yakın bir biçimde genişlemektedir; yoğunluktaki küçük dalgalanmalar, genişleme enerjisi ve gravitasyon arasında var olduğunu düşündüğümüz genel dengeyi belirleyici olabilir. Görülebilir evren, fazla-yoğun ve kapalı bir **evren**in içindeki az-yoğun ve açık bir "hava kabarcığı" olabilir; tıpkı, açık bir **evren**in içindeki kapalı bir kabarcık da olabileceği gibi. Gözlemsel astronomi bize, **evren**in sonsuza kadar genişleyip genişleyemeyeceğini, ya da sonlu veya sonsuz olduğunu söyleyemez. Biz nihaî Büyük Çökme'ye ulaşsak bile, **evren**in geriye kalanının aynı kaderi ne ölçüde paylaştığını bilemeyiz.

Sonu olmayan enflasyon

> *Şairin istediği sadece başını göklere çıkarmaktan ibarettir. Mantıkçı ise gökleri kafasına sokmak ister. Ve çatlayan da onun kafasıdır.*
>
> G.K. CHESTERTON

Öykümüz, evrenin başlangıcındaki kaotik şişmenin yarattığı sanılan karmaşık uzay değişiklikleri ile sona ermiş olmuyor. Andrei Lin-



Şekil 6. 10. Hiç durmaksızın kendini-üreten enflasyoner bir evrenin şematik gösterimi. Şişen her bölge, doğal olarak, kendi içinde kendi alt bölgelerinin kendilerinin de enflasyoner olmasını garanti eden koşulları yaratacaktır: Ve böylece sonsuza kadar...

de, şişmenin kendi kendini üretme gibi bir eğilimi olduğunu keşfetti.[19] Şişmenin yol açtığı dalgalanmaların kaçınılmaz olarak daha çok şişme ürettiği gibi bir görünüm var. Bu şişme zaten genişlemekte olan kabarcıkların küçük alt bölgelerinde yer alıyor. Bu, sonu olmayan bir kendi kendini üretme potansiyeline sahip bir şişme süreci gibi görünüyor (Şekil 6.10). Bu süreç sırasında, zaman ve uzayda bir yerde üretilen her kabarcık, kendi doğa değişmezlerinin çoğu için farklı değerlere sahip olabilir; bu da içinde oluşacak fiziksel yapıların biçimini tanımlar. Böylece, evrenin hem geçmişinin gelişiminde, hem de uzaysal çeşitlilikte, bizim sandığımızdan çok çok daha karmaşık olma olasılığı var gibi görünüyor.

Şimdilik, matematiksel araştırmalarımız gösteriyor ki, yeterince yoğun olan bireysel kabarcık "evrenleri" çöküp yok olsa da, bu çoğalma sürecinin bir sonu yoktur. Ancak yine de, bu egzotik evrimsel sürecin geçmişini yinelemeye çalışırsak, olayların bu denli açık olmadığını görürüz. Onun bir 'zaman başlangıcı' olmasının gerekip gerek-

mediğini açığa çıkaramadık. Olabilir ki, bütün şişen kabarcık evrenlerinin, kendi kendini üretme şebekesinin bir başlangıcı olması gerekmez; ama belirli kabarcıkların, geçmişleri geriye doğru izlendiğinde, başlangıçları olabilir. Bu başlangıçlar, evrenin bir konumdan ötekine kuantum-mekaniksel enerji dalgalanmalarına karşılık gelebilirler ve bir olasılıkla, zaman zaman kendiliğinden ortaya çıkabilirler.

Bu sonsuz hayal panoramasında, kendi konumumuz şaşırtıcıdır. Biz, belirli bir kabarcık içinde, belirli bir dizi fiziksel değişmezle, sonsuz görünen bir şişmeler dizisinin belirli bir döneminde yaşıyoruz. Bildiğimiz tek şey, yeterince zaman süresince şişmiş olan, -yıldızların, yaşamın ve bilinen bütün biçim ve karmaşıklıkların temeli olan elementleri oluşturmak için yeterince büyük- bir kabarcığın içinde oturduğumuzdur. Bu tür bir büyük kabarcığın ne ölçüde "muhtemel" olduğu, ve de onun içindeki fiziksel değişmezlerin biyo-dostça oluşma olasılığı hakkında hiç fikrimiz yok.[20] Bu kendi kendini üreten **evren**in, bütün barok karmaşıklığı ile gerçekten var olup olmadığını asla bilmeyecek olmamız da işin tuzu-biberidir. Bizim evren görüşümüz, ışık hızının sonlu olması ile kısıtlanmış, sınırlı olmaya mahkûm bir görüştür.

Evrenin, bütün büyüklük ve zamanlarda son derece karmaşık yapılı olduğuna ve onun bizler tarafından görülebilir olan bölümünün önemli bakımlardan atipik olduğuna işaret eden nedenlerin var olduğunu ummak için olumlu nedenlerimiz bulunması, insana huzursuzluk vermektedir. Işık hızının sonlu olmasının getirdiği sınırlamalar, ufkumuzun ötesinde olan evrenin yapısı hakkındaki beklentilerimizi test etmeyi engellemektedir. Bu nedenle, sonsuz enflasyoner evren görüşünü gözlemlerle sınayamayız; halbuki, geçmişte enflasyon geçirmiş bir kabarcıkta yaşayıp yaşamadığımızı sınamak için, çevremizdeki kozmik radyasyonun sıcaklığındaki küçük değişimlerin ayrıntılı imzasına bakabiliriz. Bu, esinleyici bir öykü olarak kalacaktır.[21]

Eğer gelecek on yıl içinde fırlatılması planlanan uydular, görülebilir evrenimizin geçmiş enflasyonun belirleyici özelliklerini taşımadığını kuşkusuz biçimde kanıtlayabilirse, o zaman sonsuz enflasyon, inanılırlığını yitirecektir. Şişmemiş, acayip bir kabarcık içinde yaşı-

yor olabiliriz; ancak bu *ad hoc** olasılık, ufkumuzun ötesindeki dünyaların dünyasına olan inancımızı sürdürmek için yeterli değildir. Ancak eğer o uydular bizim enflasyoner geçmişimizi doğrularsa, hakkında hiçbir bilgi vermeseler bile, gözlemlenebilir olmayan uzak bölgelerle ilgili spekülasyonları güçlendireceklerdir.[22]

Kozmolojik bilgi üzerindeki bu sınırlamalara karşın, sonsuz enflasyonun akla yakın gelen kozmik bir senaryo olarak, önemi şudur: Sonsuz enflasyon, bizim ufkumuz içindeki astronomik gözlemlerin sınırlı olmasının evrenin bütünü hakkındaki bilgimize çok çarpıcı bir kısıtlama getirdiğine inanmak için birçok neden olduğunu göstermektedir. Ufkumuz ötesindeki evren çok farklı olsa gerek. Onun başlangıcı ve sonu hakkındaki soruları yanıtlamak, bu nedenle, iki kat daha olanaksızdır.

Sonsuz enflasyon teorisi, uzun süredir geçerliliğini yitirmiş olan ve ilk kez 1948 yılında Herman Bondi, Thomas Gold ve Fred Hoyle tarafından önerilmiş olan durağan durum teorisi ile sık sık karşılaştırılmaktadır.[23] Genişleyen evrenin bu teorisinde Büyük Patlama yoktu; maddenin sürekli yaratıldığı, bu yaratma hızının evrenin yoğunluğunu her zaman sabit tutacak ölçüde olduğu varsayılıyordu. Gereken yaratma hızı, gerçekte çok küçüktür: Yaklaşık olarak uzayın her metre küpünde milyar yılda bir atom kadar —yani doğrudan bulunabilecek olandan çok daha küçük. Durağan durum evreninde ne başlangıç ne de son vardır. Ortalama olarak her konumdaki ve her zamandaki gözlemciye, evren aynı görünmeliydi. Sürekli şişen bir enflasyoner evren gibiydi. Standart Büyük Patlama evreni, bunun tam tersiydi; bu teoride maddenin tümü bir başlangıç anında ortaya çıkmış ve sonra yayılmış, soğumuş ve seyrekleşmişti. Durağan durum evreninin tersine, geçmiş gelecekten farklıydı. Geçmişte Büyük Patlama evreni daha sıcak, daha yoğundu ve bizim gibi yaratıkların oturmasına elverişli değildi.

Durağan durum teorisinin Bondi, Gold ve Hoyle versiyonu, çeşitli birçok gözlemler sonucunda gözden düştü. Radyo galaksileri ve

---

* Sadece bunun için, buna mahsus (ç.n.).

kuasarlar gibi kozmik nesne topluluklarının doğma hızlarının, kozmik çağlara göre değiştiği anlaşıldı. Ancak en çarpıcı bulgu, 1965'de, evrenin geçmişte daha yoğun ve daha sıcak olduğunu gösteren mikrodalga arka-plan radyasyonunun keşfi oldu.

Bu yeni gözlemsel olgular karşısında durağan durum teorisine verilen destek zayıfladıkça, savunucuları ümitsizce onu kurtarmaya çalıştılar. Bir öneriye göre *evrenin gözlemlenebilir bölümünün* Büyük Patlama türü olmasına karşın, o, sonsuz bir durağan durum evreni içinde genişleyen bir Büyük Patlama kabarcığından başka bir şey değildi.[24] Eğer durağanlık yeterince büyük ölçekli ise, bu görüşün doğrulanacağı ya da çürütüleceği herhangi bir gözlem olanaksızdır.

Bu eski teori bazen, kaotik ya da sürekli enflasyoner teorilerle karşılaştırılır. Aralarında önemli farklar olduğunu hatırlamak önemlidir. Durağan durum kabarcığı evren, tümüyle çok kıymetli bir teorinin gözlemler tarafından reddedilmesini önlemek için son çare olarak ortaya atılmıştı. Durağan durum içinde Büyük Patlama kabarcıkları olduğunu ileri sürmek için hiçbir bilimsel neden yoktu; hatta bu, hemen hemen her yerde aynı olan bir evren varsayan durağan durum felsefesinin tüm ruhuna karşı olan bir yaklaşımdı.[25] Bunun tersine, enflasyoner evren teorisini kaotik ve sonsuz biçimlere genişletme fikri, daha basit versiyonları olumsuz gözlemsel olgulardan kurtarmak için önerilmemişti. O, tam tersine, gözlemlerle ilgili herhangi bir problemle karşı karşıya olmayan bir teorinin, kaçınılmaz (birçok kişi için de istenmeyen) mantıksal sonucu olarak ortaya çıkmıştı.

Evrenlerde doğal seçim

> *Evrimle ortaya çıkmış herhangi bir şeyin biraz karmaşık olması kaçınılmazdır.*
>
> SYDNEY BRENNER[26]

Kendi kendini üreten enflasyoner evren, kozmolojiye daha geniş görüşler getirir. Bilimler, karmaşıklığın var olmasını açıklama yaklaşımlarına göre iki gruba ayrılırlar. Bazılarında, biyoloji gibi, canlı varlıklar arasındaki karmaşık yapıların açıklanması, kolayca, çok uzun

zaman ölçeğinde etkin olan doğal seçim sürecine atfedilir. Her aşamada, belki de rasgele, çok küçük değişimler yer alır. Bunlardan avantaj sağlayanlar, daha az avantajlı olanlara göre daha büyük olasılıkla bir sonraki kuşağa geçirilir. Fiziksel süreçlerin kendi kendini örgütleme özelliğinin (bir önceki bölümdeki kum yığını örneği) bu süreçte oynayabileceği rol konusunda ciddi tartışmalar yapılmaktadır; ancak evrimsel biyologların çoğu bu olasılığa kuvvetle karşı koymaktadır.[27] Buna karşı, astronomide karmaşık yapıların açıklanmasında evrim ve doğal seçim hiç rol oynamamıştır. Yıldızlar ve galaksiler gibi nesneler, daha çok, fizik yasalarınca yönetilirler. Doğanın karşıt kuvvetleri arasında denge durumundadırlar. Fiziğin araştırdığı molekül, atom, nükleon ve elementer parçacıklar gibi önemli nesneler, fizik değişmezleri ve doğa yasalarınca tanımlanan değişmez özelliklere sahiptirler. Onlar genlerde olan değişme yetisinden yoksundurlar. Bu nedenle, fizikçiler ve astronomlar, gerçekten temel nitelikte olan her şeyin, doğanın dört kuvvetini yöneten yasaların doğrudan bir özelliği ile açıklanması gerektiği kanısına yönelirler. Görülebilir evrenin bazı temel niteliklerinin, bir seçim sürecinden arta kalanlar olarak çapraşık bir açıklaması olduğunu anlamak, fizikçileri düş kırıklığına uğratırdı. Tersine, biyoloji tümüyle bu çapraşık işlerle uğraşır.

Smolin ve Harrison'un, evren ve onun tanımlayıcı değişmezlerinin bir çeşit seçim süreci ile gelişmiş olabilecekleri yolundaki spekülatif fikirlerini, bir önceki bölümde tartışmıştık. Smolin'e göre seçim, daha çok sayıda kara deliğin, belirli bir evren çeşidinin var olma şansını artırdığı "doğal" bir seçimdir. Ancak Harrison'a göre, değişiklikler akıllı beyinlerin bilinçli müdahalesi ile gerçekleşmiştir ve bu nedenle ona "yapay seçim", ya da evrenin kabarcıklarının "zorunlu üremesi" demek daha yerinde olur.

Linde'nin kendini-üreten enflasyonu da doğal seçimle gelişme kategorisine konabilir.[28] Şişen her kabarcık, kendiliğinden şişen kuşaklar ortaya çıkarır *(Üreme)*. Bu bebek evrenler, kendilerini tanımlayan fizik değişmezlerinde ve başka bazı özelliklerde küçük değişikliklere (*varyasyon*) sahiptirler; ancak kendilerini üreten kabarcığın tanımlayıcı fizik değişmezlerinin birazını da belleklerinde taşır-

lar (*kalıtım*). En çok bebek evren üreten kabarcık çeşitleri, uzun vadede çoğalan ve evreni yöneten çeşitler olacaktır. En garip olan da şudur ki, eğer yaşamın tanımının *üreme, değişim, ve kalıtım*[29] olduğunu söyleyen biyologlara inanırsak, o zaman, kendini üreten enflasyoner evren canlıdır!

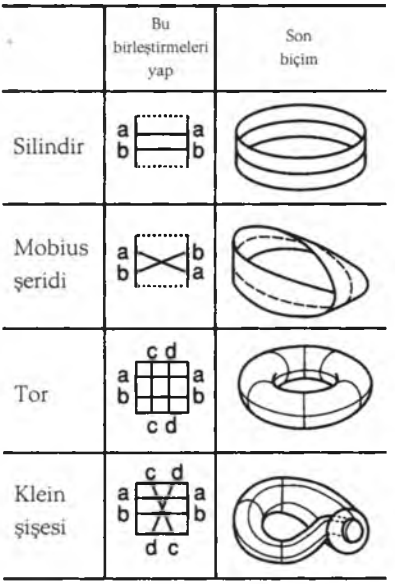
Topoloji

Stripçi dansöz Virginia
Fermuarla soyunurdu bir anda
Ama taktı aklını kurgu bilime
Ve öldü, bir kas büzüşmesiyle
Çabalarken Mobius şeridi gibi kıvırtmaya.

CYRIL KORNBLUTH

Uzayların bir şekilde eğrik olduğuna, öteden beri aşinayız. Dünya yüzeyinin eğrilmiş olduğunu biliyoruz. Bu kitabın sayfası da eğriktir. Bu yüzyılın başlarında Einstein bize, uzayının içinde madde olması nedeniyle, bütün evrenin eğrilmiş olduğunu öğretti. Bunun anlamı nedir? Eğrik yüzeyin, içine kütle konduğunda biçimini değiştiren bir lastik çarşafa benzediğini düşünerek, eğrilmiş uzayın nasıl göründüğünü gözümüzde canlandırabiliriz. Bütün kütleler, uzayın geometrisini tümüyle yerel olarak etkilerler. Bu etki, ışık ya da başka kütleler geçerken kendini gösterir. Onlar, tıpkı aşağıya doğru akan bir derenin yaptığı gibi, sürekli, gidecekleri en kısa rotayı sezerler; ancak kütlenin yol açtığı eğriliğin var olması, çekim kuvvetinin ("gravitasyon"un) sonucu olarak görünen bir en kısa izlek yaratır.

Einstein'ın bu radikal önerisinden önce, evrenin, üstünde maddenin etkileşimlerinin ve bütün hareketlerinin oynandığı durağan bir sahne olduğunu düşünürdük. Uzay, deforme edilebilen bir lastik çarşaftan çok, bir masa üstü gibiydi. Bunların arasında önemli bir fark vardır. Masa üstünde bir topu döndürürseniz, masanın bir başka yerinde duran bir başka top etkilenmeyecektir. Ancak lastik bir örtü üstünde bir top döndürürseniz, onun ekseni çevresindeki fır-dönmesi örtüyü bükecek ve yakındaki nesneler de topun dönme yönünde bükülecekleridir.



Şekil 6.11. Olağan dışı topolojileri olan bazı uzaylar. Her birinde düz bir yüzeyin iki ya da dört yüzü, bir bükülme yapılarak ya da yapılmadan birleştirilerek dört farklı topoloji elde ediliyor.

Eğrilmiş uzay bu benzetmelerle anlaşılabilir; ancak "eğrilmiş zaman" insana garip geliyor. Bunun anlamı şudur: Zamanın akış hızı, ölçümün yapıldığı konumdaki çekim kuvveti alanının şiddeti ile belirlenir. Güçlü çekim alanlarında (yani uzayın büyük eğrilik gösterdiği yerlerde) zaman, zayıf çekim alanlarındaki (yani uzayın dümdüz olduğu yerlerdeki) akış hızına kıyasla daha yavaş geçer.

Uzay ve zamanın eğriliği bir geometri konusudur. Einstein denklemleri bize, istediğimiz herhangi bir madde ve enerji dağılımı için uzay ve zamanın eğriliğini nasıl hesaplayacağımızı anlatır (ilke olarak! -uygulamada denklemleri çözmek son derece zordur ve bu hesapları ancak çok basit, son derece simetrik madde dağılımları için yapmayı başarmış bulunuyoruz). Evren için en basit modeller (örneğin, her yerde kritik hızla genişleyen evren) herhangi bir anda dümdüz, sınırsız bir lastik çarşaf gibi görünen, genişleyen (lastik çarşaf geriliyor) bir evreni betimler. Bu çarşaf bir silindir gibi sarılırsa, uzayın yerel geomet-

risi etkilenmez; yerel olarak hâlâ düz görünür: Herhangi bir üçgenin iç açılarının toplamı her zaman 180 derecedir. Ancak birşey değişmiştir.

Evrenin *topolojisinde* bir değişme olmuştur. Topoloji sadece yırtma, delikler açma, ya da uzayın bölümlerini birbirine yapıştırma ile değişir. Eğer iki yüzey yırtılmadan gerilerek birbirine dönüşebiliyorsa, o zaman aynı topolojiye sahiptirler.

Bu nedenle, yuvarlak bir simit, bir kahve fincanına topolojik olarak denktir; ama onların her ikisi de iki kulplu bir fincana denk değildir. Şekil 6.11'de, uzayın iki kenarını birleştirince ne olduğunu görüyoruz. Öteki iki dik doğrultuyu da aynı şekilde birleştirebilirdik. Sonuç bazen 3-tor topoloji olarak anılır (tor, simit şeklindeki halkaya matematikçilerin verdiği isimdir).

Evrenimizin topolojisinin ne olduğunu öğrenmek isteriz; ama Einstein'ın denklemleri bu konuda suskundur. Onlar bize, yıldızların ve galaksilerin dağılımına bakarak evrenin geometrisinin nasıl saptanacağını söyler; ancak bu bize topolojiyi anlatmaz. Astronomlar, basit olması için, genellikle, eğer evren kritik ya da açık ise topolojisinin düz ve sonsuz bir sayfa olduğunu varsayarlar ve ona "doğal" topoloji derler. Ne var ki, bu astronomların işini kolaylaştırsa da uzayın böyle olması için bir neden yoktur. Eğer her üç boyut da bir silindir şeklinde birleştirilirse, genişleme kritik ya da açık evren gibi davransa bile hacmi *sonlu* olur.

Topolojinin, doğal olmaktan çok daha fazla doğal olmama yolu var olduğu için, onun doğal olmamasının daha olası olduğunu bile düşünebiliriz.[30] Ama astronomi bize yardımcı olabilir; bir 3-tor topolojisinin gözlemsel bir kanıtı olup olmadığına bakabiliriz. Böyle bir topoloji, ışık silindirin etrafında dönüp dururken uzak galaksilerin kuasarlarm görüntülerine yol açacaktır. Bu, birbirine paralel iki ayna arasında durarak kendimize bakmaya benzer: Giderek küçülen ve sonu gelmeyen bir imgeler dizisi görürsünüz. Şimdiye kadar, böyle bir duruma atfedilebilecek tekrarlanan görüntülere işaret eden bir şey görülmemiştir. Yakın zamanda, bazılarımız, eğer topoloji doğal değilse, genişlemenin ilk aşamalarındaki arka-plan radyasyonuna ne olabileceğini incelemiştir.[31] Eğer ev-

renimiz düz çarşaf topolojisinden on beş ışık yılından daha küçük bir boyutta sapmış olsaydı, COBE'nin ölçtüğü gökyüzü haritalarının tümüyle farklı yapısı olması gerektiğini keşfettik. Eğer evren sıra dışı bir topolojiye sahip ise, o zaman onun belirleyici nitelikleri bizim bugünkü görülebilir ufkumuzun ötesinde saklanmış gibi görünmektedir.

Evrenin bütününün topolojisinin saptanması için gereken bilgiyi elde etme olanağımız yok. Onun, kulplar ya da kendine dönük halkalar sergileyebileceği uzaklıkların sınırlarını saptayabiliriz; ama bütününün yapısını saptayacak gözlemleri asla yapamayız. Bir evrenin "hiç"den nasıl ve ne için yaratılabildiği sorusuna fiziğin bir açıklama getirip getiremeyeceği gibi çok ilginç bir soru konusunda, yaratılacak olan evrenin topolojisinin büyük etkisi olması olasılığı vardır. Bazı topolojilerin ortaya çıkma olasılığı, başka bazılarınınkinden daha fazladır. Evrenin topolojisini bilmemek, kozmik bulyap bulmacasının önemli bir parçasından yoksun olduğumuz anlamına gelebilir.

Evrenin bir başlangıcı var mıydı?

> *Başlangıçta hiçbir şey yoktu. Ve Tanrı: "Işık olsun" dedi, ve hâlâ hiçbir şey yoktu, ama artık bunu görebilirdiniz.*
>
> TERRY PRATCHETT

"Evrenin bir başlangıcı var mıydı?" gibi önemli bir sorunun, gözlemsel bilim tarafından yanıtlanamayacağını gördük; ancak bu bizi, düşünecek daha mütevazı bir soruya götürüyor: "Bizim görülebilir evrenimizin bir başlangıcı var mıydı?" Evrenin kökeni hakkındaki soruları miras aldığımız dinsel önyargılardan ayırmak zordur. Her ne kadar bilimciler evrenin başlangıcı hakkındaki dinsel ve mitolojik anlatımları doğrulamak ya da yanlışlamak için yola çıkmazlarsa da, onlardan etkilendikleri kuşkusuzdur. Belirli çağdaş kültürler içinde büyümüşlerdir ve geleneksel spekülasyon ve dogmaları iyi bilirler. Bunların içerdikleri öyküler, kozmolojik teorilerin geliştirilebileceği doğrultulara işaret etmekte etkili olabilir.[32]

Batı kültürlerinde, dünyanın bir başlangıcı olduğunu söyleyen birkaç dinsel gelenek vardır. Bin yıl boyunca ilahiyatçılar bu anlatımların yorumlarını, evren için "başlangıç"' ın anlamını, ayrıca, zamanın evren ile beraber yaratılıp yaratılmadığı gibi daha incelikli soruları tartışmışlardır. Bunun sonucu olarak, evrenin hiç'den yaratıldığı düşüncesi herkes tarafından bilinen ve -bilimci olsun olmasın- birçok insan için huzur verici olan bir kavramdır. Bu, onun anlaşıldığı, ya da mantıksal bakımdan kendi içinde tutarlı olduğu anlamına gelmez -tek boynuzlu at (unicorn) fikri de beni huzursuz etmez- ; sadece genel fikir ikna edici görünüyor.

Bu kültürel arka-plan, genişleyen bir evren resmi için verimli bir ortam sağlamıştır. Ayrıca, sonlu-süre önce "başlamış olan" bir evren fikrini de, doğal olarak, desteklemektedir. Eğer kendimizi statik bir evrende bulsa idik, o zaman onu, miras aldığımız, başlangıcı olan bir evren inancımızla bağdaştırmamız daha zor olurdu.

Miras aldığımız dinsel inançlar (ya da onlara karşıt duygular) bizi modern matematiksel kozmolojinin belirli doğrultularda gelişmesine daha yatkın yapabilir. Bazı kozmologlar, bir başlangıcı olan modeller ararlar ve başlangıcın belirleyici niteliklerini matematiksel olarak ifade etmek isterler. Başkaları ise, bir başlangıç öngörülmesini, teorinin ekstrem koşullar altında iflas etmesi olarak algılarlar ve gravitasyon teorisini bir şekilde değiştirerek bunu önlemeye çalışırlar. Onlara göre, zamanın başlangıcındaki tekilliği (singularity) ortadan kaldıran bu değiştirilmiş teori daha iyidir. Buna karşı, evrenin tekil başlangıcını onun yapısının önemli bir ögesi olarak gören, Roger Penrose gibi fizikçiler de vardır. Onlara göre bu öge olmasaydı, evrenin tanımlayıcı niteliklerinin bazılarını göremezdik.[33]

1922 ile 1965 arası dönemde, basit genişleyen evren modellerinin (Şekil 6.2) öne sürdüğü evrenin tekil başlangıcı hakkında hayli karışıklık vardır. Hepsi genişliyor ve eğer genişlemeyi zamanda geri götürürsek, sonlu bir zaman öncesindeki geçmişimizde sonsuz yoğunlukta ve sıfır büyüklükte bir durum buluyoruz.

Bir başlangıç için bilimsel bir temel olduğu fikri, yeni değildir. 19. yüzyılda termodinamik araştırmacıları, başlangıç olarak yorumladık-

ları, maksimum düzeni olan, bir geçmiş an olması gerektiğini göstermek için termodinamiğin ikinci yasasını kullanmışlardı.[34] Gerçekte, bu argüman pek doğru değildir. Entropi sürekli arttığı için, minumum bir değer alma zorunluluğu yoktur.[35]

Önceleri birçok kozmolog, genişleyen evren modellerinin öngördüğü "başlangıç"ın doğru olduğundan kuşku duydu.[36] Üç itiraz yapıldı. Bazıları, kozmik maddenin eklenmesinin yol açtığı reel basıncın, sıkıştırmayı sıfıra indirmeye karşı gelebileceğini (bir balonu sıkıştırma gibi) ve evrenin sonlu bir yarı çapla sıçrayarak ortaya çıkabileceğini öne sürdü. Basıncı olan evrenler incelendiğinde, onların da büyüklüğünün başlangıçta sıfır olduğu anlaşıldı. Normal basınç tekilliği önlemeye yetmiyordu.

Daha sonra, başlangıcın, her doğrultuda aynı hızla yayılan evren modellerinin gündeme gelmesi sonucu ortaya çıkan, insan yapısı bir şey olduğu öne sürüldü. Bunları geriye doğru çalıştırdığımızda, her şey aynı noktada yığılıyordu. Farklı evren modelleri incelendi. Bazıları farklı hızlarla farklı doğrultularda genişliyordu. Bazıları da, aynı zamanda konumlara göre değişiyordu. Her durumda, tekil başlangıç yerinde kalıyordu.

Son olarak, daha da derin bir itiraz yapıldı. Varsayalım ki, sıfır büyüklüğünde bir tekillik, evrenin kendinin herhangi bir fiziksel özelliği olmasından çok, bizim evreni açıklama ve haritalama yöntemimizin tükenmesinin bir sonucudur. Benzer ikilik, Dünya yüzeyindeki konumları haritalamak için kullandığımız enlem ve boylam çizgilerine baktığımızda da ortaya çıkar. Bir coğrafyacının küresinde kutuplara doğru gittiğimizde boylamlar birbirlerine yaklaşır ve sonunda birbirini keser. Haritanın iki kutuptaki koordinatları tekildir. Ancak bu, dünya yüzeyindeki o noktada garip bir şey olduğu anlamına gelmez. Eğer isterlerse, kutup araştırmacıları kendilerine daha uygun olan yeni bir harita sistemine geçebilirler. Büyük Patlama tekilliğinin de böyle önemsiz türden bir şey olmadığını nasıl söyleyebiliriz?

Problemin yanıtı, evrendeki koordinatlar ve asimetrilere ilişkin sorunlara yan çizer bir yeni yol bulan Roger Penrose tarafından ve-

rilmiştir.[37] Stephen Hawking ile birlikte, evren hakkında bazı akla yakın varsayımlar eğer doğru iseler, bir başlangıç olması gerektiğini gösterdi.[38] Bu akla yakın varsayımların en önemlisi, gravitasyonun her zaman çekici olması koşuluydu. Eğer gravitasyon çekici ise, zaman yolculuğu olanaksızdır; ve eğer bugün evrende yeterince madde ve enerji varsa, ışık ışınlarının ve büyük parçacıkların uzay ve zamanda gittiği en az bir izlek, sürekli geçmişe uzanamaz; bir başlangıcı olmalıdır.

Daha kesin bir ifade ile, geçmişteki sadece bir izleğin, bir başlangıcı olması gerekir; ekstrem sıcaklık ve yoğunluğun ona eşlik etmesi gerekmez. Teorem bize bu gibi şeyler söylemez. Uygulamada, kozmologlar, eğer bir başlangıç varsa, bu ekstrem koşulların ona eşlik edeceği kanısındadırlar. Evrenin başlangıcının, her yerde fiziksel bakımdan ekstrem olan bildiğimiz Büyük Patlama resmi, Hawking ve Penrose teoremi ile tam uyum içindedir; ama onun için kesin gerekli olduğu da söylenemez. Teoremin mantığı önemlidir. O bir teoremdir, teori değil. Eğer onun hipotezleri doğru ise, sonlu bir geçmişin *var olması gerekir*. Eğer hipotezler doğru değilse (örneğin evrende gravitasyon bakımından çekici olmayan bazı maddeler varsa), o zaman hiçbir sonuca varamayız: bir başlangıç olabilir, ama olmayabilir de.

1966 ile 1975 yılları arasındaki dönemde bu tekillik teoremi, görülebilir evrenimizin (yorumcuların çoğu, onu bütün evren ile aynı şey sanıyorlardı) bir başlangıcı olduğuna inanmak için çok güçlü nedenler sundu. Teoremin en önemli varsayımı —gravitasyonun çekici olduğu ve evrenin yeterince madde içerdiği— doğru görünüyordu. Mikrodalga arka-plan radyasyonu yeterince kütle-enerji sağlıyor, fizikçilerin deneysel olarak rastladıkları ya da teorik olarak algıladıkları bütün madde türleri, gravitasyon çekimi gösteriyordu. Teorem, bizim evrenimiz için uygulanabilir gibiydi.

1975'den sonra durum değişmeye başladı. Kozmologlar, kuantum belirsizliğinin etkilerinin, gravitasyonun çekici özelliğinde yapabileceği değişiklikleri ciddi olarak düşünmeye başladılar. Parçacık fiziğinde çok yüksek enerjilerde yapılan yeni araştırmalar, evrenin çok erken dönemdeki geçmişini yineleme çabalarını ve bu te-

orileri sınamak için astronomik gözlemlerden yararlanmak üzere yapılan yeni girişimleri yüreklendirdi. Bu araştırmalar, Alan Guth'un daha önce görmüş olduğumuz şişen evren önerisine yol açtı.[39] Çalışmalar şunu açıkça ortaya çıkardı: Elementer parçacıklar hakkındaki teorilerimiz, bizi kaçınılmaz olarak doğada yeni türden maddeler olduğuna götürüyor. Bu yeni parçacıklar, şişmeye yol açan skalar alanlar, negatif basınç sergileyebilirler ve uzak geçmişteki evrende çok yavaş olarak değişmişlerse, karşı-gravitasyon özelliğine sahip olabilirler. Bunun sonucu olarak da Hawking-Penrose teorisinin varsayımlarına aykırı düşerler. Dahası, onların başlangıçtaki evrenin genişlemesini kısa bir süre için hızlandırarak şişme olayını yaratmalarına izin veren de, tam bu olasılık idi. Bu durumda, kozmologlar doğada, Hawking-Penrose teoreminin temel varsayımlarının geçerli olduğuna inanmaktan vazgeçtiler. Parçacık fiziği teorileri, çok yüksek enerjilerde karşı-gravitasyon sergileyebilen akla yakın birçok madde alanları sağlamıştı ve bu karşı-gravitasyon, bir şişme döneminin sağladığı bütün olanakların kullanılmasına izin veriyordu.

Çıkarılacak basit sonuç şuydu: Eğer şişme olmasını istiyorsak, ilk dönemdeki tekillik konusunda herhangi bir sonuca varamayız. Bütün maddesel alanların gravitasyonunun çekici olma koşulunu sağlamaması, geçmişte hiçbir tekillik olmadığını göstermiyor; sadece artık, olup olmadığı konusunda bir şey söyleyemiyoruz. Gerçekte, hiç bitmeyen şişmenin karmakarışık bir evren resmine yol açtığını gördük. Bu, "çok versiyonlu" küçük "bebek" evrenlerin tomurcuklandığı bir resimdir. Bunların bir bölümü şişer, bizim görülebilir evrenimiz gibi büyür, ötekiler ise çöker ve bir uzay ve zaman köpüğüne dönüşür. Bu sürecin sonu yokmuş gibi görünüyor; acaba bir başlangıcı var mıydı? Yanıt henüz belli değildir.

Zamanda geriye dönük bu tahminlerin, yüksek enerji fiziği bilgimiz tam olmadığı, ya da bir şekilde onu sınama olanağı bulunmadığı için, zamanla geçersiz hale geleceğinden kimsenin kuşkusu yoktur. Bu ve bir önceki bölümde tartıştıklarımızın ışığında, evrenin bizim için görülebilir olan bölümünün bir başlangıcı olup olmadığını

saptamak için bilmemiz gereken şeylerin bazılarında bilgisizliğimizin süreceğini beklemek için geçerli nedenler var.

Einstein'ın gravitasyon teorisinin ilginç yönlerinden biri, öngöremeyeceğini öngörmesidir. Geçmişte, Einstein'ın gravitasyon teorisinin dayandığı varsayımların geçerli olamayacağı bir dönem olmuştur. Einstein'ın teorisi 10^{-33} cm'den daha küçük uzaklıklarda, ve 10^{-43} saniyeden küçük zaman aralıklarında, ya da 10^{19} Ge V 'yi geçen enerjilerde, uzayın yapısını araştırmak için kullanılırsa, uzay ve zaman kuantum belirsizliklerine tâbi olur. Einstein teorisi bunu dikkate almamıştır. Bu sınırlara, kuantum teorisinin gelişmesinin öncüsü olan Alman fizikçisi Max Planck'ın anısına, Planck ölçütleri denir. Evrenin başlangıcı olduğu sanılan zamana 10^{-43} saniyeden daha fazla yaklaşırsak, Einstein'ın gravitasyon teorisi geçersizdir. Teorinin öngördüğü tekilliğin, gerçek bir fiziksel olgu olup olmadığını bilmiyoruz. Zamanda daha gerileri araştırma, bir kuantum gravitasyon teorisini gerektirir. Bu konuya günümüzde farklı yaklaşımlar vardır. Süper-sicim teorisi en çekici rotayı sunmaktadır; ancak onun tekil evrenlere izin verip vermediği bilinmemektedir.

Çıplak tekillikler: En son hudut

> *Bir toplumda var olan eksantrikliğin miktarı, o toplumdaki deha, maddi güç ve moral cesaret miktarı ile orantılı olmuştur,*
>
> JOHN LOCKE

Evrenin geçmişi, tekilleri aramak için bakılacak tek yer değildir. Güneşten üç kat daha büyük bir yıldız, nükleer yakıt kaynağını her tükettiğinde ve kendi ağırlığı altında büzüştüğünde bir tekillik oluşabilir. Gerçekte, Penrose'un birinci "tekillik teoremi"nin geçerli olduğu durum da budur. İlk bakışta, bunun tekil noktaya çok yaklaşıldığında neler olduğunu görme olanağına kapıyı açacağı ve bu bilgiyi, geçmişte kozmolojik tekilliğe yakın koşullarda nelerin olmuş olabileceğini anlamayı mümkün kıldığı düşünülebilir.

Ne yazık ki bu pek olanaklı görünmüyor. Çok büyük madde kütleleri gravitasyonun etkisiyle bir araya geldiğinde, sonunda uzayın o

kadar küçük bir bölgesine sıkışıp büzülürler ki, herhangi bir şeyin -ışığın bile- gravitasyon çekimini alt edip kaçması olanaksız olur. Dönüşü olmayan bir yüzey var ki -"olay ufku" deniyor- onun ötesinden hiçbir şey geri alınamaz. Olay ufkunun içindeki bölgeye *kara delik* denir. Astronomlar birkaç tanesinin saptandığını sanıyorlar.[40] Onlar sıradan yıldızların çevresinde dönerken, yol arkadaşları olan yıldızın yüzeyinden belirli yollarla madde koparıp çekerler ve kendilerini tanımlayan büyüklüğü ve gravitasyonun varlığını ortaya koyan, hızla titreşerek ışıldayan X-ışınları yaratırlar.

Kara deliğin olay ufku belirlendiği andan sonra, dışarıdan bakanlar onu hiç değişmeyen bir gravitasyon çekimi olarak görürler. Ancak matematikçilerimiz bize, ufkun içinde maddelerin merkeze düşmeyi sürdürdüğünü ve orada yoğunluğun sürekli arttığını söylüyor. Evrenin genişlemesinin başlangıcında olduğu gibi, gravitasyonla kuantum belirsizliğinin karışımını içeren yeni fizik yasaları ortaya çıkmadığı sürece, denklemlerimiz en sonunda, madde ve uzayın var olmadığı sonsuz yoğunlukta bir tekillik öngörüyor. Bir kara deliğin merkezine düşmek, kapalı bir evrenin nihaî Büyük Çökmesine yaklaşmak gibidir.

Bütün bunlar evrenin tuhaf bir yönünü ortaya koymaktadır. Öyle görünüyor ki, kocaman yıldızların çöküşünün oluşturduğu kara deliklerin içinde tekilliklerin oluşmasına izin veriliyor; buna karşı, onları olay ufukları ile sınırlayarak tekilliğin dışarıdaki evreni herhangi bir şekilde etkilemesi de önleniyor. İlk bakışta bu, tekilliğin yakınında ne olduğunu keşfetme yetimize getirilen can sıkıcı bir sınır gibi görünüyor. Ancak, bunun evrenin rasyonel tutarlılığı için gerekli olabileceği düşünülebilir. Tekillikler, tanım gereği, fizik yasalarının geçerli olmadığı konumlardır. Bir tekillikten her şey gelebilir - TV setleri, zaman makineleri, hatta birçok evrenler;- bilinen hiçbir kural yoktur. Eğer yakınımızda böyle bir tekillik olsaydı, geleceği öğrenmek için fizik yasalarını kullanamazdık. Kara delikler bizim savunmamızdır. Galaksimizde büyük bir yıldızın çöktüğü her seferinde, yerel tekilliklerin tümüyle öngörülemeyen etkilerinden, olay ufuklarının oluşması sayesinde korunmaktayız. Bilim kurgu filmleri,

olay ufkunu her zaman, bir tür kozmik Venüs sinek-kapanı olarak dramatize ederler. Onun gerçek önemi, o olmasaydı evrende ortaya çıkabilecek olan şeylere karşı bir kalkan olmasındadır.

Bir tekillik çevresinde bir olay ufkunun bulunması o denli önemlidir ki, Roger Penrose tekilliklerin hiçbir zaman "çıplak" olmayacaklarını, her zaman bir olay ufku tarafından kuşatıldıklarını iddia etmiştir. Çıplak tekilliklerin bu yolla veto edilmesine *kozmik sansür* hipotezi denir. Onun çeşitli versiyonlarının ispatları da vardır; ne var ki, kuantum fiziğinin gravitasyon üstündeki etkisini yok saysak bile, onun genel olarak doğru olup olmadığını bilmiyoruz. Kuantum fiziğini hesaba katarsak, hiç de doğru olmayabilir. Stephen Hawking, kara deliklerin incelenmesinde kuantum süreçlerinin hesaba katılmasının, onların gerçekten "kara" olmadığı anlamına geldiğini göstermiştir.[41] Onlar, yüzeylerinden parçacıklar ve radyasyon saçarlar ve yavaş yavaş buharlaşıp yok olurlar. Kütleleri düştükçe saçılan parçacıkların sıcaklığı ve buharlaşma hızı artar. Olay ufku giderek küçülür. Planck ölçütlerine varıldığında kara delik, minyatür bir Büyük Patlama gibi patlar. Geriye ne kaldığını bilmiyoruz. Ancak, eğer bu kara delik patlamalarından biri yerel olarak gözlenirse, bir an için olay ufku kalkanı olmayan, Planck ölçütlerine yakın bir fizik görebiliriz. Bu kara delik patlamaları, ölmüş büyük yıldızlardan oluşan kara deliklerin buharlaşmasının sonucu olamaz. Onların kütleleri çok büyük, buharlaşma hızları da çok yavaştır. Onlar daha çok, sadece evrenin başlangıç döneminde oluşmuş olabilecek çok daha küçük kara deliklerin buharlaşmasının son noktaları olabilirler. Evren yaklaşık 10^{-23} saniye yaşındayken oluşmuş olabilecek kara deliklerin kütlesi yaklaşık 10^{14} grama yakındır (yaklaşık olarak bir dağın kütlesi); onlar bugün patlama ile buharlaşmanın eşiğinde olmalıdırlar. Astronomlar, bu patlayan kara delikleri çeşitli yollarla aradılar. Onların yüksek-enerji gamma ışınları salması ve güçlü radyo dalgaları ve kozmik ışınlarla patlamalar yapması gerekir. Şimdiye kadar, bu patlamaların, teleskoplarımızın farkedebileceği düzeyde görüldüğüne ilişkin olumlu bir kanıt bulunamamıştır. Söyleyebileceğimiz tek şey şudur: Eğer onlar

var ise, uzayın her kübik parsec'inde* (29×10^{39} km^3'den daha büyük), yılda birden daha az patlama olmalıdır. Teorik beklentiler de daha iç açıcı değildir. Eğer şişme evrenin çok erken döneminde gerçekleşmiş ise, 10^{14} gramlık kütle içeren bölgelerdeki düzensizlikleri o ölçüde düzeltirdi ki, onların bu kara delikleri yaratarak kendi içlerine çökmeleri olanaksız olurdu. Ancak şişmenin bazı atak versiyonlarının öngörüsüne göre, bu çok küçük kara delikler, bir şişme döneminin sonunda oluşmuş olabilirler.

Boyutlar

> *Paralel evrenler hakkında anlamamız gereken ilk şey ... onların paralel olmadıklarıdır. Ayrıca onların, sözcüğün tam anlamı ile, evrenler de olmadıklarını anlamamız önemlidir; ancak, biraz düşünüp,o ana kadar anladığımız her şeyin yanlış olduğunu anladıktan sonra, en kolayının bu olduğunu anlarsınız.*
>
> DOUGLAS ADAMS[42]

Görülebilir evrenimizin yapısını Planck ölçütüne yakın bölgesinde keşfetmeye kalkmak, Rus bebekleri (Matruşka) dizisini açmaya benzer. Geriye doğru gittikçe, daha geriye gitmemizi önleyen sınırlarla karşılaşırız. Başlangıçta sınırlar daha çok, rahat kaçırıcıdır. Evrenin fotonlara karşı saydam olmaması, bizim çekirdek sentezinin (nucleosynthesis) ürünlerini aramamız gerektiğine işaret eder. Ancak, şişme ciddi bir kalkan oluşturmaktadır. Eğer şişme, evrenin Mimarının planlarına almamayı yeğlediği o harika fikirlerden bir ise, Planck ölçütünden çıkıp, uzay ve zaman içinden bize doğru serbestçe uçan gravitonları gözlemleyerek daha gerilere bakabiliriz. Ancak süper-sicim teorisi, yeni bir Pandora olanaklar kutusu açmıştır. Günümüzde, gravitasyon ile öteki doğa yasaları birleştiğinde, kendi içlerinde çelişkilere ve ölçülebilir niceliklerin sonsuz değerleri olduğu şeklindeki öngörülere yol açmayan yegâne fizik teorileri, süper-sicim teorileridir. Ne var ki, doğa kuvvetlerinin bu tutarlı temel teorileri, bizim her zaman duyumsadığımız üç

*parsec: 3.26 ışık yılı.

boyuttan çok daha fazla boyutlu uzay gerektiriyor gibidir. Orijinal sicim teorileri, evrenin uzayının 9 ya da 25 boyutlu olmasını gerektiriyordu! Biz sadece üç boyut gördüğümüz için, varacağımız sonuç, ya bu teorilerin yanlış olduğu, boyutların, bizim onları sandığımızdan farklı olamayacağı, ya da uzayın birçok boyutunun bir yerlerde saklanmış olduğu şeklindedir. Bu iki seçenekten birinin doğru olduğu ortaya çıkabilirse de, genel olarak bilmecenin yanıtının üçüncü bir seçenekten geleceği sanılıyor. Uzayın toplam boyutundan üçünün (ve sadece üçünün) boyutunun çok çok büyümesine ve ötekilerin, etkileri bizim için algılanamayacak şekilde Planck büyüklüğünde kalmalarına izin veren bir süreç bulunması gerekmektedir. Gerçekte, daha yakından bakıldığında, *bütün* boyutların Planck büyüklüğünde sıkışıp kalmış olmalarının daha da olası olduğu anlaşılıyor. Bilmece, şimdi de, üçünün nasıl olup da bu kadar büyüdüğüdür —hatta Planck büyüklüğünden 10^{60} daha büyük. Boyutlardan sadece üçünün şişmesine yol açan bir süreç gerekmektedir. Şimdilerde böyle hiçbir seçici süreç bilinmiyor. Bu süreç rasgele olabilir; o zaman, onun üç büyük boyut seçmesi fizik yasaları içinde programlanmış değildir. Yahut da, üç ve sadece üç boyutun şişebildiğini açıklayan güçlü bir neden var olabilir. Şişmenin farklı yerlerde farklı boyutlarda yer aldığı şişen evrenler oluşturulabilir; ancak bunlar, şimdilik hayli yapay ve inandırıcılıktan uzaktır.

Seçici şişme sürecinin gizini bir yana bırakırsak, büyük bir belirsizlikle karşı karşıya olduğumuzu görürüz. Gerçek doğa değişmezleri ve doğa yasalarının biçimleri, uzayın gerçekten 9 ya da 25 ya da başka bir sayıda boyutu ile sınırlıdır. Karmaşık bir fiziksel süreç, çevremizde gördüğümüz astronomik evreni oluşturmak için sadece üç şişen boyut olduğunu gösteriyor. Fiziğin değişmezleri dediğimiz nicelikler, boyutların tümünün içinde yaşayan gerçek değişmezlerin üç boyutlu gölgeleridir. Eğer fazladan boyutlar varsa ve evrenin, bizim şu üç boyutlu bölümünün yaptığı gibi, büyüklüklerini genişleyerek artırıyorlarsa, o zaman bunun bizim doğa "değişmezlerimizin" de tam olarak aynı hızla değişmesi yoluyla anlaşılabilir olması çok ilginçtir.[43]

Evrenimizin, uzayın üç boyutundan çok daha fazlasını içermesi ve bunların Planck büyüklük ölçütü içine sıkışmış olma olasılığı, ev-

renin bütününün yapısına ulaşmamızın daha önce sandığımızdan çok daha çarpıcı biçimde sınırlanmış olabileceği demektir.

Simetri-kırma

> *Pozitif bilimler, en sonunda doğayı anlamanın -hatta her yeni deneyim alanında da anlamanın- her zaman olanaklı olduğu varsayımından yola çıkarlar; ancak "anlama" nın anlamı konusunda hiçbir a priori varsayım yapılmamalıdır.*
>
> WERNER HEISENBERG

Büyüyen bir uzayın boyut sayısının rasgele saptanmış olabileceğine değindiğimizde, evrenin gözlemlenen niteliklerini edinme yollarının bir başka yönü ile karşılaşmış oluyoruz. Şimdi sahip olduğu özelliklerin bazıları, fizik yasalarının ve maddenin en temel elementer parçacıklarının yansımalarıdır. Ötekiler ise, geçmişte bir yolla yer almış olabilecek bazı arızî şeylerin sonucu olabilirler. Bu arızî sonuçlar, doğanın temel niteliklerini etkileyebilirler. Örneğin, gözlemlenebilir evrende madde ve karşı-madde arasında gözlemlenen dengesizlik, doğa yasalarında madde ile karşı-madde arasındaki dengesizliğin doğrudan bir yansıması olabilir. Ya da, gözlemlenen dengesizliğin tümü veya bir bölümü rasgele bir süreç sonucu ortaya çıkmış olabilir. Bu durumda dengesizlik, evrendeki farklı konumlara göre değişebilir ve doğa yasalarının evrensel bir sonucu olduğu durumdaki gibi bir yolla öngörülemez.

Uzayın boyut sayısı ile uzaydaki madde/karşı-madde dengesinin, geçmişteki arızî durumlar olabileceğini söylemiştik. Ölçtüğümüz fizik değişmezlerinin değerlerinin benzer durumların sonucu olması da mümkündür. Evrende konumdan konuma değişebilirler. İlk bakışta bu pek olanaksız görünmüyor; çünkü, bazı doğa değişmezlerinin geçmişte önemli ölçüde farklı olup olmadıklarını doğrudan ölçme ile kontrol edebiliriz. Doğanın elektromanyetik şiddeti ve onunla beraber atomik ve moleküler yapısı, kimyası ve madde bilimi, bunların hepsi, *ince yapı değişmezi* denen bir sayı tarafından saptanmıştır. Bu değişmezin değeri $(7{,}29735 \pm 0{,}00003) \times 10^{-3}$, ya da yaklaşık olarak

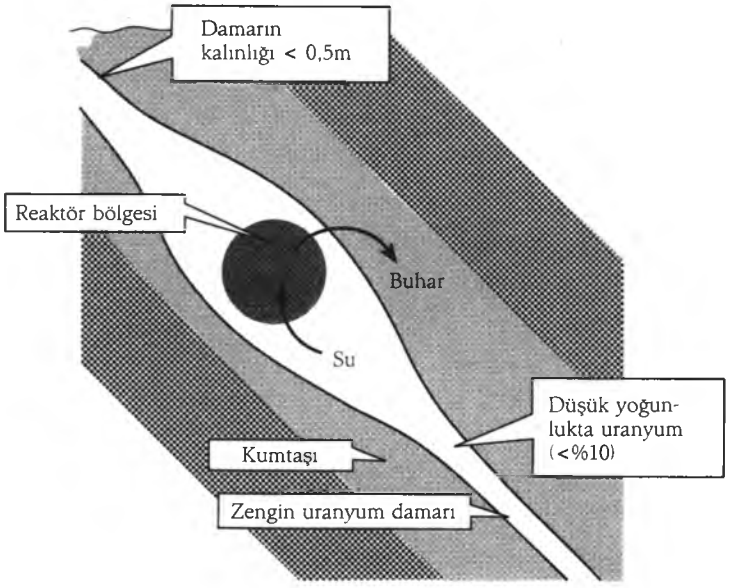
1 / 137 'dir. Bu, evreni karakterize eden ve açıklaması olmayan en ünlü sayılardan biridir. (Bu sayının, birçok fizikçinin güvenlik kodunda, parolasında ve pin-sayısında yer aldığına bahse girerim.)

İnce yapı değişmezini çok büyük hassasiyetle ölçebiliyoruz; ancak şimdiye kadarki teorilerimizin hiçbiri, onun ölçülen bu değeri için bir açıklama sağlamıyor. Süper-sicim teorisinin amaçlarından biri de bu sayıyı kesin olarak öngörmektir. Bunu başarabilen bir teori, potansiyel bir "Her Şeyin Teorisi" adayı olarak, ciddi biçimde ele alınacaktır.

İnce yapı değişmezi, gerçekten değişmez midir? Laboratuvar deneyleri göstermiştir ki, eğer değişiyorsa, değişme hızı şimdiki değerine göre yılda 3.7×10^{-14} 'den daha küçük olacaktır.[44] Genişleyen evrenin yaklaşık yaşı 10^{10} yıl olduğuna göre, bütün bu süre içinde onun değişiminin 10.000'de 1'den az olması gerekir. Astronomi, daha da iyisini yapmamıza izin verir. Eğer astronomik evrenimize bakarsak, evren milyarlarca yıl daha gençken ve bugünkü büyüklüğünden birkaç kat daha küçükken bize ilk kez ışık veren kuasarları gözlemleyebiliriz. O ışığın ayrıntılı biçimi, kuasar ile bizim aramızdaki galaksiler-arası ortamın atomik özelliklerini ortaya koymaktadır. Günümüzdeki ölçümlerin hassasiyet sınırına inen ölçüde, laboratuvarlarda aynı örüntüdeki elementlerin çıkardığı ışığa bakarak bulunanlar ile karşılıklı ilişkileri aynıdır.

Son zamanlarda bazılarımız, eğer evren yaşlandıkça ince yapı değişmezi değişiyorsa, o zaman onun bugünkü değerine kıyasla yılda 5×10^{-16}'dan küçük bir hızla değiştiğini gösterdiler.[45] Dahası, gökyüzündeki farklı doğrultularda olan farklı kuasarlara bakarak, ince yapı değişmezinin, uzayda milyonlarca parsec boyunca farklı konumlarda, milyonda bir hassasiyetle aynı olduğunu saptayabiliyoruz.

Doğa "değişmezlerinin" geçmişteki değerleri hakkında bilgi alabileceğimiz bir başka yol daha var. Yaklaşık iki milyar yıl önce, Batı Afrika'daki Gabon Cumhuriyetinde, Şimdi Oklo uranyum madeninin olduğu bölgede, jeolojik bir kaza, nükleer reaksiyonların yer aldığı koşullara yol açtı.[46] Fransa, eskiden yıllarca kendi kolonisi olan bölgede uranyum cevheri çıkarmaktaydı. 1972'de, beklenen



Şekil 6.12. Oklo doğal reaktörünün bulunduğu yerin jeolojik yapısı. Zengin uranyum damarı bir kumtaşı katmanının içinde, kumtaşı da bir granit katmanın üstünde yatıyor. Kumtaşı ve granit katmanlarının eğimi, uranyum ve suyun yerel olarak yoğunlaşmasına yol açtı. Yüzde 10'u aştıklarında zincirleme reaksiyon başlayabilir. Uranyum katmanı, nötronların kaçmasını önleyecek kalınlıkta olmalıdır; ve nötronları emecek öteki ağır elementlerden ârî olmalıdır. Nükleer reaksiyon, suyun aracılığı ile kendini düzenliyordu; reaksiyon hızlandıkça su buharlaşarak onu yavaşlatıyor; reaksiyonlar yavaşladıkça buhar yoğunlaşıp nötron emilmesini düşürerek reaksiyonları tekrar hızlandırıyordu.

yüzde 72.02 yerine, yüzde 71.71 oranında uranyum -235 izotopu içeren bir örnek çıkarıldı. Önce hırsızlık ve sabotajdan kuşkulandılar. Ancak biraz daha araştırınca, izotop yoğunluğunun doğal radyoaktif bozunum sürecinin etkisi ile azaldığı anlaşıldı. Gerçekte, bölgede hüküm süren garip jeolojik koşulları, kısa süreli bir doğal nükleer reaktör yaratmıştı: Eğimi 45 derece olan bir granit kaya üstünde, içine uranyum cevheri gömülmüş olan kumtaşı tabakalarının çok özel bir düzeni vardı (bkz. Şekil 6.12). Eğim, uranyumun kritik düzeylere gelinceye kadar birikmesine yol açmıştı; o zaman zincirleme reaksiyon başladı; suyun varlığı da onun daha yumuşak olmasını sağladı.

Gerçekleşmiş olan reaksiyonlar, nükleer döküntü ile imzalarını bıraktılar; bu döküntü onların reaksiyon zincirlerinin yinelenmesine olanak sağlamaktadır. İlk reaksiyon çok dikkat çekicidir. Onun var olma olanağı, artık var olduğunu bildiğimiz, doğal kuvvetlerin farklı şiddetleri ile çekirdekteki kütleler arasındaki bir rastlantıya dayanır. Bu olağan dışı rastlantının, nükleer reaksiyonların gerçekleştiği 1.8 milyar yıl önce de var olmuş olması, o dönemdeki ince yapı değişmezinin değerine sınırlar koymamıza izin verir. Bulgularımıza göre, onun bugünkü değerinden farkı, on milyonda bir'den daha fazla olamazdı; yoksa doğal reaktör çalışmazdı. Eğer ince yapı değişmezi değişiyorsa, o zaman yılda 6.7×10^{-17} 'den daha az bir hızla değişiyor olsa gerek.[47]

Kanıtlar çok inandırıcı görünüyor. Ancak, ince yapı değişmezinin bütün evrende gerçekten değişmez olduğu sonucunu gerektiriyor mu? Ne yazık ki, hayır. Eğer o 'evrensel' şişen evren resmi doğru ise, o zaman bizim görülebilir evrenimizin tümü, nedensel bakımdan tutarlı minicik bir dalgalanmanın genişlemiş bir imgesidir. Onun büyük ölçekli nitelikleri, o küçük parçanın mikroskopik bağlantılı olma özelliğini yansıtır. Böylece, eğer ince yapı "değişmezinin" değeri, şişme öncesinde evrenin bütününde değişse bile, şişme geçirmekte olan evrenin her küçük parçasında, şişme yer almadan hemen önceki değeri büyük hassasiyetle sabit olurdu. Bunun sonucunda şişen her kabarcık, uzayın her yerinde, ince yapı değişmezinin aynı değerini büyük bir hassasiyetle sergiler.

Onun ufkunun ötesinde başka kabarcıklar da olacaktır. Onların ince yapı değişmezleri çok farklı olabilirler; bunun nedeni, tıpkı yoğunlukları ve yoğunluk dalgalanmalarında olduğu gibi, farklı miktarlarda şişme geçirmiş olmalarıdır. Aynı şekilde, doğa "değişmezleri"nin konumdan konuma değiştiği, çok gerçek bir evren ihtimali görüyoruz; ama ışık hızının getirdiği sınırlamalardan ve bizim hiç bitmeyen bir kaotik şişme sürecini test etme yetimizin olmaması nedeniyle konulan sınırlamalardan dolayı, değişimin gözlemlenmesi olanaksız olmaktadır.

Özet

Akıl almaz ölçüde karmaşık bir kozmosta, bir yaratık, olanaklı birkaç eylem seçeneği ile her karşılaştığında, onların hepsini aldı ve bu yolla kozmos için birbirinden apayrı birçok gelip geçici boyutlar ve apayrı taribler yarattı. Kozmosun her evrimsel dizisinde birçok yaratık olduğu için ve bunların her biri, sürekli, farklı seçeneklerle karşılaştıkları için ve bütün seçeneklerin kombinasyonları sayısız olduğu için, bu kozmostaki geçici dizilerin her birinin her anında, sonsuz sayıda farklı evrenler oluşup döküldü.

OLAF STAPLETON

Bu bölümde, uzun süredir bize meydan okuyan kozmoloji problemlerini, daha derinlemesine ele aldık. Einstein'ın gravitasyon teorisinin görebildiğimiz evreni tanımlamakta başarılı olmasına karşın, kozmolojinin arayışı için temel sınırlamalar olduğunu da biliyoruz. Işık hızının sonlu olması, evreni, aralarında nedensel temas olmayan parçalara böler. Evren hakkında bilgiyi sadece, ışık hızının bizim için belirlediği ufkun içindeki bölgeden elde edebiliriz. Bu bizi, evrenin bütününün başlangıcı ya da global yapısı hakkındaki derin soruları yanıtlamaktan alıkoyar. Onun sonlu olup olmadığını, bir başlangıç zamanı olup olmadığını, entropisinin küçük sistemler gibi azalıp azalmadığını, açık ya da kapalı olup olmadığını keşfetme olanağımız yoktur. Gözlemlerimiz, evrenin görülebilir bölgesinin yapısını saptamaya çalışmakla sınırlıdır. Halbuki bir zamanlar, bu kısıtlamanın evren hakkında bildiklerimiz ile güdümlenmediği düşünülürdü. Ancak durum artık farklıdır. Şişen evren teorisi, bütün gelişmeleriyle birlikte, bizi evrenin uzaysal yapı ve zamansal gelişme bakımından karmaşık olduğunu beklemeye inandırmaktadır. Bizim, özel bir şişen kabarcık içinde oturuyor olmamız çok olasıdır; ufkumuzun ötesinde incelikle gelişmiş ve hiç tükenmeyen karmaşıklığın çiçek açtığı bir evren olup olmadığını araştırmaktan yoksunuz. Gelecekteki uydu araştırmaları, bizim geçmişte şişmeye maruz kalmış bir kabarcık içinde yaşadığımız fikrini kesinlikle belirleyen testler sağlayacaktır. Ancak, ufkumuzun ötesindeki başka kabarcıkları gözlememiz olanaksızdır. Son olarak da, şi-

şen evren olgusunun, görülebilir evrenin bazı niteliklerine açıklamalar sağlamakla beraber, kendinden önceki olaylar hakkında bilgi edinmemizi nasıl engellediğini gördük. Evrenin görülebilir kısmının kökeni bile bizden gizlenmiştir. Göreceliğin ve kuantum mekaniğinin önemli teorilerinin, beraberce, gördüğümüz evrenin nasıl başladığından bağımsız olarak, bize onun betimlemesini sağladıklarını anladık. Bu beklenmedik armağan için ödememiz gereken bedel, evrenin nasıl başladığı (eğer bir başlangıcı varsa) ve onun ufkumuzun ötesindeki nitelikleri hakkındaki bilgilerden vazgeçmemizdir. Evren, sadece bilebildiğimizden büyük değil, gelecekte herhangi bir zamanda bilebileceğimizden de daha büyüktür.

VII

Derin Sınırlar

Düşünceye bir sınır çizebilmek için, sınırın iki tarafını da
düşünülebilir olarak bulmamız gerekirdi...
düşünülebilir olmayanı düşünebilmeliydik.

LUDWIG WITTGENSTEIN

Gerçeklikteki örüntüler

O, Balliol College'in Usta'sıydı.
Onun bilmediği, bilgi sayılmazdı.

BAŞKA BİR KOLEJİN ÜYESİ

Bilime getirilecek sınırlar hakkında herhangi bir konuşma, çok kişiyi dehşete düşürecek, bazılarını da rahatlatacaktır. Bilimsel bilgide herhangi bir sınır olması fikrini, düşünme ve eylem özgürlüğümüzün ihlali olarak görenler vardır. Mutlak sınırlar, maliyet sınırlarından tümüyle apayrı bir şeydir. Bana onlardan birini gösterin, üstünden atlarım, altını oyup geçerim, ya da çevresinden dolaşırım. Ne var ki, bilimin ne olduğunu ve insan aklının etkinliği ile ilişkisini kavramaya ne kadar çok çalışırsak; sınırların, nesnelerin doğasının derinlerine kök salmış olabileceği ihtimaline doğru o kadar çok yöneliriz. Hatta onlar, nesnelerin doğasını bile *tanımlıyor* olabilirler. Belki de buna şaşırmamamız gerekir: bilim sadece, bazı şeyler olanaksız olduğu için vardır.

Sınırlar kaypak şeylerdir. Eğer "bilimin", ya da "bilgi"nin bir tanımına ulaşacaksak, bilimsel olarak bilinebilir diyeceğimiz şeyin, hemen sınırlarını çizmemiz gerekir. Bir sınır belirlediğimizde, bu sınırın uygulamak istediğimiz herhangi bir kurallar ve yönetmelikler sistemini zora sokacağından endişe edebiliriz. Bir anlamda zora sokar da. Eğer mantıksal bir kurallar sistemi oluşturursanız, o zaman tanım gereği, "doğru olma"nın ne olduğu konusunda sınırlamalar da koymuş olursunuz. Bu nedenle, herhangi bir kurallar sisteminden elde edilebilecek ya da dışlanacak olan şeylerin sınırları olmasının şaşılacak bir yanı yoktur. Bahçenizde sadece tavşan beslerseniz, sonucun tavşanlar ve sadece tavşanlar olduğuna şaşmamalısınız.

Kural ve yönetmeliklerden şikâyetçi olsak da, onları severiz. Beşerî kültürler, kendilerine bizzat dayattıkları sınırlamalarla doludur. Oyunlar oynamayı, bilmeceler çözmeyi severiz; kesin biçimsel kurallarla sınırlanmış olan müzikler yaratırız. Sanat, geleneksel olarak, önceden belirlenmiş materyaller kullanarak, sınırlanmış bir uzay-zaman bölgesinin sınırlarını araştırır. Arada bir de, bir sanatçı, yeni bir alan icat eder; ya da eski biçem sınırlarına büyük bir abartıyla karşı gelir; ama bunu, genellikle, biraz daha geniş bir alanda. biraz farklı da olsa, yine kuralları olan yeni bir anlayış izler.

Düşüncenin sınırları konusunda, düşünürken dikkate alınması gereken dengeleyici davranma için ilginç bir tarihsel örnek vardır. Eski filozoflar ve ilahiyatçılar, "Tanrı" gibi kavramlar üzerinde konuşma çabalarında sürekli sıkıntı çekiyorlardı. Derken, Tanrı'nın bütün betimlemelerin ötesinde olduğunu ileri süren "negatif teoloji" geleneği ortaya çıktı. O, sahip olmadığı nitelikler kullanılarak tanımlanıyordu: Kavranabilir olmama, zamanla ilişkili olmama, vb. Bunun tehlikeli bir yaklaşım olduğu görülebilir; çünkü, Tanrı'nın kavranabilir olmadığını öne sürmek bile Tanrı hakkında bir niteleme yapmaktır. Tanrı'nın sonsuz olduğunu söylemek, onun insanüstü niteliklere sahip olduğunu güvenceye almanın bir yolu gibi görünüyordu. Ancak biz, sonsuzu neden kavrayamayalım? Doğal sayılar olan 1, 2, 3, 4, 5... hiç sonu gelmeyen sonsuz bir dizidir; ama bu onu bizim tarafımızdan 'kavranamayan' kılmaz. Gerçekte, bir şeyin betimlemesinin geçerli olması için betimlediği niteliğe sahip olması gerektiği yolundaki inanç yüzünden, bütün tartışma hatalıydı; örneğin, sonsuzun yeterli bir tanımının, kendinin de sonsuz olması gerektiği gibi. Ancak, çevremizdeki nesneler için verdiğimiz betimlemelerin, bu olağan dışı katı kuralla pek fazla ilgisi yoktur. Sıcak olma kavramının kendi sıcak değildir; kare olma kavramı kare değildir; vb. Bunun gibi, bilinebilir olmamanın doğasının kendinin de bilinebilir olmaması için, doğrudan bir neden yoktur.

Topluluklar, yasalarla ve kurallarla idare edilir ve özellikleri, bu kuralların doğası ve sayısı, uygulanma yöntemleri ve onları ihlal etmenin sonuçlarıyla belirlenir. Çoğumuz, istenmeyen her şeyin ya-

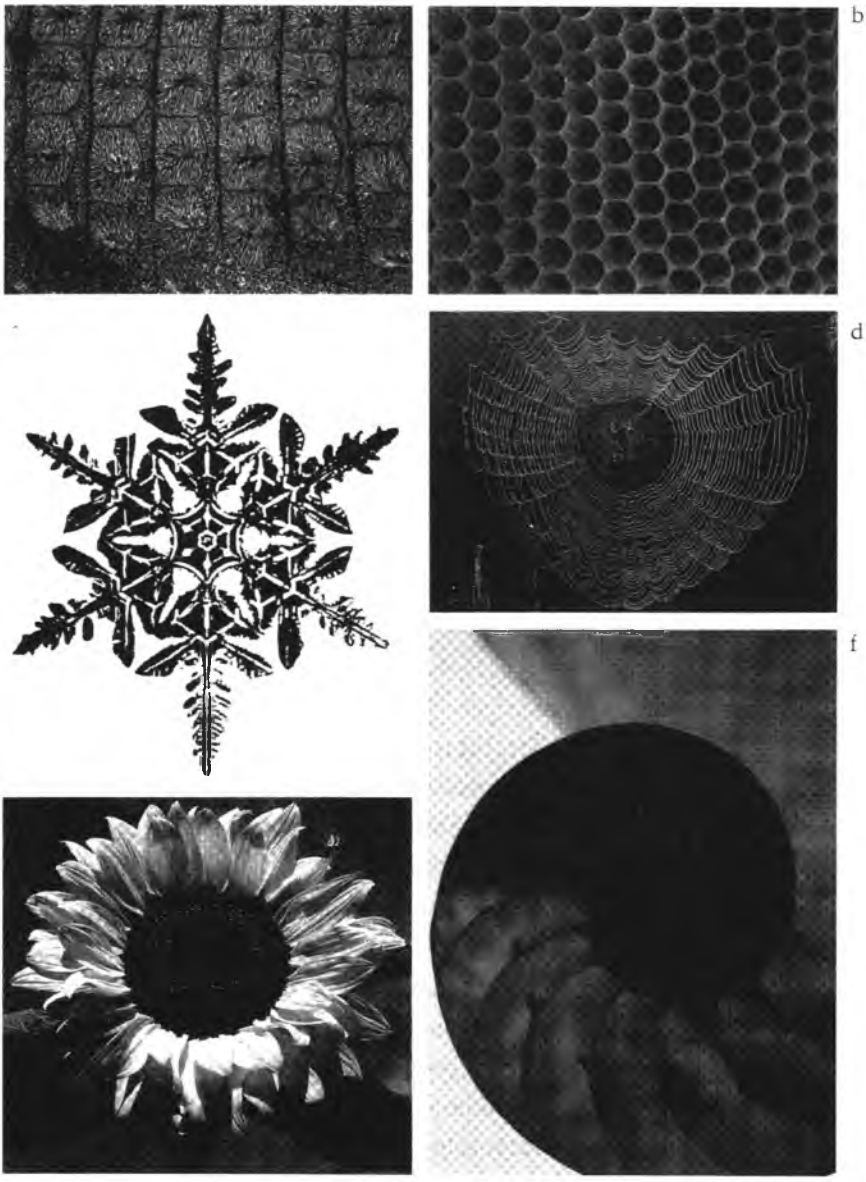
saklandığı despot diktatörlüklerde değil, yasaklanmayan, her şeye izin verilen toplumlarda yaşarız.

Evrenin kendi de kısıtlamalara tâbidir. Deneyimlerimize göre, evrenin hiçbir zaman sapmadığı davranış örüntüleri var gibi görünüyor. Bu bizim için beklenmedik bir şey olmasa gerek. Eğer evrende hiçbir davranış örüntüsü olmasaydı, o zaman var olabilecek tümden kaotik anarşi bizler gibi bilinçli varlıkları ortaya çıkaramazdı. Evrende yer alabilecek şeylerin sınırları olmasaydı, herhangi bir biçimde örgütlenmiş karmaşıklık ne var olabilir, ne de gelişebilirdi.

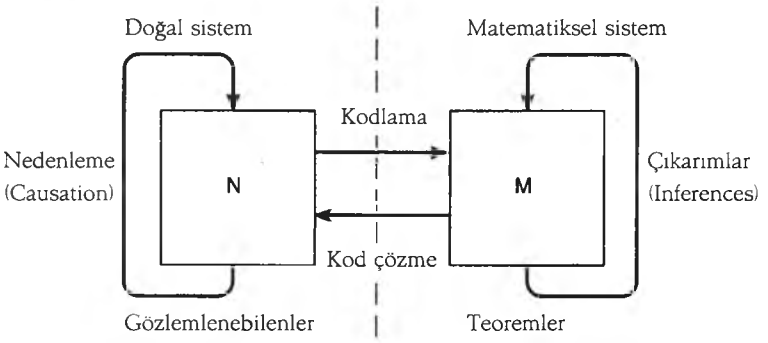
Yaşamın yavaş bir doğal seçim süreciyle gelişmesi ancak doğa'da düzenli davranış olduğu için mümkün olabilir. Bu düzenlilikler, uyarlanma sürecinin yavaş yavaş yaklaştığı gerçekliği de belirlemektedir. Canlı varlıklar bunun farkında olsun olmasın, onlar, doğanın canlı varlıkların karşılaştıkları bölümünden elde edilen doğa yasaları teorilerinin, somutlaşmış biçimleridirler. Bir kuşun kanadının büyüklüğü ve gücü, kuşun, hakkında hiçbir teorik bilgiye sahip olmadığı gravitasyon gücünü yansıtmaktadır. Gözlerimizin ve kulaklarımızın yapısı, bizim "ses" ve "ışık" dediğimiz olgular hakkındaki teorilerimizden bağımsız olan gerçeklikleri somutlaştırır.

Doğa, örüntüler sergiler; bu nedenle de kurallara uyar ve sınırlamalara tâbidir: Gerçekleşemeyecek şeyler vardır. Doğal örüntüler, bizim daha karmaşık yapay örüntüler inşa etmemize izin verirler. Bu örüntülerin, "yaşam" dediğimiz doğal örüntüler ile başka örüntüler arasındaki karşılıklı etkilerin sonucu olduğu düşünülebilir. Bizim sosyal davranış örüntülerimiz, daha zayıf sınırlamalara tâbi olan ve kendilerinin bilincinde olan çok sayıda başka canlı karmaşık örnekleri arasındaki karşılıklı etkilerin sonuçlarıdır.

Düşünebileceğimiz herhangi bir evrende örüntünün kaçınılmaz olması, bütün bu örüntülerin betimlemelerinin da var olduğu anlamına gelir. Hatta, bir örüntüler kümesinin de örüntüleri olabilir; ve örüntü kümelerinin örüntülerinin de örüntüleri olabilir; vb. Bu örüntüleri betimlemek için, olanaklı bütün örüntülerin bir kataloguna gerek vardır. Bu kataloga da *matematik* diyoruz. Bu nedenle, onun varlığı bir gizem değildir, o kaçınılmazdır. Herhangi türden bir düzenin var olduğu her-



Şekil 7.1. Etkileyici doğal örüntülerden bazıları: (a)Timsah; (b) bal peteği; (c) kar taneciği; (d) örümcek ağı; (e) ay çiçeği; (f) sedefli deniz helezonu (nautilus) kabuğu *((a), (d), (e), (f) fotoğrafları, Panel Earth Resimleri'nden; (b) Tony Stone Imagines'den.)*



Şekil 7.2. Doğa ve matematik dünyalarında matematiksel model yapmayı temsil eden, Robert Rosen tarafından tasarlanmış bir çizge.[2]

hangi bir evrende; ve bu nedenle de yaşamı destekleyen herhangi bir evrende, örüntünün, dolayısıyla da matematiğin, var olması gerekir.[1]

Matematiğin kataloglad ığı bazı örüntüler, bir halı ya da bir mozaik gibi, görebildiğimiz şekiller ve simetrilerdir. Bazı örüntüler ise, daha soyut varlıklar arasındaki ilişkilerdir —bir sayı listesini bir başka listeye bağlayan programlar; desenlerin biçimini değiştiren yönergeler, nesnelerin özellikleri arasındaki mantıksal bağlantılar, ya da desenlerin biçimini değiştiren yönergeler, niceliklerden oluşmuş dizilerdeki örüntüler gibi. Şekil 7.1'de bazı doğal örüntüler görülmektedir. Bu bize, evren ve içindekiler hakkındaki tartışmaların neden kaçınılmaz olarak hemen matematiğe yöneldiğini de açıklamaktadır: O olmadan hiçbir bilim var olamaz. Bu demek değildir ki bütün bilim cebir ve denklemler ile doludur; bazen matematiğin kodladığı örüntüler normal dil ile de kolayca anlatılabilir. Sözcüklerin yerine semboller ve eşitlik işaretleri konabilir; ama buna gerek yoktur. Sadece, karşılıklı ilişkiler çok karışık hale geldiğinde ve değişken sayısı arttığında, sembolleri kullanmak daha yararlı olur (tıpkı normal dilde akronimlere ve kısaltmalara gidildiği gibi). Eğer doğa örüntüler sergiliyorsa, o zaman nesneler arasında ya da meydana gelen bazı olayların sürekli yer alan sonuçları arasında ilişkiler de olacaktır. Bu ilişkileri temsil eden semboller ve kurallar oluşturabiliriz. Bu süreç de, yavaş yavaş, "matematik" dediğimiz yapıyı oluşturur.

Matematiğe bütün örüntülerin bir galerisi olarak bakıldığında, onun bilimden sonsuzca daha büyük olduğu görülür. Bilim, fiziksel

evreni betimlemek için olanaklı örüntüler kaleydoskopunun sadece bazılarına gerek duyar. Öyleyse, matematik, doğada olan şeyler için betimlemeler ve öngörüler sunmasına karşın, kendi bir bilim değildir. Bize, fiziksel gerçeklikte bir şeyin var olup olmadığını söyleyemez. Bu sınırlama, matematikçilerin çalışmasında da kendini gösterir. Onlar, çoğu kez, gerçekçi olmayan yapıları araştırmaktan mutluluk duyarlar; herhangi gerçek bir şeye betimleme ya da açıklama getirmeseler de. Ne var ki, başlangıçta matematikçilerin sadece estetik nedenlerle araştırdıkları örüntülerin, sonradan fiziksel dünyanın yapısında temel roller oynadıklarının anlaşılması çok ilginçtir.

Bu bizi, farklı iki dünya hakkında düşünmeye götürür: Madde ve enerjinin fiziksel dünyası; ve gerçek dünyada bulduğumuz örüntüleri kodlamak için kullandığımız "matematiksel dünya". Şekil 7.2'de, örüntüleri temsil eden matematik dünyasının, olayların fiziksel dünyası ile bağlantısının şematik bir çizgesi görülmektedir.[2] Bu dünyaların her birinde bir neden ve sonuç süreci vardır; ve iki dünyadaki varsayımlar ve sonuçlar arasında ilişki kurma yolları vardır. Fiziksel dünya olaylarını, mantıksal çıkarımlar yapma olanağı olan matematiksel kodlara çevririz; daha sonra onları doğal dünyaya deşifre ederiz.

Matematiğin ilginç bir başka yönü de, onun sınırsız bir insan çabası olmasıdır. Jeoloji ya da fizik yasaları hakkında bilinecek her şeyi bildiğimizi düşünebiliriz; ama matematiğin bir gün sona ereceğini düşünmek zordur. Gerçekte, matematiğin sınırsız olmasının farklı ve beklenmedik türden olduğunu göreceğiz.

Dünyayı anlamaktan söz ettiğimizde, kastettiğimiz şudur: Bir olgular listesinin yerine, onları bir şekilde birbirleriyle bağlantılı kılan bir örüntü koymak. Bu örüntünün matematik dediğimiz bir sistemin bir parçası olması kaçınılmazdır. Bunun sonucunda, matematikte var olabilecek herhangi bir iç sınırlama, bizim örüntüleri ve onların sonuçlarını sistemleştirme yetimizin bir sınırlaması olarak kendini gösterir. Her ne kadar gerçek dünya ile matematiksel dünyayı, Şekil 7.2'deki gibi birbirinden ayırt edebilirsek de, düzenli dünyayı anlamak istediğimizde, her ikisi arasında temas noktaları bulmak zorunda kalırız.

Matematiksel dünya bütünüyle araştırıldığında, her türden beklenmedik özellikleri ve kısıtlamaları olduğunu daha sona göreceğiz. Onun bazı bölümlerini ayrıntıları ile belirlemek ve listelemek mümkün değildir: Bunlar olanaklı herhangi bir bilgisayarın kapasitesinin ötesindedir. Bütün ifadelerinin doğru ya da yanlış olup olmadığını saptamak için girişilen her çabanın uzamı dışındadır. Şimdi, bu tür şeylerin bilim araştırma programları üstündeki etkilerinin bazılarını inceleyeceğiz. Daha önceki bölümlerde, bilime kendi doğamızın getirdiği pratik sınırlara ve evrenin geçmişinde kendi bulunduğumuz konum ve zamanın getirdiği pratik kısıtlamalara odaklandık; şimdi ise bilginin kendi doğasının getirdiği sınırları araştıracağız.

Paradokslar

"Lasher, sence bir Tanrı var mı?"
"Bilmiyorum Rowan. Bana göre, evet var, ama bu beni çok kızdırıyor."
"Neden?"
"Çünkü acı çekiyorum, ve eğer Tanrı varsa bu acıyı da o yarattı."
"Ama eğer varsa aşkı yaratan da odur,"
"Evet. Aşk. Acı çekmemin nedeni de aşk."

ANNE RICE[3]

Kullanabileceğimiz birçok mantıksal sistem olanağı bulunduğunu öğrendikten sonra, adımımızı çok dikkatle atmalıyız. Tümcelerimizi, sistemlerimizden birinin dilinde kurabiliriz; ancak, o dil hakkında bir başka dili kullanarak beyanlarda bulunma olanağımız da var. Örneğin, "2+2 = 4", aritmetiğe *ait* bir tümcedir; oysa "2+2=5 yanlıştır", aritmetik *hakkında* bir tümcedir. Aynı şey insan dilleri için de geçerlidir: İngilizce tümceler hakkında Almanca konuşabiliriz. Bir dilin bütün tümceleri hakkındaki tümcelerden oluşan dile, o dilin *metadili* denir. Örneğimizde Almanca, İngilizce için bir meta-dildir. Herhangi bir meta-dil de, kendi meta-diline sahip olabilir. Birinin İngilizce yazdığı tümceler hakkında Almancada yazılanlara dair, ben de Yunan dilinde yazabilirim. Hiç son bulmayan bir meta-diller hiyerarşisi vardır.

Eğer mantık kullanmanın sınırlarını ve doğruluk kavramı ile ne kastedildiğini tam olarak belirlemek istiyorsak, dil ile meta-dil ara-

sındaki ayırım çok önemli olur. Bu ayırım olmadığında, mantık bir karmaşaya sürüklenir ve ne beyan yapılırsa yapılsın, "doğru" olur. Dünyanın düz olduğunu ispatlamak istediğinizi varsayalım. Aşağıdaki tümceyi ele alalım:

YA BU TÜMCENİN BÜTÜNÜ YANLIŞTIR, YA DA DÜNYA DÜZDÜR.

Bu tümce ya doğrudur, ya da yanlış. Eğer yanlış ise, kendi ifadesine göre, dünya düz olmalıdır. Eğer doğru ise, o zaman ya "*bu tümcenin bütünü yanlıştır*" şeklindeki ilk ifade doğrudur; ya da, ikinci ifade olan "*Dünya düzdür*" doğru olur. Bütün tümcenin doğru olduğunu kabul ettiğimiz için, birinci seçenek geçersizdir; öyle ise ikinci seçenek doğru olmalıdır. Bu nedenle Dünya düzdür ! Daha iyisini de yapabilirsiniz: "*Dünya düzdür*" yerine herhangi bir ifadeyi koyup, aynı akıl yürütme ile onun doğru olduğunu ispatlayabilirsiniz.

Sonunda, Polonyalı matematikçi Alfred Tarski, 1939 yılında, bu endişe verici durumu açıklığa kavuşturdu. Belirli bir mantıksal dilde kurulan tümcelerde, o dilin dışına çıkarak onun meta-dillerinin biri kullanılmazsa, tümcenin doğru ya da yanlış olduğu söylenemez. Eğer dünya hakkındaki bir tümcenin doğru olduğunu söylemek istiyorsak, o zaman bir meta-dil kullanmak zorundayız. Tarski, bir tümcenin "doğru" olduğunu söylediğimizde ne kastettiğimizi hiçbir belirsizliğe yol açmayacak şekilde saptayacak bir yöntem önerdi. Şunu öne sürdü: "*Dünya düzdür*" tümcesi doğrudur, ancak, ve ancak, Dünya gerçekten düz ise... Bu demektir ki, Dünya hakkında italik harflerle yazılmış tümce, ancak ve ancak, tümcedeki *Dünya* sözcüğü yerine, anlamını değiştirmeden gerçek gezegen konulduğunda dünyanın düz olduğu gerçekten gösterilebilirse, doğrudur. Böylece italik harflerle yazılmış olan tümceyi tartışabilir, doğru olup olmadığını irdeleyebilir ve onu coğrafyanın kanıtlarıyla test edebiliriz. Ancak, biz bunu italik olmayan bir meta-dilde yapmadıkça, italik olan tümcenin hiçbir anlamı yoktur.

Bu titiz ayırım, dil ile ilgili "bu tümce yanlıştır" gibi eski paradoksları ortadan kaldırır.[4] Artık onun dil ile meta-dilin birbirine karıştırılmasından ibaret olduğunu görebiliriz. Daha önceki "*Ya bu tümcenin bütünü yanlıştır, ya da Dünya düzdür*" örneğinde de aynı hata vardır.

İfadeler ile o ifadeler hakkındaki (meta) ifadeler, birbirine karışmaktadır. Dünyanın her şeye karşın düz olmadığını biliyoruz.

Bu rahatlatıcı sonucun daha da şaşırtıcı bir yan ürünü var: *Mutlak Doğruluk* diye bir şey yoktur. Bir dilde, doğruluğun o sistemde ne anlama geldiği hakkında tanımlamaların yapılabildiği çıkarımlar (ispatlar) vardır; ancak onun üstünde yükselen, her biri kendince belirlenmiş doğruluk bölgeleri olan, meta-diller hiyerarşisinin, sonu yoktur. Tarski, doğruluk ve yanlışlık için formal bir tanım yapmanın olanaksız olduğunu gösterdi. Doğruluk, onu ifade etmek için kullanılan dil ile aynı düzeyde bir dilde değil, sadece bir meta-dilde kesin biçimde tanımlanabilir.[5]

Bütün bu konular bilim dünyasından çok uzak gibi görünüyor, ama etkilerinin hissedildiği kuşkusuz. Her biri tutarlı, ama birbirinden farklı olan sonsuz sayıda geometriler ve mantıklar olduğunun ortaya çıkması, fizikte rahatlatıcı bir etki yarattı. Genç Werner Heisenberg, mutlak doğruluk kavramını yerinden eden alternatif geometriler ve mantıklar konusunda gelişen düşünceleri izledi. Fizik için alternatif aksiyomatik temeller olabileceği gerçeği, Heisenberg'i dünyanın kuantum mekaniksel bir anlatımını aramaya yöneltti. Daha sonra, onların etkisini şöyle anlatıyordu:

> Matematiğin sıkıntıları kulağıma geldi. O zaman, mantık için klasik mantıktaki aksiyomlardan farklı olan, ama yine de tutarlı olan aksiyomlar olabileceği ilk kez gündeme geldi. ... bu birçok kişi için yeni bir şeydi. ... Newton fiziğinin aksiyomlarından farklı, ancak yine de tutarlı bir sisteme gerek olduğunun bilincine vardığım belirli bir an olduğunu söyleyemem. Bu o kadar basit değildi. Sanırım, sadece birçok fizikçinin zihninde yavaş yavaş bir düşünce gelişti: Doğayı, tutarlı olmayan bir şey ile betimlemenin pek mümkün olmadığı; ancak doğayı betimlemek için eski klasik fiziğinkinden tümüyle farklı bir aksiyomatik sistem ve hatta eskisinden farklı olan bir mantıksal sistem kullanmak zorunda kalınabileceği düşüncesi.[6]

Heisenberg tutarlılık özelliğini zorunlu kabul ediyor. Tutarlı olmayan matematiksel ifadeleri kolayca yaratabiliriz ($0 = 1$), ancak, fiziksel tutarsızlık için ne diyebiliriz? Nasıl görünür? Hatta tasavvur edilebilir mi?

Tutarlılık

Bana göre mistisizm, kendi değillemelerine denk olan önermeler üzerinde çalışmalar olarak tanımlanabilir. Batının görüşüne göre bu tür bütün önermelerden oluşan küme boştur. Doğunun görüşü ise, bu küme, ancak ve ancak, boş değil ise boştur.

RAYMOND SMULLYAN[7]

Alışılagelmiş bilgelik, akıl yürütme sistemlerinin tutarlı olmaları gerektiği yolundadır. Yani, hiçbir önerme, hem doğru hem de yanlış olamaz. Öyle olursa sistem çöker; çünkü neyin doğru ya da yanlış olacağına ilişkin bir kısıtlama yoktur: her önermenin doğru olduğu (aynı zamanda da yanlış olduğu !) ispatlanabilir. Bertrand Russell halka açık bir konferansında bunu ileri sürdüğünde, kuşkucu bir dinleyici ona meydan okuyarak, eğer 2 x 2 = 5 ise kendinin de Papa olduğunu ispat etmesini istedi. Russell şöyle yanıtladı: " Eğer 2 kere 2, 5 ise, o zaman 4 eşit 5'dir; 3 çıkarırsan, 1 = 2 olur. Sen ve Papa iki kişisiniz; ama 2 = 1 olduğu için Papa ve sen aynı kişisiniz"!

Bu durumun ilginç bir yanı da, zihnimizin, akıl yürüttüğümüz zaman (mitolojik düzeyde çalışmasının tersine) bir bilgisayara benzemekten ne kadar uzak olduğunu göstermesidir. Hepimizin kafasında birbirleri ile çelişen çeşitli görüşler vardır. Bir bilgisayar olsa idik, bunlar bizi tutarsız kılardı; ama yine de biz, her önermenin doğru olduğuna inanmıyoruz.

Tarski'nin tümceler ve meta-tümceler hiyerarşisi hakkındaki analizinin, mantığın bütün yapısını çökertmekle tehdit eden çelişkilerin bir grubunu ortadan kaldırdığını görmüş bulunuyoruz. Şimdi, çelişkinin fiziksel benzerinin ne olabileceğini ve doğanın da bir biçimde tutarsız olup olmadığını, ya da (tümden veya kısmen) tutarlı olmayan bir matematiksel sistemle tarif edilebilir olup olmadığını incelemek, ilginç olacaktır.

Doğanın tutarlılığı, bir bakıma, hiçbir (ya da, en azından, gözlenebilen hiçbir) gerçek paradoksun var olmadığı anlamına gelse gerek. İnsanın bu varsayıma yaklaşımlarının, çok eski ve sıradışı bir tarihi vardır. Birbirleriyle çelişen birçok fikrin, tamamlayıcılık ilkesi gibi bir şeyin eklenmesiyle, beraberce var olduğu birçok örnek bulunabilir. Gerçekten, birçok din, Tanrı'nın aşkın (transandantal) doğasını bir pekiş-

tirme ve onaylama aracı olarak çokça kullanır ("Ben Alfa'yım ve Omega'yım).[8] Bu durum, Tanrı'nın varlığını ve doğasını, insan usavurum ve kuşkuculuğunun erişim menzilinin ötesine koyar. Ne var ki, tek tanrılı büyük dinler de doğanın akılcılığı hakkında bazı temeller sağlamışlardır. Onlar dünyayı, rasyonel bir yaratıcının dışa vurmuş hali olarak gördüler; öyleyse onun tutarlı olması beklenirdi. Yine de ya geçmişte, yaratıcı Tanrı'nın işe el koymasından önce, ya da daha sonraki bir zamanda, kaos ve akıl dışı olma olasılığı çoğu kez öykünün bir başka bölümünü oluşturmuştur. Resimdeki bir başka karışıklık da, mucizelere genellikle bu dinsel sistemlerde rastlanmasıdır. Ancak mucizelerin, olayların normal gidişatı ile tutarsız sayılan olaylar ortaya koymaları gerekmez -her ne kadar öyle olabilirlerse de.

Evrenin rasyonel olup olmadığı hakkındaki tefekkürlerin tam kalbine giden bu tür mantıksal problemler ile boğuşma çabalarımızın en eskileri, orta çağların Hıristiyan teolojisinde baş gösterdi. Bu çabalar, Tanrı'nın geçmişi değiştirip değiştiremeyeceği gibi zorlu bir probleme eğildi. Eğer geçmişi değiştirebilirse, o zaman her şeyin moral ve rasyonel düzeni altüst olur. Eğer değiştiremezse bu, Tanrı'nın Her-şeye Muktedir (Kadiri Mutlak) oluşuna gölge düşürmüyor mu? Geçmişin değiştirilebileceği görüşünün en önde gelen savunucusu, 11. yüzyılda bir İtalyan, St. Damian, oldu. Tanrı'nın gücünün zamanla sınırlı olmadığını, "Tanrı, Roma'yı kurulduktan sonra bile, kurulmamış yapabilir" olduğunu savunuyordu.[9]

Bu radikal görüşe karşı-görüş, iki yüzyıl sonra, en büyük titizlikle, Thomas Aquinas'dan geldi. Aquinas'nın Tanrı kavramı, hiçbir çelişki olmamasını ve Tanrı'nın yalnız kendi yasaları ile sınırlı olmasını gerektiriyordu. Bölüm 1'de tartıştığımız gibi, bu görüş, Tanrı'nın yapılabilecek her şeyi yapabildiği (bizim düşünebileceğimiz her şeyi değil) düşüncesine yol açtı. Başka yorumcular daha açıktı; Tanrı'nın etkinliklerini, yapılabilecek her şey yerine, doğru etkinlikler ile daha da sınırladılar. Bu, Milton'un *Paradise Lost* (Yitirilmiş Cennet)'de benimsediği tutumdur. Doğru etkinlikler, yalnızca manevi bakımdan iyi olanlar değildi; mantıksal tutarlılık ve rasyonelliği de gerekli nitelikler olarak içeriyordu.

Bunlar, geçmişi değiştirmenin teolojisi konusundaki tartışmaların başlangıcıdır ve günümüzde bile süregelmektedir. Geçmişin değişme-

si için dua etmek mümkün müdür? Eğer dua eden kişi geçmişi biliyor ise, sadece az sayıda Hıristiyan teolog bu fikri destekler; ama eğer olay gerçekleşmiş ve sonucu hâlâ bilmiyorsanız ne olacak? Ya da, sınav sonucu gibi sonuç belirlenmiş, ancak henüz açıklanmamış ise? Teolojik sorular konusunda etkin ve popüler bir yazar olan C.S. Lewis, mucizeleri konu alan kitabında,[10] sonucu belirlenmiş olan olaylar için dua etmenin rasyonel olduğunu ileri sürdü; çünkü, Tanrı'nın bakış açısından, sizin gelecekteki yakarışlarınız, dua edilen olayın sonucunu etkileyebilecek global olaylara bir katkı yapabilirdi. Lewis, uzay-zamanın, fizikçilerin "blok evren" dedikleri resmini benimsiyordu; bu resimde uzay-zamanın bütünü, zaten eksiksiz bir varlık olarak mevcuttu.[11] Tanrı'nın uzay ve zamanın bütününe dışarıdan baktığını ve bu nedenle bütün dualarn, yapılmadan önce Tanrı tarafından bilindiğini düşünüyordu. Bu yolla, hem Her Şeyi Bilen Tanrı doktrini, hem de özgür irade yerini korumuş oluyordu. Tanrı'nın önceden bilmesi, bizim etkinliklerimizi önceden kaçınılmaz kılmıyor; daha çok, Tanrı'nın önceden bilmesini bizim etkinliklerimiz saptıyordu. Bu ilginç teolojik soruları gündeme getirme nedenimiz, geçmişi değiştirme ve evrenin daha sonraki tutarlılığını açıklama gibi soruların sadece fizik alanında yer almadığını göstermektir.

Doğanın tutarsızlık sergileyebileceği fikrini ortaya koymuş bulunuyoruz. Doğa'daki bir tutarsızlıkla ne kastedebiliriz? Onu gördüğümüzde nasıl tanıyacağız? Eğer bizim doğa yasalarını formüle edişimizde çok büyük hata yapılmamışsa, bu tür şeyler ilk bakışta akıl almaz gibi görünür. Ancak, her şey o kadar da basit olmayabilir.

Zaman yolculuğu: Evren tarihçiler için güvenli mi?

Zaman yolculuğunun sırrını fizikçiler keşfedebilirler; ancak onun bir silah olarak kullanılmasına karar verecek olan, tarihçilerdir.

PAUL NAHIN[12]

Einstein'ın -genel görecelik teorisi de denen- gravitasyon teorisi, sahip olduğumuz en doğru bilimsel teoridir. Uzak bir pulsarda gözlemlenen değişiklikleri, 10^{14}'de 1'lik bir hassasiyetle öngörmek-

tedir. Şimdiye kadar hiçbir zaman, hiçbir yerde, hiçbir gözlem, doğa'da bu teorinin öngördükleri ile çelişmemiştir. Ne var ki, evren'de gördüğümüz kara delikler, nötron yıldızları, gravitasyon mercekleri, Merkür gezegeninin hareketlerindeki özel durumlar gibi şeyler hakkındaki bütün başarılı açıklamaların yanında, başka bazı düşündürücü olasılıklar da vardır. Amerikalı fizikçi Michio Kaku şöyle yazıyor:

> Einstein'ın denklemleri bir anlamda, Truva Atı'na benziyordu. İlk bakışta at, hiçbir sakınca olmadan kabul edilebilecek bir armağan gibi görünmektedir; bize gravitasyonun yıldızların ışınlarında yol açtığı bükülme ve evrenin kökeni konularında yadsınamayacak açıklamalar sunmuştur. Ne var ki, bu atın içinde, zaman yolculuğuna ve solucan deliklerinden geçerek yıldızlar-arası yolculuğa olanak sağlayan, her türden acayip cinler ve şeytanlar pusuda beklemektedir. Evrenin en karanlık sınırlarına göz atmanın bedeli, bizim dünya hakkında en sıkıca sarıldığımız inançlarımızın çökme olasılığıdır -uzay basitçe bağlantılıdır ve geçmişi değiştirilemez.[13]

Hakkında ileride daha çok şey öğreneceğimiz mantıkçı Kurt Gödel[14] 1949'da, Einstein teorisinin, zaman yolculuğunun gerçekleşmesine izin verdiğini keşfetti. Bunun bizim özel evrenimizde mümkün olup olmadığı henüz bilinmemektedir.[15] Aslında büyük matematikçi ve fizikçi Hermann Weyl, daha 1921'de, Gödel'den neredeyse otuz yıl önce, ünlü *Space, Time, and Matter* (Uzay, Zaman, ve Madde) kitabında,[16] olağanüstü bir öngörü ile bu olasılığı dile getirmişti:

> Gelecekteki karar ve eylemlerimi bir ölçüde etkileyecek olan olayları şimdi yaşamak olanaklıdır. Dahası, dünya çizgisinin (özellikle de benim bedenimin) her noktada bir zaman doğrultusu olduğu halde, daha önce geçmiş olduğu bir noktanın yakınına bir kere daha dönmesi olanaksız değildir. Bunun sonucu, bir 19. yüzyıl fantastik yazın ustası E.T.A. Hoffmann'ın yarattıklarından daha da korkutucu olan, dünyanın bir hayalet görüntüsü olabilir. Gerçekte, (uzay-zaman metrik tensöründeki) bu etkileri yaratmak için gerekli olan hayli büyük dalgalanmalar, bizim yaşadığımız dünya bölgesinde yer almıyor. Bu türden paradokslar olsa da, bize doğrudan deneyimlerin getirdiği olgularla gerçek bir çelişmeye hiçbir yerde rastlamıyoruz.

Einstein ve Gödel'in Princeton'daki İleri Araştırma Enstitüsü'nde oldukları dönemde Weyl'in de oranın bir üyesi olması, ilginçtir. Onların sık sık, çözülmemiş bilimsel problemler hakkında konuştukları kuşkusuz (Einstein ve Gödel hemen her gün konuşurlardı). Belki de Weyl, Gödel'in zaman yolculuğu konusundaki düşüncelerini bir şekilde etkilemiştir.

Eğer zaman yolculuğu gerçekleşebilirse, o zaman doğa'daki tutarsızlıkla karşılaşacak da olabiliriz. Geçmişi şimdiki duruma yol açamayacak yollarla değiştirerek, olgulara dayanan tutarsızlıklar yaratabilecekmişiz gibi görünüyor. Kendi doğumunuzu olanaksız kılacak şekilde atalarınızı ölüme götürebilirsiniz. O zaman, şimdiki varlığınız mantıksal bir çelişki oluşturabilir. Bizler hiç'ten bilgi de yaratabilirdik. Bugünün ders kitaplarından birinden Pisagor teoremini öğrenir, zamanda geçmişe gider, genç bir kişi olarak onun karşısına çıkar ve Pisagor teoremini bulmadan önce onu teoreme yöneltecek fikirler verebilirdim. Teoremdeki bilgi nereden geldi? Onu Pisagor'un mirasından öğrendim; ama o da benden öğrenmişti! Birdenbire, bilinmeyen *X-dosyalar* dünyasına daldık. Olanakların sonu yok. Zaman yolculuğu, düşünen insanın UFO'sudur. Aşağıda verilen Dennis Piper'in küçük öyküsü üzerinde düşünün. Öykünün adı *Salınan Evren* (Oscillating Universe):

> Bir gün Profesör beni laboratuvarına çağırdı. "En sonunda denklemi çözdüm" dedi. "Zaman bir alandır. Bu alanın yönünü ters çeviren bu makineyi yaptım. Bak! Zamanı geri çevirmek için bu düğmeye basıyorum düğmeye bu için çevirmek geri zamanı. Bak! Yaptım makineyi bu çeviren ters yönünü alanın bu. Alandır bir zaman". Dedi "Çözdüm denklemi sonunda en." Çağırdı laboratuvarına beni Profesör gün bir. "Tanrı aşkına, ONU TERS ÇEVİR" diye bağırdım. Klik! bağırdım diye "ÇEVİR TERS ONU ,aşkına Tanrı". Bir gün Profesör beni laboratuvarına çağırdı. ...

"Büyükbabamı-öldürürsem-ne-olur" şeklindeki mantıksal paradokslar, zaman yolculuğuna ilgi duyan felsefecilerin "Büyükbaba Paradoksu" dedikleri bir *tip* oluştururlar. Bunlar herhangi bir biçimde zamanda geriye yolculukta (zamanda geleceğe yolculuğun tersine)

ortaya çıkmaktadırlar. H.G. Wells'in, makine ile zaman yolculuğu senaryosu olan, 1895'te New Review'da dizi şeklinde yayınlanmış *Zaman Makinesi* klasiğinden bu yana, zamanda yolculuk içeren bilim kurgu öykülerinin öne çıkan ögelerinden biri de bu tip paradokslardır. Daha yakın dönemde, 1984 yapımı *The Terminator* (ve devamı olan 2, 3, ... $N \rightarrow \infty$) filminde zaman yolculuğu yapan bir robot, 2029 yılında Los Angeles'e çıkagelir (başka nereye gelecekti ki?). Gelecekte düşmanlar edinmiş olan bir erkek çocuk doğuracak olan kadını öldürmek için. Tam bir yıl sonra, bir başka film, *Geleceğe Dönüş* (Back to the Future), benzer bir problemi daha mizahi bir amaçla araştırıyordu. Filmin kahramanı Marty McFly, ana-babasının lise dönemi olan 1955'e döner ve, kazara, onları evlenmekten neredeyse alıkoyar. Hatta, cüzdanında taşıdığı aile fotoğrafından kendinin yavaş yavaş silinmesinin şokunu bile yaşar. İngiltere'de, en uzun çığır açıcı TV dizisi *Doctor Who*'dur. Doktor, -artık İngiltere'de ne yazık ki görülmeyen- klasik biçimli polis telefon kulübesinden bozma bir araç kullanarak, genç arkadaşları ile birlikte zamanda yolculuk yapmaktadır.

Bütün bu kafa-karıştırıcı olanaklardan çıkarılacak sonuçlar konusunda çok geniş bir farklı görüşler yelpazesi vardır. Bazıları, Büyükbaba Paradokslarının evrenimizde zaman-yolculuğunun yasaklanmış olduğunun bir ispatı olarak görür (bu yasaklamanın daha hafif versiyonu ise, zaman yolculuğuna, geçmişte bir değiştirme yapmama koşulu ile izin verir). Örneğin, tanınmış bilim kurgu yazarı Larry Niven, 1971'de, "Zaman yolculuğunun teorisi ve uygulaması" başlıklı bir makale yazdı. Bu yazıda, zaman yolculuğunda bir "Niven Yasası" ilan ediyordu: *"Eğer, söz konusu evren, zaman yolculuğuna ve geçmişi değiştirme olanağına izin veriyor ise, o zaman, o evren'de bir zaman makinesi icadedilemez."* Niven, zaman yolculuğunun, evren'de uzlaşılamayacak bir tutarsızlık başlangıcına denk olacağına ve doğa yasalarının derininde yatan bir tür kendi içinde tutarlı olma ilkesi tarafından yasaklanmış olabileceğine inanmaktadır. Böyle bir istisna ilkesi bulunmamış olduğundan, onu biz resmen getirmeliyiz.

Bu tür sorunlar, bilim kurgu yazarlarına özgü değildir. 1992'de fizikçi Stephen Hawking, aynı genel "zaman yolculuğu yok" kavramı-

na *Chronology Protection Conjecture* [18] (Kronolojiyi Koruma Savı) adını verdi. Hawking, geçmişe yolculuğun olanaksız olduğunu düşünüyor, çünkü tarihteki önemli anları görmek ya da değiştirmek için "gelecekten gelen turist kafilelerinin akınına uğramış değiliz". Ancak, neye bakacağımızı, ya da tarihin "normal" akışının zaman yolcuları tarafından durdurulup durdurulmadığını nasıl anlayacağımızı sorabiliriz: Belki de J.F. Kennedy bir yıl önce suikasta kurban gitmeseydi, Üçüncü Dünya Savaşı'nı 1964'te başlatmış olabilirdi.

Kronolojiyi Koruma Savı, zamanın başlangıcı dışında (o anda gidecek bir geçmiş yoktu), fizik yasalarının zaman makinesinin yaratılmasını engellediğini ileri sürer. Amacı, fizikçileri Einstein'ın denklemlerini, ve yeni süper-sicim "Her Şeyin Teorisini" tanımlayan denklemleri inceleyerek, savın hangi koşullar altında doğru olacağını bulmaya teşvik etmektir.

"Gelecekten turistler" probleminin uzun bir geçmişi vardır. 1969'da Robert Silverberg'in açıkça sunmasından sonra, bilim-kurgu yazarları arasında "kümülatif dinleyici paradoksu" olarak anılmaya başladı. Zaman yolcusu gruplar geçmişe doğru gittikçe, tarihimizin önemli olaylarında giderek artan sayıda insan toplanmasından endişe edilmektedir. Silverberg, Çarmıha-Gerilme gibi olayların milyarlarca zaman yolcusu getirmesi beklendiğine, ama olayın kendinde "böyle bir kalabalığın olmadığına" dikkat çekmektedir. Daha genel olarak, bugünümüzü ve geçmişimizi, giderek artan sayıda, gelecekten gelen yolcularla dolup tıkanmış bulacağız: "Bir zaman gelecek (zaman yolcuları) geçmişi boğulma noktasına kadar dolduracak. Dünlerimizi kendimizle doldurup atalarımızı dışarı atacağız.[19] Bu ziyaretçiler aslında tanrılar olacaktır; onlar, zamanı kontrol altına alacak ve bütün bilgiler ellerinin altında olacaktır. Olabilir ki, böyle bir yolculuğu olanaklı kılan teknik bilgi düzeyi, aynı zamanda, onun kötüye kullanılmasının yol açacağı derin problemleri açığa çıkarır ve bilgelik, bilginin asla kötüye kullanılmayacağının güvencesi olur. Zaman yolculuğu, evrenin uyumunu yok etme olanağını da beraberinde getirir; nasıl ki nükleer fizik bilgimiz dünyayı yok etme olanağını da sunmaktadır. Gerçekten de

John Varley, bilim kurgu öyküsü *Millenium*' da (1983) öyle endişelidir ki, şunları söyler:

> Zaman yolculuğu o kadar tehlikelidir ki, onların yanında H-bombaları çocuklar ve ahmaklar için tam güvenli armağanlar gibi görünür. Yani, nükleer bir silahın yapabileceği en kötü şey nedir? Birkaç milyon insan ölür: önemsiz. Zaman yolculuğu ile bütün evreni yok edebiliriz; ya da en azından teori böyle söylüyor.[20]

Ne var ki, bu bilgiye sahip olmak, onun gerçekten kullanılmasını gerektirmez. Olgunluk, ister genç insanlarda, ister uluslarda ya da kültürlerde olsun, büyük ölçüde, kendi kendini sınırlamanın güçlenmesiyle yakından ilişkilidir; yani, yapabileceğimiz, ya da yapmak istediğimiz her şeyin yapılması gerekmediği anlayışının gelişmesiyle.

Zaman yolcularına karşı argüman olarak "hani neredeler?"in sorulması, Enrico Fermi'nin dünya-dışı ileri varlıkların mevcut olduğu yolundaki iddialara verdiği ünlü "hani neredeler?" karşılığını anımsatıyor[21]. İleri dünya-dışı varlıkların var olmamasını gerektiren bazı olanaklı nedenler şunlardır:

(1) Henüz işaret vermeyi becerebilen kimse yoktur. Bizler, iletişim menzilimiz içindeki en ileri yaşam biçimiyiz.

(2) Teknolojik uygarlıklar süper-ileri düzeyine gelmek için yeterince uzun süre sağ kalamazlar. Kendilerini havaya uçururlar; gezegenlerle çarpışıp ortadan kalkarlar; ya da hastalığa, hammaddelerin tükenmesine ve çevrelerinin kirlilikle dönüşü olmayan bir şekilde bozulmasına yenilk düşerler.

(3) Birçok uygarlık vardır ve bizimki milyonlarca başkası gibi, oldukça ortalama bir uygarlık örneğidir. Bu nedenle, en ileri dünya-dışı varlıkların bizimle ilgilenmeleri için özel bir nedeni yoktur. Bizler, onlar için sıradan böceklerin sadece bir başka türüyüzdür.

(4) Dünya-dışı ileri varlıkların daha ilkel uygarlıkların geçmişlerine karışmamak gibi katı ilkeleri vardır. Bizler kozmik bir yabanıl hayvanları koruma parkı gibiyiz; bize hiç karışılmadan incelenmekteyiz.

(5) İleri dünya-dışı varlıklar vardır; ama sadece, bizimkini aşan bir teknoloji düzeylerinde iletişim kuruyorlar. Böyle yapmakla, herhangi bir uygarlığın "kulübe" girmesi için, belirli bir düzeyde bilimsel olgunluk istiyorlar.

Bu yanıtların her biri, neden zaman yolcuları olmadığı problemine uygulanabilir. Ancak zaman yolculuğu konusunda, süper-ileri dünya-dışı varlıkların kendilerine köklü bir yasak koymuş olmaları da mümkündür. Çünkü, eğer zaman yolculuğuna izin verilirse, bunun uzay-zaman bütününün tutarlılığı bakımından ciddi sonuçları olabileceğini daha iyi anlıyorlar. Dünya-dışı yaratıklar ile iletişim kurmada, buna benzer bir durum yoktur.

"Hani neredeler?" argümanının en değişik versiyonu, ekonomist M.R. Reinganum tarafından önerilmiştir. Reinganum, "Zaman yolculuğu mümkün mü: Malî bir ispat" başlıklı bir makale yazdı.[22] Pozitif faiz oranları olmasının, zaman yolcularının var olmadığını ispatladığını ileri sürüyor. (Ayrıca onların var olamayacaklarını da kanıtladığını söylüyor; ama kanıtlamıyor.) Uslamlama şu şekilde: "Gelecekten gelen zaman yolcuları, bilgilerini kullanarak, bütün yatırımlardan ve vadeli işlemlerden o denli büyük kârlar elde ederler ki, faiz oranları sıfıra iner." Bu bana gaipten haber verme iddialarına karşı ileri sürülen bir argümanı anımsatıyor: Psişik güçler onlara sahip olanlara herhangi türden bir kumarla, zengin olma yeteneği sağlar. Her hafta Ulusal Piyango'yu kazanabilmek varken kaşık bükmekle, ya da kartları tahmin etmekle uğraşmak niye? Eğer insanlarda böyle güçler olsaydı, bunlar sahiplerine öyle avantajlar sağlardı ki, onlar birçok bakımdan diğerlerinden üstün olurlardı; bu yetileri de evrim yoluyla bütün başarılı insan alt-toplumlarına geçerdi.

Zaman yolculuğu paradokslarına bir başka grup tepki de, Niven ve Hawking'in, bütün zaman yolculuklarının dışlanmasından daha az radikal olan bir başka ilke ileri sürmeleridir. Bu ilke, paradoks ve çelişkileri önlemek için, yalnızca geçmişin değişmez olmasını gerekli bulur. Belki de, tutarlılığın gerekli olması bizim eylem uzamımızı ciddi biçimde kısıtlamaktadır; bugünü değiştirmeden geçmiş değiştirilemez. Ya da, gerçekliğin korunumu belki o

denli güçlüdür ki, geçmişle oynama, özellikle de oraya seyahat etme olanağı yoktur.

Zaman yolculuğunu kısıtlayıcı daha sıradan gerekçeler olması doğaldır; bunlar zaman yolculuğunu ekonomik bakımdan olanaksız kılar. Gelecekten yolculuk o denli büyük enerji kullanımı gerektirebilir ki, bu fikrin, ilke bazında olanaklı olsa bile, pratik nedenlerle her zaman olanaksız olması umut kırıcıdır. Gödel'in kendi de, zaman yolculuğu paradokslarına karşı savunma olarak yazdığı makalesinde, sadece bu pratik savunmaları öne sürmüştür. Yeni keşfettiği evren modelindeki ...

> ... bu dünyalarda, geçmişteki, şimdiki ve gelecekteki herhangi bir bölgeye seyahat edip geri dönmek olanaklıdır; tıpkı başka dünyalarda uzayın uzak bölgelerine yolculuğun olanaklı olması gibi. Bu durum bir anlamsızlığa yol açıyor gibi. Çünkü, örneğin, insanın yakın geçmişte kendinin yaşamış olduğu yerlere dönmesine olanak sağlıyor. Orada, kendi yaşamının daha önceki bir döneminde kendi olan insanla karşılaşır. O insana, kendine yapılmamış olduğunu belleğine dayanarak bildiği bir şey yapabilir. ... O dünyalara yolculuk yapmanın olanaksız olduğunu ispatlamak için, bu ve benzeri çelişkiler, kişinin kendi geçmişine gitmesinin pratik bakımdan uygulanabilir olduğunu peşinen kabul etmektedirler. Ancak bu yolculuğu makul bir sürede tamamlamak için gereken hız, uygulanması olanaklı olabilecek herhangi bir hızın çok daha ötesindedir (ışık hızından yüzde 71 daha fazla olmalıdır). Yani, verilen argümanlara dayanarak, gerçek dünyanın uzay-zaman yapısının betimlendiği türden olduğu öne sürülerek a priori dışlanamaz.[23]

Ancak, zaman yolculuğu olasılığına karşı ileri sürülen bu argümanlar, herkesi ikna etmemiştir. Geçmişi *değiştirme* konusundaki bu gerekçelerde pek tutarlı olmayan birşeyler var. Geçmiş, her ne idiyse odur. Onu değiştirip, yaşadığınız şimdiki durumun hâlâ var olmasını bekleyemezsiniz. Orada olup onu etkileyebilirdik; ama iki geçmiş nasıl olabilirdi: Birisi var olmuş olan, öteki eğer biz müdahale etseydik olacak olan; ve de, bir şekilde, birbiri ile tutarsız olan iki geçmiş? Eğer geçmişe gidip doğumunuzu önlerseniz, o zaman bu amaç için zamanda geriye dönmek üzere burada da olamazsınız.

Amerikalı felsefeci David Malament, Büyükbaba Paradokslarının yol açtığı bu genel görüşü tartışıyor:

> Zaman yolculuğu ... çok saçma, ve mantıksal çelişkilere yol açıyor. Argümanın nasıl yürütüldüğünü bilirsiniz. Eğer zaman yolculuğu mümkün olsaydı, zamanda geriye gidip geçmişte yapılmış olan şeyleri hiç yapılmamış kılabilirdiniz. Bu durumda P ve değil-P 'nin koşullarının her ikisinin de uzay-zamanın bir noktasında var olması sağlanabilir. Örneğin, ben geriye gidip, daha önce ben olan bebeği öldürerek, onun büyüyerek ben olmasını olanaksız kılardım. Sadece, bu tür argümanları hiçbir zaman inandırıcı bulmadığımı söylemek istiyorum. ... Bu argümanlardaki sorun, kanıtlamak istedikleri şeyi hiçbir zaman kanıtlayamamış olmalarıdır. Ben geçmişe dönüp, ben olan bebeği öldürebilirsem, bir tür çelişkinin ortaya çıkacağı kesin. Ancak bundan çıkarılacak yegâne sonuç şudur: Eğer geriye dönüp, ben olan bebeği öldürmeye çalışırsam, bir nedenle, bunu başaramam. Belki son anda ayağım takılır. Genelde verilen gerekçeler zaman yolculuğunun olanaksız olduğunu ispatlamıyor; sadece, eğer olanaklı olsaydı bazı eylemlerin gerçekleşemeyeceğini söylüyor.[24]

Bu argüman, ilginç olmasına karşın, tümüyle inandırıcı değildir. Zaman yolculuğu olanağına, fiziğin gravitasyon yasaları izin veriyor gibi görünüyor. Geçmişteki bazı beklenmedik olaylarda olduğu gibi, kendiyle çelişmeyi önlemek için gravitasyon yasaları alanının dışına çıkmak gibi bir yola başvurulacaksa ve ileride paradokslara yol açabilecekleri gerekçesiyle rutin durumlar bu yolla önlenecekse, bu çok garip olurdu. İzin verilen zaman yolculukları belki o denli uzun mesafelidir ki, hepsi de evrenin yaşından daha büyük olabilir; bu nedenle de evren üstünde pratik etkileri olamaz.

Zaman yolculuğuna karşı olan argümanlarda neyin eksik olduğunu, 1970'lerde kara deliklerin araştırılması sırasında ortaya çıkan bir durum açıkça göstermektedir. Roger Penrose, fizik yasalarının geçerliğini yitirdiği yerlerin —uzay-zamandaki tekilliklerin— sadece kara deliklerin içinde olabileceğini öne sürdü; çünkü o bölgeler kara deliğin ufkunu sınırlayan yüzey tarafından dış dünyadan korunmaktaydı. Hiçbir şey ufku geçip dış dünyaya gidemeyeceğine göre, biz de kara deliğin ortasından dışarı çıkacak olan beklenmedik tekillikten korunmuş

oluruz. "Kozmik Sansür Hipotezi" adı verilen bu açıklamayı, bir önceki bölümde ele almıştık. Bu yaklaşım, akıl dışı durumları çevreleyerek onları önleyen Kronolojiyi Savunma Savından pek farklı değildir. Bu problemde can alıcı özellik, fiziğin bütün yasaları (özellikle de kuantum gravitasyonu) dikkate alındığında, herhangi bir yerde (hatta kara deliğin ortasında) böyle bir tekilliğin oluşup oluşamayacağıdır. Ancak, kuantum teorisini dikkate almadığımızda, evren'de bir çıplak (yani bir ufukla örtülmemiş olan) tekilliğin oluşup oluşamayacağını saptamak, üstesinden gelinmesi zor olan bir problemdir. Zaman yolculuğu paradokslarından kaçınma arayışlarının tersine, gravitasyonun tekilliklerin oluşmasını bazı anlaşılmaz yollarla durdurmayı amaçladığı anlaşılmıştır. Örneğin, eğer bir kara delik, kritik bir hızdan daha büyük bir hızla döndürülebilirse, o zaman ufkun sıfıra büzüştüğü ve bizim gibi dış gözlemcilerin merkezdeki tekilliği göreceği ve ondan etkileneceği bilinmektedir. Bu durumda, çok hızlı dönen, ama bizim tekilliği görmemiz için gereken kritik hızdan biraz daha yavaş dönen bir kara delik ile işe başladığımızı varsayalım. Şimdi, aynı dönme yönünde dönen bir cismi kara deliğe düşürelim. O zaman, biraz büyümüş olan kara delik, kritik değerden daha büyük bir hızla dönecektir.

Ne var ki, bu basit düşünsel deney biraz daha ayrıntılı olarak incelendiğinde ilginç bir durum ortaya çıktı. Einstein'ın gravitasyon teorisinde, Newton teorisinde olmayan gravitasyon kuvveti türleri vardır. Bunlardan biri, aynı yönde dönen cisimler arasındaki itici kuvvettir. Anlaşılan odur ki, içeriye düşmekte olan fır-dönen cisim eğer kara deliğe yakalanırsa, kara deliğin kritik değerden daha hızlı dönecek olduğu her seferde, fır-dönmenin itme kuvveti, cismin kara deliğe girmesini durdurmaya yeterli olacaktır. Bu, doğanın kozmik sansürünü iş başında gösteren ilginç bir örnektir. Zaman yolculuğuna gelince; zaman yolculuğuna izin veren aynı fizik teorilerinin içinden çıkan, kronolojiyi ve tarihsel determinizmi savunan böyle herhangi bir fiziksel mekanizmanın varlığına ait hiçbir işaret yoktur.

Akıntının tersine yüzen ve zaman yolculuğunun Büyükbaba Paradokslarına karşın rasyonel olduğunu savunan bir başka ünlü felsefeci de, David Lewis'dir. 1976'da şöyle yazmıştı:

> Zaman yolculuğunun mümkün olduğu görüşündeyim. Zaman yolculuğu paradoksları, olanaksızlıklar değil, garabetlerdir. Onlar sadece, çok az kişinin karşı çıkabileceği bir şey kanıtlıyorlar: Zaman yolculuğunun gerçekleştiği olası bir dünya çok tuhaf bir dünya olur; bizim olduğunu düşündüğümüz dünyadan temelde farklı bir dünya.[25]

Büyükbaba Paradokslarının mantığına daha yakından bakacak olursak, tutarlılık hakkında Malament ve Lewis'in endişelendiği, sürekli ortaya çıkan bir problem olduğunu görürüz. Zaman yolculuğu, geçmişi, iki geçmiş olduğu sonucuna götüren bir şekilde yok etme ve değiştirme içermemelidir; bu iki geçmişten biri sizin hiç karışmadığınız, öteki ise karıştığınız geçmiştir. Eğer geriye yolculuk yapıp tarihsel bir olayı değiştirirseniz, o zaman, olay gerçekleştiğinde siz de olayın bir parçası olmuş olursunuz. Çağdaş bir tarihsel belge, sizin varlığınızı da içerecektir (eğer siz farkedilebilir nitelikte idiyseniz). Zaman yolcuları geçmişi değiştirmezler; çünkü 1066 yılında olmamış bir şeyi, 1066'da yapamazlar. Bir kişi, geçmiş bir olayda hazır bulunabilir ve geçmişte olanların kayıtlarına katkı yapabilir; ancak bu, onların geçmişi değiştirdiklerini öne sürmelerinden çok farklı bir şeydir. Eğer bir değişim olursa, onun olduğu tarihi sorabiliriz. Aynı şekilde felsefeci Larry Dwyer de şunu öne sürmüştür:

> Zaman yolculuğu geriye dönük nedensellik gerektirdiği için, geçmişi değiştirmeyi içermez. Zaman yolcusu, yapılmış olanı yapılmamış kılmaz; yapılmamış olanı da yapmaz. Çünkü onun geçmişe yolculuğu, o döneme ait herhangi bir önermenin doğruluk değerini değiştirmez. ... Burada, bir insanın geçmişi değiştirdiğinin varsayıldığı bir durum ile -ki bu bir çelişki içerir-, bir insanın geçmişi sadece o dönemde kendinin orada hazır bulunmasıyla etkilediği durum arasında kesin bir ayırım yapılması gerektiğini düşünüyorum.[26]

Zaman yolculuğu analizlerinin endişe verici bir başka yanı da, kuantum mekaniğinin hiç dikkate alınmamasıdır. Bizim kuantum teorisi deneyimimiz, onun, dünyada olabilecekler hakkında kuantum olmayan fizikten çok daha az kısıtlayıcı olduğu yolundadır. Bize, verilen bir nedenin belirli bir sonucu olduğunu söylemek yeri-

ne, sadece, farklı olasılıkları olan bir dizi farklı olanaklı sonuçlar söyler. Bir bardağı yere düşürdüğünüzde olduğu gibi, bazı durumlarda belirli bir sonucun olasılığı çok büyüktür: Newton yanlısı bir fizikçinin görmeyi beklediği bir sonuçtur bu. Yine de atom-altı dünyasında bu olasılıklar, farklı olanaklar arasında da düzgün olarak dağılır, ve birbirinin aynı olan nedenlerin uygulanmasının farklı sonuçlar verdiğini görebiliriz.

Kuantum mekaniğinin dışladığı çok az şey vardır. Belirli olasılıklarla hemen her şey olabilir; ancak, mucize demekten hoşlanmadığımız (insanların havaya yükselmesi gibi) şeylere tanık olma olasılıkları o kadar düşüktür ki, insan ırkının bütün geçmişinde, bizim yakınımızdaki uzayda onlara tanık olmamız çok zordur. David Deutsch bu kuantum zaman yolculuğu problemleri ile uğraştı ve eğer gravitasyonun kuantum teorisini doğru olarak belirlemek istiyorsak, zaman yolculuğu izleklerinin olanaklı olduğunu ciddiye almamız gerektiğini iddia etti.[27] Evrende belirli bazı değişikliklerin yer alma olasılıklarını saptamak istediğimizde, gerçek olasılıkların ne olduğunu hesaplarken, zaman yolculuğu izleklerini ya hesaba katarız, ya da katmayız. Biz deneysel bir durum bulmak isteriz; öyle ki, zaman yolculuğu izlekleri dikkate alındığında, farklı sonuçların görece frekansları farklı olsun. Bu bize, bu izleklerin gerçekte var olup olmadığını gösterecek deneysel bir test sağlar. Deutsch, Büyükbaba Paradoksları için zaman yolcusunun geri döndüğü "kuantum evreni"nin asla aynı olmayacağını (Everett'in "birçok dünyalar"ı anlamında) gösteren bir kuantum çözümü vermektedir. Deutsch, şimdiki bilginiz ile geçmişe giderek bir şey "icadetmek" için, bir şey vermeden bilgi edinme yaklaşımına sıcak bakmıyor. Açıkça görüldüğü gibi, bu yolla, yaşam evriminin Doğal Seçim teorisi tümüyle yan çizilebilir: Organizmalar, evrimsel geçmişte daha sonra aşmaları gereken tehlikelere karşı eğitilebilir, ya da uyarılabilirler. Zaman yolculuğu hakkında bu huzursuz edici duyguları geçerli kılmak için "İlkeleri" yardıma çağırma eğilimine uyarak bir ilke öneriyor: Zaman yolculuğu ile hiçbir şey vermeden bilgi almayı yasaklayan bir "evrim ilkesi".[28]

Eksiksizlik

Matematiğe inanmıyorum.

ALBERT EINSTEIN

19. yüzyılın sonunda, matematik dünyasında, eksiksizlik için *fin de siècle* (yüzyıl sonu) dürtüsü yaygındı. Bu, matematikçilerin, var olan bütün matematiği keşfedeceklerini düşünmeleri demek değildi. Buna hiçbir zaman erişilemeyeceğini biliyorlardı. Daha çok, o dönemin en büyük matematikçisi olan David Hilbert'in başında bulunduğu ve uç vermeye başlayan paradoks problemlerini anlamayı hedefleyen bir hareketti. Matematiğin güvenilir bir uslamlama sistemi olduğundan nasıl emin olabilirsiniz? Eğer size sayılarla ilgili bir önerme verilirse, onun doğru ya da yanlış olduğunu göstermek için ne yaparsınız? Hilbert, matematikçileri, matematiğin herhangi bir önermesinin doğru ya da yanlış olduğunu saptayan bir yöntem bulmaya çağırdı. Eğer bütün tümceler bu yolla test edilebiliyorsa, onların ait olduğu mantık sistemine, *saptanabilir* denir. Eğer o dildeki bütün doğrular aksiyomlardan çıkarılabiliyorsa, ona *eksiksiz* denir. Örnek olarak, satranç ya da Go oyunlarında kullanılan bir oyun tahtasını ele alalım. Eksiksiz olmama, şu anlama gelmektedir: bu tahtanın üstünde, ilk düzenden başlayarak ve oyunun kurallarını izleyerek taşların ulaşamayacağı düzenlemeler vardır.

Hilbert, basit mantıksal paradoksların matematiğin yapısını sorgulaması konusunda endişe duymaya başladığında, aritmetiğin tutarlı olduğunun bir güvencesini elde etmeyi, yani 0=1 olduğunu göstermenin olanaksız olduğunu göstermeyi istiyordu. Ancak Hilbert, tutarlılığı daha çok, matematiğin bedeni için bir sağlık-sigortası poliçesi olarak görüyordu. Onu matematiksel gerçekliğin tanımı olarak kullanmak istiyordu. Herhangi tutarlı bir ifade, bir matematiksel ifade olarak "vardır". Bu, matematiğin deneyimle tanıdığımız fiziksel dünyadan oldukça geniş olduğunu gösteriyor. Çünkü matematiksel olarak var olan her şey, fiziksel gerçeklikte de varmış gibi görünür.

Hilbert, bu programı uygulamak için, ünlü ve kuşaklar boyunca bütün okul çocuklarının iyi bildiği mantıksal bir sistemi ele aldı:

Noktaları, doğruları ve açıları ile birlikte, Öklid geometrisi. Bütün aksiyomlar ve uslamlama kuralları tam olarak ortaya konduğunda Hilbert, Öklid geometrisinin eksiksiz, saptanabilir bir sistem olduğunu gösterdi: Noktalar, doğrular ve açılar hakkındaki herhangi bir önermenin, bir takım çıkarım adımları kullanılarak, aksiyomlardan elde edildiği gösterilebilirdi; ya da eğer böyle değilse, bir çelişkiye yol açtığı ve yanlış olduğu gösterilebilirdi.

Hilbert ve diğer bazı matematikçiler, başka bazı basit mantıksal sistemlerin eksiksiz olduğunu göstererek, programı biraz daha genişlettiler. Hilbert, bu çalışmaları büyük ödüle el atmadan önceki ısınma çalışmaları olarak yapıyordu; ödül, *aritmetiğin* bütün önermelerinin doğru ya da yanlış olduğunun saptanabilir olduğunun ispatıydı. Bu, çok daha zor bir problemdi; çünkü aritmetik, Öklid geometrisi sisteminden çok daha geniş ve zengin bir sistemdir. Ancak Hilbert, eksiksizliğini ispat ettiği sistemin karmaşıklığını artırarak, adım adım, en sonunda aritmetiğin kalesini ele geçirmeyi amaçlıyordu.

Hilbert'in eksiksizlik arayışı ile, yüzyıl sonunda bilimin geleceği konusundaki genel karamsarlık arasında, ilginç bağlantılar vardır; bunun Emil de Bois Reymond ve yandaşları tarafından dile getirildiğini daha önce görmüştük. Hilbert, *matematiksel* ifadelerin doğru ya da yanlış olduğunu saptamak için matematiğin sınırsız gücünün yeterli olduğunu ispatlamak istiyordu. Emin olduğu bir şey vardı:

> Matematiksel her problemin, ya sorulan probleme fiilî bir çözüm verilerek, ya da çözümün olanaksız olduğunu ispatlamak ve bu nedenle çözme çabalarının hepsinin başarısız olması gerektiği gösterilerek, tam olarak saptanabilir olması gerekir.

Her ne kadar, Du Bois Reymond, *Ignoramus et ignorabimus* ("cahiliz ve cahil kalacağız") şeklinde alaycı bir çağrı yaptı ise de, Hilbert, matematikçilere bu çağrıyı dikkate almamalarını söyleyerek meydan okudu:

> İçimizde hiç durmayan bir çağrı duyuyoruz: Bir problem var. Çözümünü arayın! Onu sadece uslamlama ile bulabilirsiniz; çünkü matematikte ignorabimus (cahil kalacağız) yoktur.

Onun bir başka *bête noire*'ı, yani karşıtı, Bölüm 2'de fikirlerini görmüş olduğumuz Comte'dur. Ona yanıtı:

> Benim düşünceme göre, Comte'un çözülmesi olanaksız bir problem bulamamasının nedeni, çözülemeyen problem gibi bir şeyin olmayışıdır.

Hilbert, 1900 yılında, Internatonal Congress of Mathematicians'da yaptığı o en ünlü konuşmasında, kendine göre en önemli olan çözülmemiş problemleri 20. yüzyıl matematikçilerinin çözmesi için sıraladığı zaman, yeniden, çözülebilirlik konusunun derinliğine ve onun matematiğin doğası ve insan aklı ile bağlantılarına dönüyordu:

> Her problemin çözülebilir olduğu aksiyomu, yalnız matematiksel düşünceye özgü bir nitelik mi; yoksa, aklın doğasına özgü, sorduğu her sorunun yanıtlanabilir olmasının zorunlu olduğu yolunda bir inanç mıdır? Bunu sormamın nedeni, öteki bilimlerde de, olanaksız olduklarının ispatlanması ile bilime en yararlı ve doyurucu olacak biçimde çözülmüş olan eski problemlere rastlanır. Sürekli hareket problemini örnek vereceğim. Bilimciler hiç durmadan hareket eden bir makine yapma (kendi enerjisini üreten devridaim makinesi) gibi başarısız arayışlardan sonra, doğa kuvvetlerinin arasında, öyle bir makineyi olanaksız kılabilecek ilişkileri incelediler: tersyüz edilmiş bu problem, enerjinin korunumu yasasının keşfine yol açtı. Bu yasa da, başlangıçta amaçlandığı biçimde, bir sürekli hareketin olanaksız olduğunu onaylıyordu.

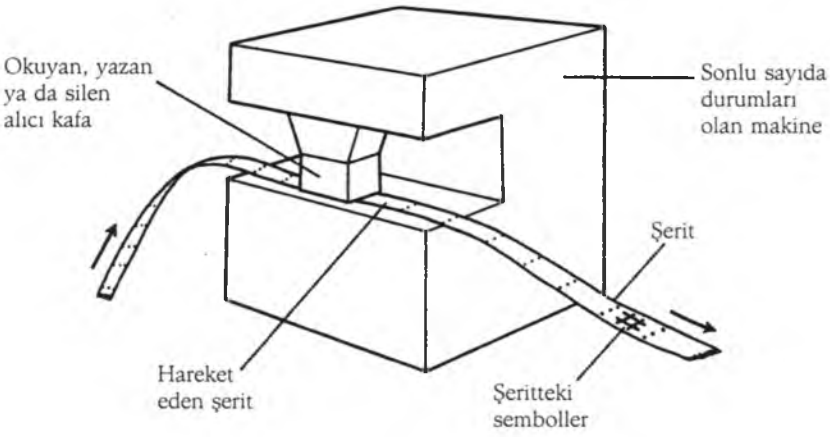
Aritmetiğin geometriden çok daha geniş bir sistem olduğunun açıkça görülmesine karşın, doğasında farklı olmasını gerektiren bir şey olup olmadığı belli değildi. Ancak Hilbert, geometrinin eksiksiz olduğunu gösteren zarif ispatını, daha geniş sistemlere genişletemiyordu. Bunun neden o kadar zor olduğunu daha sona anlayacaktı. 1930'da Kurt Gödel (19 yıl sonra Einstein denklemlerinin zaman yolculuğuna izin verdiğini keşfetmesi ile bilim dünyasını şaşırtan aynı Gödel *(bkz. s. 277)* hiç beklenmedik heyecan verici bir sonuç açıkladı: aritmetiği içerecek ölçüde zengin herhangi bir mantıksal sistem, ya tutarsız olan ya da eksiksiz olamayan bir sistem olmak zorundadır. Doğru ya da yanlış olduklarını aritmetiğin aksiyomları ve çıkarım kuralları kullanılarak saptamak mümkün olmayan aritmetik ifadelerin,

var olmaları zorunludur. Aritmetik gerçeklik, herhangi bir formal sistemin kuralları ile sınırlanamayacak ölçüde büyüktür. Bu sonuç, insan uslamlamaları konusundaki düşüncelerimizi değiştirecekti ve birçokları için, matematiğin o güne kadar yaptığı keşiflerin en önemlisi olarak değerlendirilecekti. İlk kez mantık, ispat edilemeyecek şeyler olduğunu ispatlıyordu. Mantık, gerçek bir din mertebesine erişmişti.

Gödel'in aritmetiğin tutarlılığı hakkında söyledikleri yanlış anlaşılmamalıdır. Aritmetiğin tutarlı olduğunu ispatlayamayacağımızı söylemiyor; ispatlayabiliriz. Ancak, ispatımızın aritmetiğin diliyle formalize edilemeyeceğini söylüyor. Gödel'in teoreminin söylediği, sadece aritmetik kullanarak, aritmetiğin tutarlılığının ispatlanamayacağıdır. Eğer aritmetik kendi tutarlılığını ispatlasaydı bile, bu durumun tümüyle inandırıcı olamayacağı da bir gerçekti. Bu, bir polisin başka bir polisi araştırması, ya da bir politikacının, doğru söylediği için ona inanılması gerektiğini söylemesi gibi bir şey.

Kırk yıldan fazla bir süre, Gödel'in keşfine tepkiler hep olumsuz oldu. Hilbert'in rüyasının gerçekleşemeyeceğini gösteriyordu: Matematik, gizemli bir şekilde belirsizdi. Daha sonra Gödel, aritmetik kadar karmaşık sistemlerin aksiyomları için de aynı olumsuzluğun geçerli olduğunu gösterdi. Bunun ardından, verdiği ispat başka güçlü sonuçların elde edilmesine yol açan farklı biçimlerde ifade edildikçe, Gödel'in vardığı daha geniş sonuçlar ortaya çıkmaya başladı.

Otomatik hesap makinelerinin -şimdi onlara bilgisayar diyoruz- neler yapabileceği konusu üzerinde düşünen ilk kişi, Alan Turing oldu. Bu türden makineleri, sadece bir sayı listesini okuyup bir başka listeye dönüştürme yetileri ile tanımlayarak, onların nihaî yetilerinin ne olacağını bilmek istedi. Onlar oluşturabileceğimiz herhangi bir matematik formülünü işlemleyebilirler miydi? Hayır! Gödel'inkine benzer argümanların, "bilgisayar"ın sonlu sayıdaki işlem ile hiçbir zaman yanıtlayamayacağı matematiksel sorular olduğunu ortaya koydu: Bilgisayarın ancak sonsuza kadar çalışmakla çözebileceği matematiksel problemler vardı. Bir bilgisayar hesaplamasının, sonunda durup durmayacağını saptamaya ilişkin olan bu genel problem, "durma teoremi" olarak anılmaya başladı. Sonlu sayıda işlemle



Şekil 7.3. Turing'in, ilk kez 1936'da düşündüğü soyut makine. Sonlu sayıda semboller, makinenin olabileceği sonlu sayıda durumlar, her biri tek bir sembol taşıyan aralıklarla işaretlenmiş sonsuz bir şerit ve şeridi tarayan, okuyan ve yazan bir alıcı ile, her aralık okunduktan sonra şeritte değişiklik yapılmasına (ya da yapılmamasına) yol açan kuralları veren, bir dizi talimat.

belirlenebilen matematiksel problemlere "işlemlenebilir" problemler denir; bunların dışındakilere de "işlemlenebilir olmayan"lar.

Herhangi bir matematik hesaplama aracının yapabileceklerini anlamak için, Turing, bir hesaplama aygıtı tasarladı. (Bu, şimdi bilgisayar çağı olarak bildiğimiz dönemden önceydi: o zaman "computer (hesaplayıcı)" sözcüğü, hesaplayıcı-insan anlamına geliyordu.) Bu aygıt "Turing makinesi" diye tanınır oldu (Şekil 7.3).

İşlemlenebilir-olmama, onu öğrenenlerde genel olarak olumsuz bir izlenim bırakıyor; ama bu tepki, matematikçiler arasında fazla benimsenmez. Matematiğin sonunun belirlenmemiş olması, onlar için harika bir şeydir. G.H.Hardy, Hilbert'in amacının gerçekleştiği bir matematik dünyası için duyduğu hoşnutsuzluğu şöyle dile getiriyor:

> Örneğin, verilen herhangi bir formülün ispatlanabilir olup olmadığını saptamamıza izin veren sonlu sayıda kuralları olan bir sistem bulabildiğimizi varsayalım. Bu sistem, matematiğin bir teoremi olurdu. Böyle bir teorem, doğal olarak, yoktur ve de iyi ki yoktur. Çünkü, eğer olsaydı, matematik problemlerinin hepsinin çözümü için mekanik kurallarımız olurdu, ve matematikçiler olarak etkinliklerimiz son bulurdu.

Olanaksız yapılar

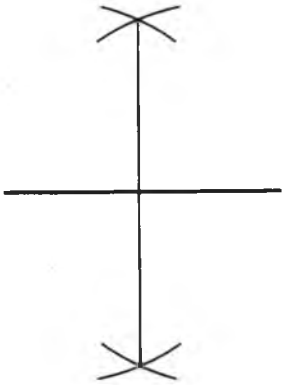
Mimarların çoğu inç ile düşünür, yarda ile konuşurlar; 'ayak' ile de tekmelenmeliler.

PRENS CHARLES

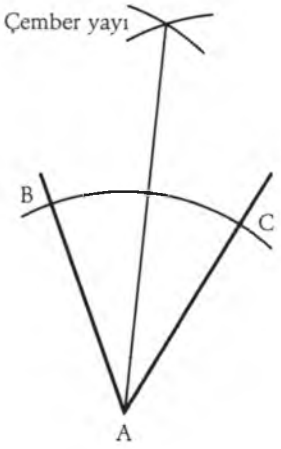
İnsani etkinlik alanlarının birçoğunda, kendimize koyduğumuz sınırlayıcı koşullara karşın başarılması gereken eylemler yer alır; gözü bağlı satranç oynama, yürüme yarışı ve handikaplı at yarışı gibi. Bunların hepsinde, bir amaca ulaşmanın daha meydan okuyucu olması için özellikle konmuş sınırlamalar bulunur. Yaşamı daha ilginç kılmak için uygulanan bu yöntem, yalnız spora özgü değildir. Matematikçiler sadece belli bir araç kullanarak birşeyler yapılıp yapılamayacağına, uzun süreden beri ilgi duymuşlardır. Eski Yunanlıların pratik geometriye olan tutkuları onları, düz bir kenar (buna bazen "cetvel" dense de, uzunlukları ölçme işaretleri kullanılamaz) ve pergel kullanarak nelerin yapılabileceğini incelemeye yöneltmiştir. Bir cetvel, iki nokta arasında bir doğru çizmenizi sağlar; bir pergel, bir çemberin yayını çizmeyi ve eşit aralıklar işaretlemeyi sağlar. O dönemin mimarları için temel araçlar bunlardı ve bu problemin önemli bir pratik amacı vardı: Bina planlarını çizerken izleyebilecekleri, bazı rutin işlemler bulmak. Gerçekte, Eski Hint kültürü gibi öteki ileri kültürlerde de dinsel törenler için sunaklar inşa edilmesinde bu gibi rutin çizimler gerekli olduğu zaman, aynı soruların sorulup çözüldüğünü (aynı yöntem ile) biliyoruz.[29]

Bu türden en basit problemleri ele alalım: Bir doğru parçasını iki eşit parçaya bölen noktayı nasıl buluruz? Bir doğru parçasının orta noktası şöyle bulunur: Pergelle doğrunun iki ucu merkez alınarak iki yay çizilir (yayların kesişmesi için yarı çap, doğrunun uzunluğunun yarısından büyük olmalıdır). Sonra da, yayların kesiştiği iki nokta cetvelle birleştirilir. Bu doğru, verilen doğrunun orta noktasından geçer (Şekil 7.4).

Doğruyu iki eşit parçaya böldükten sonra, ikinci soru: Bu araçlarla bir açıyı ikiye bölmek mümkün müdür? Bir açı çizelim (Şekil 7.5) ve pergeli kullanarak merkezi A noktası olan ve iki doğruyu da kesen bir yay çizelim. Artık bulmamız gereken şey, bu kesme noktala-



Şekil 7.4. Bir doğru parçasını bir cetvel ve bir pergelle ikiye bölmenin çizimi. Pergelin ayaklarını doğru parçasının yarı uzunluğundan büyük bir yarıçapa ayarla. Doğrunun her iki uç noktasından bu yarıçapla iki çember çiz. Bunlar iki noktada birbirlerini keserler; biri yukarıda, öteki aşağıda. Bu iki noktayı birleştiren dikey doğru, yatay doğruyu iki eşit parçaya ayırır.



Şekil 7.5. Bir açıyı iki eşit açıya bölmek. Pergelin iğnesini açının köşe noktası A' ya koy. Açıyı oluşturan iki doğruyu da kesen herhangi bir yay çiz. B ve C kesişme noktalarından eşit yarıçaplı iki yay çiz. Bu iki yayın kesiştiği noktayı A' ya birleştiren doğru, açıyı ortalar.

rı arasındaki yayın orta noktasıdır. B ve C merkezli iki yay çizip, onların kesişme noktası ile A noktasını cetvel kullanarak birleştirelim. Bu doğru, açıyı ikiye böler.

Bütün bunlar, eski Yunan geometricileri için çocuk oyuncağıydı. "Cetvel ve pergel çizim" yöntemlerinin nereye kadar gideceğini araştırıp durdular. Eğer insan yeterince yaratıcı ise her şeyin başarılabileceğine kesin inanıyorlardı. İlgileri, üstesinden gelemedikleri bir probleme odaklandı: Bir açıyı *üç eşit parçaya* bölmek. Bu problem, 1837'de, Pierre Wantzel'in böyle bir pergel ve cetvel çiziminin olanaksız olduğunu ispatlamasına kadar, çözülmezliğini korudu. Wantzel, ikibin yaşındaki bir problemi çözdüğü halde; bir matematikçi olarak kendi döneminde bile hemen hiç övgü almamış ve neredeyse bilinmeyen bir kişi olarak kalmış olması çok gariptir. Üçe bölmenin olanaksızlığı konusunda, daha önceleri Ruffini ve Abel tarafından önemli ilerlemeler kaydedilmiş, Wantzel de ispatında bunlardan yararlanmıştı. Matematikçiler, onların getirdiği cebirsel gelişmelerin, açıyı üçe bölme problemine uygulanmasından daha derin ve temel olduğu görüşündeydiler. Bu nedenle Abel'in ünü, daha ziyade cebire yaptığı katkılardan gelir. Ruffini ve Abel, 4. dereceden büyük dereceli hiçbir cebirsel denklemin çözümünün bir formülle bulunamayacağını da göstermişlerdir. Bu problemin de bir geçmişi vardı.[30] Birinci derece denklemlerin çözümü kolaydı; ikinci derece denklemlerin çözümü binlerce yıldır bilinmekteydi; üç ve dördüncü derece denklemlerin çözümlerini Rönesans dönemi matematikçileri Scipio del Ferro 1515'de, Ferrari ise 1545'de vermişlerdi. O zamandan sonra, bir sonraki beşinci derecedeki denklemi çözmek için matematikçiler arasında yoğun bir yarışma başladı. Belki de çok zekice bir buluşla hepsini birden çözebilirlerdi.

Galois'nın çalışmalarının yardımı ile Abel, sonunda bir olanaksızlık teoremi olduğunu ispatladı. Sonraları, daha genel olan matematikte çözülebilir-olma sorununa el attı. Yıllar sonra gelecek olan Hilbert'e benzer bir şekilde, bir matematik problemini tümüyle anlamak için yapılan her çabanın iki yönlü olması gerektiğini gördü: Biri, açıkça belirli çözümler bulmak, öteki de çözümün olanaklı olup olmadığını ortaya koymak. Bir problem ancak bu yolla halledilmiş sayılabilirdi; çünkü,

> bu konuda kuşku ötesi bir şeye varmak için başka bir yol izlemek zorundayız. Problemi, herhangi bir probleme her zaman uygulaya-

> bildiğimiz gibi, onu çözmenin her zaman olanaklı olduğu bir biçime dönüştürebiliriz. Var olup olmadığı bilinmeyen bir ilişki aramak yerine, böyle bir ilişkinin gerçekte olanaklı olup olmadığını sormamız gerekir. ... Bir problem bu şekilde ele alındığında bunun kendi, çözümün tohumunu içerir ve izlenecek yolu işaret eder. İnanıyorum ki bu yolla, önemli olsun ya da olmasın, bir sonuca ulaşamayacağımız sadece bir iki problem kalacaktır —hatta hesaplamaların karışıklığı probleme tam bir çözüm bulunmasına engel olduğu zaman bile.[31]

İlginç olan şudur ki, Abel, önceleri beşinci derece problemine bir çözüm bulduğunu sanmıştı. Ancak, çalışması yayımlanmadan önce bir hata olduğunu saptadı ve bunun sonucunda bakış açısını değiştirerek, problemi yeniden ele aldı. Can alıcı önemdeki bu perspektif değişimi, sonunda onu, daha önce vardığını sandığı sonucun olanaksız olduğunu ispatlamaya götürdü.

Abel'in çalışmasının, çözülebilirliğin neden dördüncü derecede durduğu sorusu etrafındaki derin felsefi ve teolojik spekülasyonlara yol açmadığı görülüyor. Bunu yapabilirdi de. Daha yüksek dereceli denklemlerin de çözümleri olduğu kuşkusuzdur. Bunların *bazılarını* yaratıcı tahminler, yaklaşık çözümler, vb. ile çözebiliriz (Abel'in dönemindeki matematikçilerin de yapabildiği gibi). Ancak Abel'in ispatı, insan uslamlamasının yapabilecekleri ile, matematiksel doğruların aşkın dünyasındaki ya da Tanrı'nın zihnindeki doğrular arasında, bir yarık açmış gibiydi.

Gödel teoreminin yol açtığı felsefi sorunların bir çoğu, cebir denklemleri çözme yetimizin ve cetvel-pergel çizimlerinin bir sınırı olduğunun keşfedilmesiyle, daha önce de ortaya çıkabilirlerdi; ama çıkmadılar. Bu iki araştırma konusu arasında, birçok benzerlikler vardır. Hem Abel, hem Gödel, herkesin çözülebilir olduğunu düşündüğü problemlere el attılar; her ikisi de dikkate değer bir düşünme esnekliği göstererek, bir olanaksızlık teoremi ispatladılar: Abel, bir "olanaklılık teoremi" elde ettiğini düşünürken, son dakikada geri döndü; Gödel ise, aritmetiğin olanaksızlık teoremini açıklamasından birkaç ay öncesine kadar, aritmetikten daha küçük sistemlerin eksiksiz olduğunu ispatlamaktaydı (bu onun doktora teziydi).

Gödel, matematik ifadeleri ile matematik hakkındaki ifadeler (meta-matematik) arasında bir karşılıklılık olduğunu saptadı. Bunu, mantıksal ya da matematiksel ifadelerin ögelerinin her birini, bir asal sayı ile kodlayarak gerçekleştirdi. Bu asal sayıları çarparak elde edilen sayı, ifadenin tümünü tanımlar. Bu sayıya şimdilerde, Gödel sayısı diyoruz. Dahası, her sayı, asal sayıların çarpımı olarak bir tek, ve ancak bir tek yolla ifade edilebildiği için (örneğin, $51 = 3 \times 17$, $54 = 2 \times 3^3$, $9000 = 2^3 \times 3^2 \times 5^3$), bu karşılıklılık da tektir: Her Gödel sayısı, sayılar hakkında bir mantıksal ifadeye karşılık gelir (pek ilginç olmasa da) ve sayılar hakkındaki her ifade, bir Gödel sayısına karşılık gelir.[32] Örneğin, Gödel sayısı $243{,}000{,}000 = 2^6 \times 3^5 \times 5^6$ için mantıksal tümce, asal sayıların kuvvetlerini sırasıyla alarak tanımlanır; yani, 656'dır. Gödel sisteminde 6, aritmetikteki sıfır ' 0 ' objesine, 5 ise ' = ' objesine karşılıktır. Öyle ise, bu Gödel sayısı hiç de ilginç olmayan 0 = 0 aritmetik formülünü temsil etmektedir.

Gödel en önemli adımı aşağıdaki ifadeyi ele alarak atmıştır:

GÖDEL SAYISI X OLAN TEOREM, SAPTANABİLİR DEĞİLDİR

Onun Gödel sayısını hesaplayarak, ifadede X yerine bulduğu sayıyı koyar; sonuç, kendinin ispatlanabilir olmadığını ispatlayan bir teoremdir.[33]

Eksiksiz olmama argümanının başarılı olmasını sağlayan vazgeçilemez özellik, kendine atıf yapma olanağıdır: Aritmetik ile aritmetik hakkındaki ifadeler arasında bire bir karşılık olması. Bu sadece, kendileri hakkındaki ifadelerin, tümüyle sistemlerin içinde kalarak ve bir tek olarak kodlanmasına izin verecek ölçüde karmaşık olan sistemlerde olanaklıdır. Böylece, bir mantıksal ifadenin olanaklı her ögesine bir asal sayı karşılık gelir, bu yolla herhangi bir tam ifade, bir Gödel sayısıyla temsil edilir; bu sayı bir tek biçimde çarpanlara ayrılarak, verilen ifadeye karşılık gelen aritmetik ifade bulunur. Geometri gibi bazı mantıksal teoriler, kendileri hakkındaki ifadelerin bu şekilde, kendileri içine kodlanmasına izin verecek mekanizmalar içermez. Bu teoriler eksiksizdirler.

Mecazi olanaksızlıklar

Gerçekliğin şiirsel olmayan hiçbir betimlemesi, eksiksiz olamaz.
JOHN MYHILL

Gödel ve Turing'in içgüdülerinin mecazi bir uzantısını yaratarak, deneyimlerimize göre ne tür şeylerin formalizmin ve sınırların kapsamı dışında olabileceğini ortaya koymaya yönelik bazı girişimler yapılmıştır. 1952'de Amerikalı Mantıkçı John Myhill'in kullandığı mecaz en ilginç olanıdır.[34] Myhill, matematiksel mantık terminolojisini kullanarak, olanakları üç sınıfa ayırdı: "Etkili" (effective), "yapıcı" (constructive) ve "geleceğe yönelik" (prospective).[35]

Dünyanın en erişilebilir ve ölçülebilir olan yönleri, hesaplanabilir olma niteliğine sahiptir. Bir şeyin belirli bir özelliğe sahip olup olmadığını saptamak için, kesin belirli mekanik bir yöntem vardır. İnsanlar ve bilgisayarlar böyle bir niteliğin varlığına ya da yokluğuna tepki verecek biçimde eğitilebilirler. Gerçeklik, hesaplanabilir bir özellik değildir; asal olma ise öyledir.

Kavranması daha zor olan özellikler grubu ise, sadece listelenebilir olanlardır. Çünkü bunlar için, aranılan niteliğe sahip olanları listeleyen bir yöntem kurabiliriz (ne var ki, listenin tamamlanması için sonsuz bir süre beklemeniz gerekebilir). Buna karşılık, o niteliğe sahip olmayanları listeleyebilen bir yöntem yoktur. Mantıksal sistemlerin birçoğu, listelenebilir olmakla beraber, hesaplanabilir değildir: Bütün teoremler listelenebilir; ancak, verilen bir ifadenin bir teorem olup olmadığını saptayacak mekanik bir yöntem yoktur. Gödel teoremi olmayan bir matematik dünyasında, her ifade listelenebilir olurdu. Turing'in hesaplanabilir olmayan işlemlerinin var olmadığı bir dünyada, dünyanın her özelliği, hesaplanabilir olurdu.

Bu sayfanın gramer bakımından doğru Türkçe özelliğine sahip olup olmadığını saptama problemi, işlemlenebilir bir problemdir. Ancak, Türkçe bilmeyen bir okuyucu için, yine de anlamsız olabilir. Zamanla, okuyucu giderek daha fazla Türkçe öğrenebilir ve sayfanın bazı yerleri anlaşılır olur; ancak bu anlamlı yerlerin sayfanın

hangi konumlarında olduğunu öngörecek bir yol yoktur. Bu nedenle, anlamlı olma özelliği listelenebilir, ama hesaplanabilir değildir.

Nesnelerin her özelliği listelenebilir veya hesaplanabilir değildir. Doğru bir aritmetik ifadesi olma özelliği, buna örnektir. Nitelikler eğer, ne listelenebilir ne de işlemlenebilir iseler, onlara "prospektif" denir: Ne farkedilebilir, ne de sonlu sayıda çıkarım adımlarıyla elde edilebilirler. Onlar yeni ve yaratıcı şeyler için bir yer olduğunu açığa vururlar. Sonlu sayıda kural ve işlemlerle sınırlanamayan şeyler vardır. Güzellik, basitlik, çirkinlik ve gerçeklik gibi şeylerin hepsi, prospektif niteliklerdir. Bütün bu olası örnekleri, sonsuz bir yaşam süresinde bile, üretebilecek sihirli bir formül olamaz. Onlar saymakla tüketilemezler. Hiçbir program ya da formül, güzellik ya da çirkinliğin bütün örneklerini üretemez. Hiçbir program, onları gördüğü zaman, hepsini romantiklerin hayal ettiği şekilde tanıyamaz, biz de tanıyamayız. Myhill'in deyişi ile, "Bu nedenle, Gödel teoreminin estetikteki benzeri şu olabilir: Bütün güzellikleri üretmeye izin veren ve bütün çirkinliklerin üretilmesini dışlayan hiçbir resim ekolü yoktur".

Prospektif niteliklere sadece teknikle ulaşılamaz. Onlar, herhangi matematiksel bir Her Şeyin Teorisi'nin uzamı dışındadırlar. Şiirsel olmayan bir betimlemenin eksiksiz olamamasının nedeni budur.

Özet

Teorem 100: Bu, kitaptaki son teoremdir.
(İspat aşikârdır.)

JOHN HORTON CONWAY*

Bilinçli yaşamın var olması için, örüntülere gerek vardır. Bu örüntülerin betimlemeleri, de matematik dediğimiz şeydir. Ancak, bu örüntüleri, fiziksel gerçekliğin sağladığı kaleydoskopun ötesine genişletebiliriz. Matematiğin örüntülü maskesinin arkasında saklanan inceliklere ilk kez göz attık. Bu yüzyılın ilk yıllarında, Hilbert gibi bazı matematikçiler, matematik dünyasındaki paradoksları ve saptanabilir olmamayı yok etmeye giriştiler. Başlangıçta her şeyin iyi gitme-

sine karşın, hiç beklenmedik bir sonuç ortaya çıktı. Matematiğin mantık bakımından tutarlı ve eksiksiz bir tanımının güvencesine ulaşmak yerine, kendi içindeki referanslara göre, tam tersi ortaya çıktı. Aritmetik, kendinin tutarlı ve eksiksiz olduğunu ispatlayamıyordu. Bu bölümde, bu sonuca götüren kavramları araştırmaya ve onun fiziksel anlamını keşfetmeye başladık. Yüzeysel olarak, doğanın herhangi bir anlamda tutarsız olabileceği düşünülemez. Ancak, belki de zaman yolculuğu böyle bir olasılığa izin verebilir. Bilim, ilahiyat ve bilim kurgunun -yatırım bankacılığının da beklenmedik bir katkısıyla- fikirlerini ele alarak, zaman yolculuğunun fiziksel olarak gerçekten paradoks içerip içermediğini değerlendirdik.

Eksiksiz olmama ve saptanabilir olmamanın keşfi, saptanabilir olan matematiğin gerçekliğine ulaşma yetimize ilişkin daha başka sınırlamalar olduğunu keşfetmemize yol açtı. "Hesaplayıcıları (Bilgisayarları)" ilk kez tasarlayan Alan Turing, onları adım-adım-süreçlerin bir dizisi olarak tanımladı. Bu aygıtların, saptanabilir gerçeklikler kümesinin yalnızca bir bölümünü ispatlayabileceğini gösterdi.

Gödel ile Turing'in keşifleri, çalışmalarının felsefe bakımından sonuçları ile, çağdaş bir ilgi dalgası yarattı. Ancak bunlar, matematikçilerin ispatladıkları ilk "olanaksızlık" teoremleri değillerdi. Bir açıyı cetvel ve pergel yardımıyla üçe bölmek gibi bazı geometrik çizimlerin olanaksız olduğunun ilk ispatı, 19. yüzyılda yapılmıştı. Bu ispatların matematikçi olmayanların dikkatini çekmemesi, ya da fiziksel dünya hakkında matematiksel uslamlamanın sınırlarının daha genel biçimde ele alınmasına yol açmamış olması çok tuhaftır. Son olarak, Gödel ve Turing'in içgörülerinin, aksiyom ve kuralların kapsamı ötesinde olan nitelikleri nasıl izole ettiğini gördük.

Bu bölümde yeni bir tür olanaksızlık ortaya çıktı: Var olduğu ispatlanabilen, en güçlü uslamlama sistemimizi sınırlayan ve çevremizdeki evreni anlamak için yaptığımız uslamlama uygulamalarının hepsinin sonuçlarını tehdit eden bir olanaksızlık.

VIII

Olanaksızlık ve Biz

Politikadaki olanaksızlığın üç kaynağı
-bürokrasi, hizipleşme, seçim- arasında,
tek başına en büyük olanaksızlık kaynağı, bürokrasidir.

ADAM YARMOLINSKY[1]

Gödel Teoremi ve fizik

Gödel'in çalışmasının ve karakterinin Kafka benzeri yönü, onun ünlü Eksiksiz Olmama Teoremi'nde ifade edilmiştir. ... Böylece bilimciler, Kafka'nın "Şato"sundakine benzer bir durumda bırakılmışlardır: Araştırmalarımızı yaparken, hiç bitmeyen koridorlarda hızla aşağı yukarı yürümek, insanlarla karşılaşmak, kapıları vurmak. Ancak, nihaî başarı asla bizim olmayacaktır. Bilim şatosunun hiçbir yerinde, mutlak hakikate bir son çıkış yolu yoktur.

RUDY RUCKER[2]

Gödel'in, matematik sistemlerinin sınırları olduğunu gösteren anıtsal ispatı, felsefecilerin ve bilimcilerin dünyaya bakışına ve bizim onu anlama arayışımıza yavaş yavaş yansımaya başlamıştır. Yüzeysel olarak anlaşılan o ki, insanoğlunun evreni araştırma çabalarının hepsi sınırlıdır. Bilim matematiği temel alır; matematik bütün gerçeklikleri keşfedemez; bu nedenle bilim de bütün gerçeklikleri keşfedemez. Argüman böyle sürüyordu. Zihinlerinde birtakım din savunuculukları taşıyan yorumcular, Gödel'in öne sürdüğü, insan aklının uslamlama gücünün sınırlı olma görüşüne dört elle sarıldılar. Gödel'in çağdaşlarından ve aynı zamanda Hilbert'in öğrencisi olan Hermann Weyl, Gödel'in keşfini, bilimsel araştırmalarında kendine eşlik eden "heyecanı sürekli tüketen" bir etki olarak betimledi. Hilbert'in 1900'de matematikçilere yaptığı ralli çağrısından çok farklı olan bu kötümserlik havası, "öteki matematikçileri" de etkilemişti; o matematikçiler ki, "bilimsel girişimlerinin, dünyada sevme ve öğrenmenin, acı çekme ve yaratıcı olmanın bütünü bağlamındaki anlamına duyarsız değillerdir". Daha yakın zamanda, ilahiyat ve bilim konusunda sıkça yazan Stanley Jaki'ye göre, Gö-

del'in kozmos hakkında bir anlayış edinmemizi engellediği, kaçınılmaz bir gerçektir.

> Öyle ise, büyük ölçüde matematiksel olan hiçbir bilimsel kozmoloji, matematiksel bakımdan, zorunlu olarak kendi tutarlılığının ispatını içeremez. Böyle bir tutarlılık olmadığı zaman, elementer parçacıkların -kuark ve gluonlar da dahil- bütün matematiksel modelleri, bütün teorileri ... kendi a priori gerçekliğine dayanarak, dünyanın ne ise o olabileceği ve başka bir şey olmadığını gösteren bir teori olmanın gerisinde kalırlar. Teori, belirli bir zamanda bilinen fiziksel dünya olaylarının hepsini kusursuz hassasiyetle açıklıyor olsa bile, bu doğrudur.[3]

Gödel'in eksiksiz olmama teorisi de, Jaki'ye göre, evreni anlamada temel bir engeldir:

> Gödel teoreminin gücü dikkate alındığında, öyle görünüyor ki, matematiksel fiziğin cesur sembolik yapısının nihaî temelleri, sonsuza kadar, hem bilgelik hem de benzetmeler ve sezgilerin oluşturduğu belirsizlik ile farkedilen, daha derin düşünme düzeyinin içinde gömülü kalacaktır. Spekülatif fizikçi için bunun anlamı şudur: Kesinliğin hassasiyet derecesinin sınırları vardır; hatta teorik fiziğin soyut düşünmesinin bile bir hudutu vardır. ... Bu hudutun ayrılmaz bir bölümü de, bir düşünür olarak, bilimcinin kendidir. ...[4]

Son on yılda Gödel'in görüşleri, Greg Chaitin'in[5] öncülük ettiği şekilde, onları bilgi ve rasgelelik diline dönüştürerek, daha da aydınlatılmıştır. Bu, Gödel'in görüşlerinin fizikteki sonuçlarına farklı bir bakış açısı getirmiştir. Bilim, veri zincirlerini, aynı bilgiyi taşıyan daha kısa kodlara sıkıştırma arayışıdır. Zincirin kendinden daha kısa olan bir formül ya da kural ile yer değiştirebilen herhangi bir semboller zincirine, *sıkıştırılabilir* diyoruz. Bu yolla kısaltılamayan zincirlere, *sıkıştırılabilir olmayan* diyoruz. Verilen bir zincirin sıkıştırılabilir olduğunu her zaman gösterebiliriz; onun bilgi içeriğinin sıkıştırılmasına izin veren bir örüntüyü saptayabiliriz. Ancak, genel bir semboller zincirinin sıkıştırılabilir olmadığını ispatlamanın hiçbir yolu yoktur. Olabilir ki, semboller zincirini kısaltmak için gerekli olan örüntü, ispatlanabilir olmayan doğrulardan biridir. Bu ne-

denle nihaî teorinizin, nihaî olup olmadığını hiçbir zaman bilemezsiniz. Her zaman, onun daha derin bir versiyonu, daha geniş bir teorinin sadece bir parçası olması mümkündür.

Saptanabilir olmama ile rasgele olma arasındaki bu bağlantılar, Gödel ile makinelerin verimlilikleri arasında, daha başka bağlantılar bulma olanağı sağlar.[6] Saptanabilir olmama, uzak gelecekteki makinelerin verimliliğine sınırlar koyacaktır. Örnek olarak, günümüzde pişirme işi için kullanılan gaz fırınlarını ele alalım. Fırın, içerdeki sıcaklığı öğrenip, kontrol panosuna programlanmış direktifler aktaracak şekilde tasarlanmış mikro-işlemcilerle donatılmıştır. Mikro-işlemciler, bilgileri, üstüne yeni bilgiler ya da direktifler yazılıncaya kadar, geçici olarak depolar. Bu bilgi mikro-işlemcide ne kadar verimli olarak kodlanır ve depolanırsa, fırın da o ölçüde verimli çalışır; çünkü belleğindeki depolama direktiflerini silme ve tekrar yazma gibi gereksiz işlemler en aza indirilmiştir.[7] Ancak Chaitin'in araştırmaları, Gödel teoreminin, bir programın verilen bir işi yapacak en kısa program olup olmadığını hiçbir zaman bilemeyeceğimiz ifadesi ile denk olduğunu gösterdi. Bu nedenle, bir fırının çalışması için gereken direktifleri depolayacak en kısa programı hiçbir zaman bulamayız. Bunun sonucunda, kullandığımız mikro-işlemciler her zaman gereğinden daha çok talimatlar içerir: her zaman bazı fazla bilgiler ve verimsizlik mevcuttur. Uygulamada, bu "mantıksal sürtünme"nin gaz fırınının verimliliğinde yol açtığı azalma, günümüzde, onu gidermek için yapılabileceklerden milyarlarca kat daha azdır. Ancak yine de, bu mülahazalar, bir gün, narin nano-teknik makinelerin çalışmasında önemli, ve herhangi bir teknolojinin nihaî becerilerini saptamak için de vazgeçilmez olabilirler.

Sınırları değerlendirmede insan psikolojisinin oynadığı rolü göstermek için Freeman Dyson gibi bazı bilimciler, Gödel'in, matematik ve bilimin gerçekliklerini keşfetme yetimize sınırlar koyduğunu kabul ederler. Ne var ki bunu, anlaşılmaz biçimde, bilimin hiç durmadan süreceğine güvence verdiği şeklinde yorumlarlar. Dyson, eksiksiz olmamayı, çok hayran olduğu bilimsel girişimin doyuma ulaştığı bir son'a karşı bir sigorta poliçesi olarak görmektedir; çünkü:

> Gödel pür matematik dünyasının tükenebilir olmadığını ispatladı: aksiyomlar ve çıkarım kurallarının hiçbir sonlu kümesi, matematiğin tümünü hiçbir zaman içine alamaz; verilen herhangi bir aksiyomlar kümesi için, aksiyomların yanıtlamadığı anlamlı matematik soruları bulabiliriz. Fiziksel dünyada da buna benzer durumların var olduğunu umarım. Eğer benim gelecek hakkındaki görüşlerim doğru ise, bu demektir ki, fizik ve astronomi dünyaları da tükenmeyecektir; ne kadar uzak geleceğe gidersek gidelim, her zaman yeni şeyler var olacaktır; yeni bilgi gelecektir; araştırılacak yeni dünyalar, her zaman genişleyen yaşam alanı, bilinç ve bellek olacaktır.

Böylece, Gödel'e karşı iyimser ve kötümser tepkileri görmüş oluyoruz. Dyson gibi iyimserler, onun teorisini, insanların araştırmalarının hiç bitmeyeceğinin güvencesi olarak görüyorlar. Onlar bilimsel araştırmanın insan ruhunun önemli bir parçası olduğunu, eğer tamamlanırsa bunun bize yıkıcı bir etki yapabilecek bir parça olduğunu düşünüyorlar. Karl Popper, "sürekli gelişmenin, bilimsel bilginin rasyonel ve deneysel karakteri için vazgeçilmez önemi vardır; eğer bilimin gelişmesi duracak olursa, bu karakterini yitirir." derken kastettiği buydu. Öte yandan, Jaki gibi kötümserlerin yorumuna göre Gödel, insan aklının doğanın sırlarının hepsini (belki de çoğunu) bilmesinin olanaksız olduğunu kanıtlamıştır. Onlar, bilgiye sahip olmayı ve uygulanmasını, onu elde etme sürecinden çok daha önemli görüyorlar. Kötümserler, bilimin insanlara sağladığı temel yararın, bilgi anlayışının kendi olduğunu görmüyorlar.

Düşünürsek, aynı olgudan, birbirinin 180 derece tersi olan iki farklı yorum çıkmasına şaşmamak gerekir. Yaşamdaki birçok şey, aynı aykırılığı sergiler. Her şey, bardağın yarı dolu ya da yarı boş olduğunu düşündüğümüze bağlıdır. Gödel'in kendi görüşü ise, her zamanki gibi, beklenmedikti. Ona göre, matematik ve bilimin gerçekliklerini "görmemizi" sağlayan sezgi, bir gün, matematiğin kendi gibi, saygı duyulan, formal bir araç olarak değerlendirilecekti:

> Bu tür bir algılamaya, yani matematiksel sezgiye duyusal algılamadan daha az güven duymamız için bir neden görmüyorum; duyusal algılama bizi fiziksel teoriler oluşturmaya götürür ve daha sonraki duyusal algıların onlarla uyuşmasını bekler; dahası, şimdi saptana-

> bilir olmayan bir problemin anlamı olduğuna, ve gelecekte saptanabileceğine inanmamızı bekler.[8]

Gödel, kendi eksiksiz olmama teoremlerinden fizik için güçlü sonuçlar çıkarılmasından yana değildi. Kendinden birkaç yıl önce Heisenberg'in keşfettiği, bilme yetimizi sınırlayan bir başka önemli sonuç olan, kuantum mekaniğinin Belirsizlik İlkesi ile hiçbir bağlantı kurmadı. Aslında Gödel, kuantum mekaniğinin söz konusu edilmesinden pek hoşlanmazdı. Aynı enstitüde çalışanlar (gerçekte hiç kimse *onunla* çalışmadı) bu olumsuz tutuma, onun Einstein ile sık sık yaptığı görüşmelerin neden olduğuna inanıyorlardı. John Wheeler'in (her ikisini de tanıyordu) sözleriyle: Einstein "Gödel'in beynini yıkamıştı" ve kuantum mekaniği ve Belirsizlik İlkesine inanmamasını sağlamıştı. Wheeler'in, Gödel'i eksiksiz olmama teoremi ile Heisenberg Belirsizliği arasında bir ilişki olup olmadığı konusunda konuşturma girişimi, Greg Chaitin'in kayıtlarında şöyle anlatılıyor:

> Bir gün, İleri Çalışma Enstitüsü'nde idim ve Gödel'in odasına gittim. Gödel oradaydı. Mevsim kıştı; Gödel'in bir elektrik sobası vardı ve bacakları battaniyeyle örtülüydü. "Profesör Gödel, sizin eksiksiz olmama teoreminiz ile Heisenberg'in belirsizlik ilkesi arasında nasıl bir bağlantı görüyorsunuz?" dedim. Gödel çok kızdı ve beni odasından dışarı attı![9]

Gödel, fiziği engelliyor mu?

> *Havadan daha ağır olan uçma makineleri, olanaksızdır.*
>
> LORD KELVİN (1895)

Matematik, ispatlanabilir olmayan ifadeler içerir; fizik, matematiği temel alır. Bu nedenle fizik, gerçek olan her şeyi keşfedemeyecektir. Bu argüman uzun süredir ortalıkta söylenip durmaktadır. Onun daha gelişmiş versiyonları da vardır; bunlar, gözlemlenebilir nicelikler hakkında öngörüde bulunmak için hesaplanabilir olmayan matematik işlemleri kullanma olasılığına dayanırlar. Stephen Wolfram, matematiksel fizikçilerin bakış açısıyla, şunu ileri sürmüştür:

> Fizik teorilerinin, en önemsizleri dışında, saptanabilir olmadıkları ileri sürülebilir. Teorik fiziğin basitçe formüle edilmiş problemlerinin bile çözülebilir olmadığının ispatı ortaya çıkabilir.[10]

Aritmetik gerçekliklerde, saptanabilir olmamanın, esasen bir istisna değil, bir kural olduğu bilinmektedir.[11]

Bütün bu sorunların ışığında, Gödel teoreminin fiziğin gidişatı hakkında neler söylemiş olabileceğine, biraz daha yakından bakalım. Durum, yorumcuların inanmamızı istedikleri kadar kesin şekilde belirli değildir. Gödel'in eksiksiz olmama argümanının dayandığı kesin varsayımları ele alalım. Gödel teoremi, şunu göstermiştir: Bir formal sistem eğer, (1) *sonlu olarak tanımlanmış ise, (2) aritmetiği içerecek ölçüde geniş ise, ve (3) tutarlı ise,* o zaman *eksiksiz değildir.*

Koşul 1, listelenebilir sonsuzlukta aksiyom olduğu anlamına geliyor.. Onları listeleyebilen kesin belirli bir algoritma yöntemi var olmalıdır. Örneğin, sistemi "aritmetiğin bütün doğru ifadeleri"nden oluşmuş olarak seçemeyiz; çünkü bu küme, verilen anlamda sonlu olarak listelenemez.

Koşul 2, formal sistemin aritmetikte kullanılan bütün sembolleri ve aksiyomları içerdiği anlamına geliyor. Semboller şunlardır: 0, ("sıfır"), A ("ardılı"), +, X, ve =. Böylece, iki sayısı sıfırın ardılının ardılıdır ve AA0 olarak yazılır; ve "iki artı iki dörde eşittir" ifadesi AA0 + AA0 = AAAA0 olarak yazılır.

Gödel teoreminin ispatında, aritmetiğin yapısı temel bir rol oynar. Sayıların, asal olma ve her sayının bir, ve sadece bir yolla, onu bölen asal sayıların çarpanı olarak ifade edilebilmesi gibi özel nitelikleri, Gödel tarafından, matematik ifadeler ile matematik hakkındaki ifadeler arasındaki, can alıcı önemdeki tekabülü ispatlamak için kullanılmışlardı. Bu yolla, "yalancı" paradoksu gibi dilsel paradokslar, Truva atları gibi, matematiğin kendi yapısı içine konabilirlerdi. Sadece, aritmetiği içerecek ölçüde zengin olan sistemlerde, sistemlerin kendileri hakkındaki ifadeleri kendi dillerinde ifade eden bu çeşit bir ensest kodlamaya izin verilir.

Bu koşulların sağlanmadığı diğer bazı örnekleri görmek de aydınlatıcı olacaktır. Eğer sadece ilk on sayıyı (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

ve bunlar arasındaki ilişkileri referans alan bir teori ele alırsak, o zaman Koşul 2 sağlanmaz ve böyle bir mini-aritmetik eksiksizdir. Aritmetik, bireysel sayılar, ya da (yukarıdaki AA0 gibi) terimler hakkında önermeler yapar. Eğer bir sistem böyle bireysel terimler değil de, Öklid geometrisinde olduğu gibi, yalnızca noktalar, çemberler ve doğrular hakkında önermelerde bulunursa Koşul 2'yi sağlayamaz. İlk kez Alfred Tarski tarafından gösterildiği gibi, Öklid geometrisi eksiksizdir. Geometrinin düz, Öklid yapılı olmasının sihirli bir yönü yoktur; eğik yüzeyler üzerindeki Öklid-dışı geometriler de eksiksizdir. Benzer şekilde, eğer sayılar arasında sadece "daha büyük" kavramını kullanan, hiçbir bireysel sayıya atıfta bulunmayan bir mantık teorisi varsa, o da eksiksiz olur: Sayılar hakkında sadece "daha büyük" ilişkisini içeren herhangi bir ifadenin doğru ya da yanlış olduğunu saptayabiliriz.

Aritmetikten daha küçük olan bir başka sisteme örnek de, çarpma işlemi olmayan aritmetiktir. Buna Presburger aritmetiği denir (aritmetiğin bütününe ise, 1899'da onu aksiyomlarla ilk kez ifade eden matematikçinin adıyla, Peano aritmetiği denir). Bu, ilk bakışta insana tuhaf gelebilir. Günlük yaşamda karşılaştığımız çarpma işlemi, toplama yapmanın kısa yoludur (2+2+2+2+2+2 = 2 x 6), ancak aritmetiğin tam mantıksal bir sisteminde, "vardır" ya da "herhangi bir ... için" gibi mantıksal niteleyicilerin olması, çarpmanın art arda gelen toplamalardan oluşmayan yapılarına da izin verir.

Gödel, doktora tezinin bir bölümünde, Presburger aritmetiğinin eksiksiz olduğunu ispatlamıştı: Doğal sayıların toplanması ile ilgili bütün ifadeler ispatlanabilir ya da çürütülebilir; aksiyomlardan yola çıkarak bütün gerçekliklere ulaşılabilir.[12] Aritmetikte toplamayı dışarı atıp, çarpmayı alıkoyarak, yukarıdakine benzer bir sistem de oluşturabiliriz; bu sistem de eksiksizdir. Hem toplama hem de çarpma aynı zamanda var olduğunda eksiksizlik ortadan kalkar. Sistemi, temel işlemlere, üs alma gibi bir başka işlem ekleyerek genişletebiliriz; ama değişen bir şey olmaz. Eksiksizlik sağlanamaz, ama eksiksiz olmanın temelde farklı bir biçimi de ortaya çıkmaz. Aritmetik, karmaşıklığın ayırım sınırıdır.

Gödel'in, fiziğin (ya da başka herhangi bir şeyin) matematiksel teorisinin bize nihaî olarak söyleyebileceklerine sınırlar koymak için kullanılması, Gödel teorisinin oldukça doğrudan bir sonucu gibi görünüyor. Ancak, bu soruya biraz daha yakından bakıldığında, her şey o kadar basit değildir. Bir an için, Gödel teoreminin gerektirdiği koşulların sağlandığını varsayalım. Uygulamada, eksiksiz olmanın anlamı ne olabilir? Gözlemlenen birçok olay için doğru öngörülerde bulunan bir fizik teorisine sahip olma durumunu iyi biliyoruz; ona "standart model" diyebiliriz. Bir gün, bu teorinin hiçbir açıklama getirmediği, beklenmedik bir gözlem yapılabilir. Bu gözlem, onun çerçevesine giremez. Parçacık fiziğinin büyük birleşik teorilerinde bunun örnekleri vardır. Bu teorilerin bazı ilk versiyonlarına göre, bütün nötrinoların kütlelerinin sıfır olması gerekiyordu. Eğer bir nötrinonun kütlesinin sıfır olmadığı (herkesin olmasını beklediği ve bazı deneylerin onu ölçtüklerini ileri sürdükleri gibi) gözlemlenirse, o zaman bu yeni durumun bizim orijinal teorimizde yer alamayacağını biliriz. Ne yaparız? Bir tür eksiksiz olmama durumu ile karşı karşıyayız; ancak teoriyi, yeni olasılıkları içerecek biçimde genişleterek ya da değiştirerek yanıt veririz. Bu nedenle, eksiksiz olmama, uygulamada teorinin yetersiz olduğunun bir işareti gibi görünür.

Aritmetiğe gelince; eğer aritmetiğin bir ifadesinin saptanabilir olmadığı biliniyorsa (bu türden bilinen ifadeler vardır, bu demektir ki, onların hem doğruluğu hem yanlışlığı, aritmetiğin aksiyomları ile tutarlıdır), o zaman, yapıyı değiştirebileceğimiz iki seçenek vardır. İki yeni aritmetik oluşturabiliriz: Biri, saptanamayan ifadeyi bir ekstra aksiyom olarak eklemek; öteki de onun değillemesini, yeni bir aksiyom olarak eklemek. Bu yeni aritmetiklerin de eksiksiz olmayacağı ortadadır; ne var ki, her zaman, herhangi bir eksiksiz olmama durumunu içerecek biçimde genişletilebilirler. Böylece, uygulamada bir fizik teorisi, yeni ilkeler ekleyerek genişletilebilmektedir; öyle ki, bu ilkeler saptanabilir olmamayı, tümüyle, matematik alanının hiçbir fiziksel şey temsil etmeyen etki bölgesine gönderir. Demek oluyor ki, eksiksiz olmamanın doğru olmamadan, ya da

yeterli olmamadan ayırt edilmesi, her zaman olanaksız olmasa da, çok güçtür.

Bu ikilemin ilginç bir örneği, matematik tarihinden gelir. 16. yüzyılda matematikçiler, sonsuz bir listedeki sayıları toplayınca ne olduğunu araştırmaya başladılar. Eğer listedeki sayılar giderek büyüyorsa, o zaman toplam da "ıraksayacak"tır, yani, terimlerin sayısı sonsuza yaklaştıkça toplam da sonsuza yaklaşacaktır. Bir örnek şu olabilir:

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + \ldots\ldots\ldots = \text{sonsuz.}$$

Ne var ki, terimlerin her biri giderek yeterince hızlı olarak küçülürse,[13] o zaman sonsuz sayıda terimin toplamı, sonlu bir limit değere doğru giderek yaklaşabilir. Bu limit değere, serinin toplamı diyeceğiz; örneğin

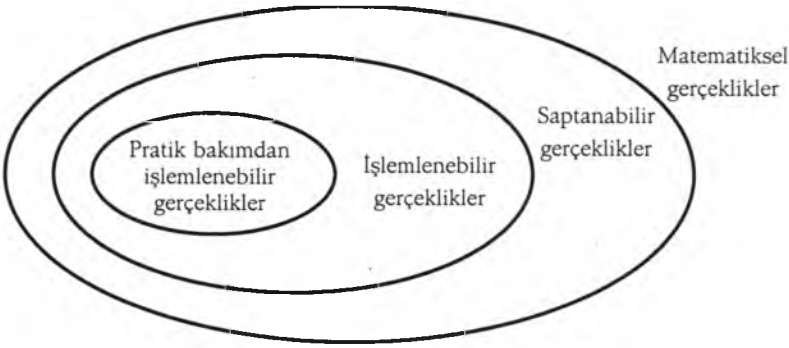
$$1 + 1/9 + 1/25 + 1/36 + 1/49 + \ldots. = \pi^2/8 = 1.2337005 \ldots.$$

Bu, matematikçilerin tuhaf bir tür bitmeyen toplam hakkında düşünmesine yol açtı,

$$1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 = \ldots\ldots = ?????$$

Eğer seriyi (1–1) + (1–1) + ... vb. şeklinde ikili toplamlar halinde yazarsak, bu 0 + 0 + 0 + ... = 0 'dır, toplam da sıfırdır. Ancak eğer seriyi $1 - \{(1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1) + \ldots\}$ yazarsak toplam $1 - \{0\} = 1$ oluyor. Bu şekilde $0 = 1$ olduğunu ispatlamış gibiyiz.

Bu tür belirsiz toplamlarla karşılaştıklarında, matematikçilerin çeşitli seçenekleri vardı: Matematikte, sonsuz sayıdaki toplamları reddedip sadece sonlu sayıdakilerin toplamı ile uğraşılabilir; ya da, Cauchy'nin 19. yüzyıl başlarında gösterdiği üzere, yukarıdaki örnekteki gibi bir serinin toplamı, toplam ile ne kast edildiği daha kesin şekilde belirtilerek tanımlanabilir. Toplamın limit değeri, onu hesaplamak için kullanılan yöntemle birlikte tanımlanmalıdır. $0=1$ gibi bir çelişki, sadece, toplamı bulmak için kullanılan yöntem belirtilmediği zaman ortaya çıkar. İki durumdaki yöntemler farklı olduğu için, iki sonuç da farklıdır. Böylece, bu basit örnek-

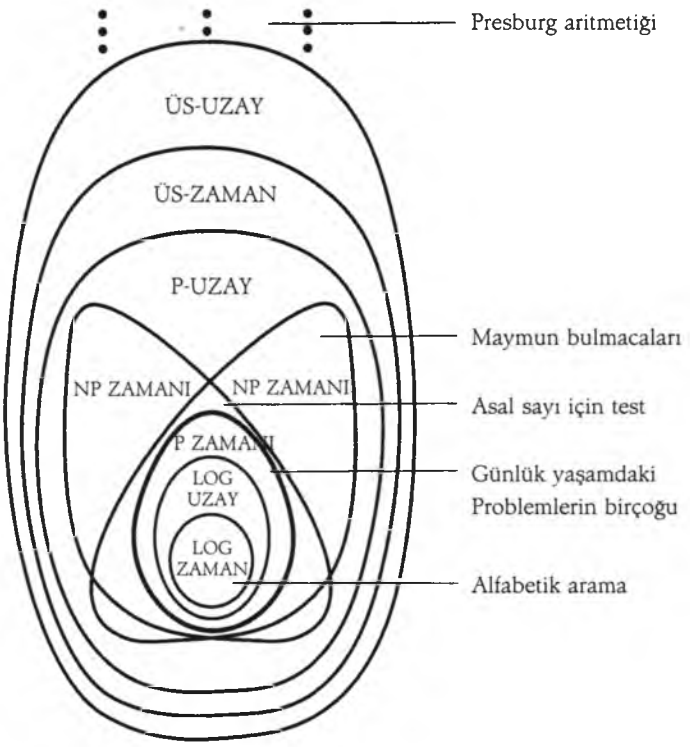


Şekil 8.1. Matematiksel gerçeklikler "evreni", alt kümeler içerir; saptanabilir bütün gerçeklikler, hesaplanabilir bütün gerçeklikler ve pratik bakımdan hesaplanabilir olan (yani bütün işlemlemenin, evrenin yaşı kadar sürede, yaklaşık 15 milyar yılda tamamlanabildiği) bütün gerçeklikler; bkz. Şekil 8.2.

te sınırlamaya yol açtığı görülen kavramı genişleterek sınırın nasıl etkisiz kılındığını görmüş olduk. Iraksak seriler tutarlı olarak halledilebilirler; yeter ki bir seriye ilişkin toplam kavramı uygun biçimde genişletilsin.[14]

Gödel teoremi hakkında bir başka mülahaza da, fizik dünyasının, matematiğin sadece saptanabilir olan bölümünü kullanmasıdır. Matematiğin, olası yapıların sonsuz bir denizi olduğunu biliyoruz. Bu yapıların ve örüntülerin sadece bazıları, fizik dünyasında varlık ve uygulama bulmuş gibi görünüyor. Bunların hepsinin saptanabilir gerçeklikler alt kümesinde olması da mümkündür. Hiyerarşi, Şekil 8.1 ve 8.2'de görülmektedir.

Gödel'in eksiksiz olmama teoremini ispatlamak için gereken koşulların, fizik teorileri için geçerli olmaması da mümkündür. Koşul 1, teorinin aksiyomlarının listelenebilir olmasını gerektiriyor. Olabilir ki, fizik yasaları, bu öngörülebilen anlamda listelenebilir değildirler. Bu, bizim var olduğunu sandığımız durumlardan, yani temel yasaların sayısının sadece listelenebilir olmayıp, aynı zamanda, sonlu (ve çok küçük) olduğu anlayışından, temel bir ayrılmadır. Dibi olmayan bir yasalar kulesinin, sadece yüzeyini tırmalıyor olmamız da mümkündür; bu durumda, deneyimlerimiz üzerinde dikkate değer



Şekil 8.2. İşlemlenebilir gerçeklikler hakkında, uygulama bakımından daha ince ayrıntılar. Bilgisayar işlemleme zamanına (ZAMAN) ve bellek uzayına (UZAY) göre karmaşıklık hiyerarşisi. En basit problemler için (LOG-UZAY ve LOG-ZAMAN), işlemleme gereksinimleri, girdilerin sayısı arttıkça logaritmik olarak büyür. Bir sonraki polinom karmaşıklık düzeyindeki problemler (P-ZAMAN ve P-UZAY) en yaygın olanlardır. İşlemsel bakımdan izlenebilir olmayan bölge, ikiye bölünür: Veri sayısı arttıkça üssel olarak (exponentially) artan işlemleme kaynakları (ÜS-ZAMAN ve ÜS-UZAY) gerektiren problemler ile, Presburger aritmetiği gibi iki kat (ya da daha yüksek) üssel karmaşıklıkta olan problemler şeklinde bir bölünmedir bu. Bölüm 4.'te tartıştığımız örnek problemlerden bazılarının bu şemadaki konumu belirtilmiştir.[61]

etki yapan, sadece onun tepesidir. Ne var ki, eğer sonsuz sayıda listelenemeyen fizik yasaları olsaydı, o zaman eksiksiz-olmamadan çok daha zor bir problemle karşı karşıya olurduk.

Aslında, 1940'da Hilbert'in genç öğrencilerinden biri olan ve kısa bir süre sonra İkinci Dünya Savaşı'nda yaşamını yitiren Gerhard Gentzen, Gödel'in sonuçlarına yan çizerek, sonlu-ötesi

(transfinite) tümevarım yönteminin içerilmesi koşulu ile, aritmetiğin bütün gerçekliklerini çıkarabileceğini gösterdi. Doğanın süreçleri de, böyle sonlu olmayan bir aksiyomlar sistemi içerebilirdi. Eksiksiz-olmamayı, bir şeyi "yapmayı" başaramayacağımız için, sanki istenmeyen bir şeymiş gibi algılamaya yatkınızdır. Ancak durumu tersine çevirip, doğanın tutarlı ve eksiksiz olduğu, ama sonlu sayıda aksiyomlarla yakalanamayacağı sonucuna da varabiliriz Sorunlara getirilen bu insanüstü görünüşte, estetik bakımdan rahatlatıcı bir şey vardı.

Aynı ölçüde ilginç bir konu da, sonlu olmaktır. Fiziksel olasılıklar evreni sonlu olmakla beraber, astronomik büyüklükte olabilir. Ne var ki, yasaların konu aldığı ilkel niceliklerin sayısı ne kadar büyük olursa olsun, sonlu sayıda oldukları sürece, yol açtıkları karşılıklı ilişkiler eksiksiz olacaktır. Her ne kadar sık sık uzay ve zaman noktalarının sürekliliğini varsaymış olsak da, bunun sadece, daha basit matematik kullanılmasına izin verdiği için yapılan bir varsayım olduğunu vurgulamamız gerekir. Uzay ve zamanın, en temel mikroskopik düzeyde ayrık (discrete) değil de sürekli olduğuna inanmamız için derin bir neden yoktur; aslında, bazı kuantum gravitasyon teorileri sürekli olmadığını varsayar. Kuantum teorisi, bir zamanlar olanaklar sürekliliği olduğuna inandığımız bazı yerlere ayrıklık ve sonluluğu getirdi. Eğer süreklilikten vazgeçersek, yani seçebileceğimiz yeterince yakın iki nokta arasında bir başka noktanın olması gerekmezse, uzay-zamanın yapısı çok büyük ölçüde daha karışık olur. Çok sayıda daha karışık şeyler olabilir. Sonlu olma sorusu da, evrenin hacminin sonlu olup olmadığı, doğanın elementer parçacıklarının (ya da en elementer varlıklar her ne ise) sonlu mu ya da sonsuz mu olduğu sorusu ile bağlantılı olabilir. Bu durumda, fiziksel dünyanın nihai mantıksal teorisinin uygulandığı sadece sonlu sayıda terim olabilir. Bu nedenle de, eksiksiz olması gerekir.

Gödel'in sonuçlarının fizik yasalarına uygulanması bakımından ilginç bir olasılık daha vardır: Eksiksiz-olmama teoremindeki Koşul 2'nin sağlanmaması. Bu nasıl olabilir? Doğa yasalarının bilim-

sel araştırmalarında, büyük ölçüde aritmetik ve daha geniş matematiksel yapılar kullanmaktayız. Ancak bu, fiziksel evrenin iç mantığının böyle bir yapıya gerek duyduğu anlamına gelmez. Geniş matematiksel yapıları ve sonsuz gibi kavramları kullanmanın bizim için uygun olduğu kuşku götürmez; ancak, bu, insana özgü bir yöntem olabilir. Evrenin derindeki yapısı çok daha basit bir mantık temeline dayanıyor olabilir; o nedenle de eksiksizdir. Bunun için, bu yapının ya toplama ya da çarpma'dan sadece birini içermesi yeterlidir. Hatırlarsanız, yaptığınız bütün hesaplamalarda, çarpmayı, toplamanın bir kısa yolu olarak kullanmışsınızdır. Bunlar, Presburger aritmetiğinde de yapılabilirdi. Başka bir olasılık daha var: gerçekliğin temel yapısının, geometrik türden basit ilişkileri, veya "daha büyük" ya da "daha küçük" ilişkilerini, veya onların hepsinin ustalıklı kombinasyonlarını kullandığı durumlarda da eksiksizlik korunabilirdi.[15] Einstein'ın genel görecelik teorisinin, kuvvet ve ağırlık gibi fiziksel birçok kavramın yerine, uzay-zaman dokusunun *geometrik* distorsiyonlarını koyması, bu konuda da bazı ipuçları içerebilir.

Fizik yasalarının, eksiksiz olan bir matematik sistemin terimleri ile tam olarak ifade edilebilir olması da mümkündür; ancak uygulamada her zaman, eksiksiz sistemden çok, *doğru* sistem olup olmadığı ile çok daha fazla ilgileniyor olabiliriz.

Konunun, göz önüne alınması gereken önemli bir başka yönü var: Mantık sistemi, eksiksiz olduğunda bile, her zaman, ispatlanabilir olmayan "doğrular" içerir. Bunlar, sistemi tanımlayan aksiyomlardır. Onlar seçildikten sonra, mantık sisteminin yapabileceği şey sadece onlardan sonuçlar çıkarmaktır. Peano aritmetiği gibi basit mantık sistemlerinde aksiyomlar akla yakın ve aşikâr görünürler; çünkü biz geriye dönük düşünmekteyiz -çünkü binlerce yıl boyu sezgisel olarak yaptığımız şeyi, formal biçime getirmekteyiz. Fizik gibi bir konuya baktığımızda, arada koşutluk ve farklılık vardır. Fiziğin aksiyomları ya da yasaları, fizik araştırmalarının ana konusudur. Bunlar hiç de sezgisel olarak aşikâr değildirler; çünkü onlar deneyimlerimizin çok dışında olan sistemleri yönetirler. Bu yasala-

rın sonuçları, bazı koşullarda öngörülemezler; çünkü simetrik olmayan şeylerle ilgilidirler. Sonuçlarına bakarak yasaları çıkarmaya çalışmak ise, bir bilgisayar programı kullanarak tam ve bir tek şekilde yapabileceğimiz bir şey değildir.

Görülüyor ki, fiziksel bilimlerin ve formal sistemlerin araştırmalarında birbirinden tümüyle farklı vurgulamalar var. Matematikte ve mantıkta bir aksiyomlar sistemi ve çıkarım yasaları ile başlıyoruz. Daha sonra, sistemin eksiksiz olup olmadığını göstermeye ve aksiyomlardan olabildiğince çok teorem çıkarmaya çalışabiliriz. Bilimde ise, herhangi bir mantık sisteminin yasalarını istediğimiz gibi seçme özgürlüğünden yoksunuz. Gördüğümüz sonuçlara yol açacak bir yasalar ve aksiyomlar sistemi (en az bir tane sistemin var olduğunu varsayarak) bulmaya çalışıyoruz. Daha önce de vurguladığımız gibi, gözlemlenmiş herhangi bir sonuçlar kümesi için, onlara yol açacak bir yasalar sistemi bulmak her zaman olanaklıdır. Ancak matematikçilerin ve mantıkçıların hiç dikkate almadığı ispatlanabilir-olmayan ifadeler -aksiyomlar ve çıkarım yasaları- bilimcilerin varsaymak yerine keşfetmeyi en çok istedikleri şeylerin ta kendidir. Mantıkçıların yöntemiyle çalışmak için, bir umut şu olabilir: Bir nedenle, sadece bir tane olanaklı fizik yasaları ya da aksiyomları kümesinin var olması. Bu şimdilik bir olasılıktır,[16] ancak gerçek olsaydı bile onu ispatlayamazdık.

Saptanabilir-olmayan fizik problemlerine belirli bazı örnekler verilmiştir. Biraz önce söylenenlerden bekleneceği gibi, bunlar fizik yasalarının ve maddenin en elementer parçacıklarının doğası hak-



Şekil 8. 3. Kararlı ve kararsız dengeler. İki olanaklı konumda duran bir top.

kında temel şeyler içermezler. Onlar daha çok, belirli bazı matematik hesaplamalarını yapma olanaksızlığı ile ilgilidirler; bu da bizim, iyice tanımlanmış bir fiziksel problemde olayların gidişatını saptama becerimizi engellemektedir. Ne var ki, problem matematik açısından iyi tanımlanmış olsa da, bu, saptanabilir-olmamanın var olması için gereken kesin koşulların sağlanmasının mümkün olduğu anlamına gelmez.

Bu türden bir dizi ilginç örnek, Brezilyalı matematikçiler Francisco Doria ve Newton da Costa tarafından verilmiştir.[17] Onlar, Rus matematikçi Vladimir Arnold tarafından yapılan bir meydan okumaya yanıt vererek, herhangi bir denge durumunun kararlı olup olmadığını saptayacak genel bir matematiksel kriter bulmanın olanaklı olup olmadığını araştırdılar. Kararlı bir denge durumu, bir kâsenin dibinde duran bir topun durumuna benzer; kararsız denge durumu, dik olarak dengelenmiş bir iğnenin durumu gibidir -onu birazcık yerinden oynatırsak, dik durumundan uzaklaşır.[18] Bu iki durum Şekil 8.3'de gösterilmiştir.

Denge basit nitelikli olduğunda, bu problem elementerdir; bilim öğrencileri birinci sınıfta öğrenir bunu. Ancak denge, rekabet eden çeşitli etkinlikler arasındaki daha karmaşık bağlantılar arasında sağlanmış ise, problem kısa sürede daha zor bir hal alır. Rakip sadece birkaç kuvvet olduğu sürece, dengenin kararlı olup olmadığı, durumu yöneten denklemlerin incelenmesi ile yine de saptanabilir. Arnold'un çağrısı, kaç tane yarışan kuvvet olursa olsun, ve aralarındaki ilişkiler ne kadar karmaşık olursa olsun, her zaman saptamanın yapılıp yapılamayacağını söyleyen bir algoritma keşfetmek içindi. Keşfetme ile kast ettiği şey de şuydu: İçine dengeyi yöneten denklemler ve kararlılık tanımını koyunca, dışarıya "kararlı" ya da "kararsız" yanıtını çıkaran bir formül bulmak.

Ancak yanıt çarpıcı oldu; da Costa ve Doria böyle bir algoritmanın var olamayacağını keşfettiler. Kararlılığı saptanamayan matematik denklemlerinin özel çözümlerinin tanımladığı dengeler vardır. Matematiksel fizikte, saptanabilir-olmamanın gerçek önemi olan problemler üzerinde çarpıcı bir etki yaratması için, dengelerin çok

çok fazla sayıda farklı kuvvetler arasındaki karşılıklı etkileri içermesi gerekir. Bu tür dengeler yok sayılmasa da, henüz hiçbir gerçek fiziksel problemde ortaya çıkmamıştır. Daha sonra, da Costa ve Doria benzer problemler bulmaya giriştiler; örneğin "bir parçacığın yörüngesi kaotik olacak mı?" gibi basit bir sorunun yanıtının, Gödel-saptanamazı türünden olduğu problemler. Başka bazıları da, formal olarak saptanabilir-olmayan problemler bulmaya çalıştı. Formal olarak saptanabilir-olmayan problemler bulmaya çalışan başkaları da vardı. Geroch ve Hartle, kuantum gravitasyonundaki bazı problemleri ele aldılar. Problemler, gözlemleme potansiyeli olan niceliklerin değerlerini öngörmekle ilgiliydi. Bu değerler, Turing'in saptanabilir-olmayan işlemler kategorisinde oldukları bilinen bazı terimlerin toplamı ile ifade ediliyor *(bkz. Not 19)*. Pour-El ve Richards, dalga denklemi gibi fizikte sıkça kullanılan basit diferansiyel denklemlerin, başlangıç verileri çok düzgün olmadığı zaman, hesaplanabilir-olmayan sonuçları olduğunu gösterdi.[20] Bu düzgün-olmama, matematikçilerin kötü-sorulmuş problem dedikleri şeye yol açar. İşlemlenebilir-olmamaya yol açan da bu özelliktir. Ancak Traub ve Wozniakowski, her kötü-sorulmuş problemin, oldukça genel koşullar altında, ortalama olarak bir iyi-sorulmuş problem olduğunu gösterdiler.[21] Wolfram, yoğun-madde fiziğinde ortaya çıkan izlenebilir-olmama ve saptanabilir-olmama örnekleri vermiştir.[22]

Einstein'ın genel görecelik teorisinin incelenmesinde de, eğer içerilen matematiksel nicelikler sınırlı değilse, saptanabilir-olmayan problemler ortaya çıkar.[23] Ne zaman Einstein'ın denklemlerinin tam bir çözümü bulunsa, onun farklı biçimde yazılmış bilinen bir çözüm olup olmadığını araştırmak gerekir. Bu, genellikle araç kullanmadan araştırılır; ama karışık çözümlerde bilgisayar yardımcı olabilir. Bu amaç için cebirsel işlemlere programlanmış bilgisayarlara gerek vardır. Onlar, çeşitli nicelikleri sınayarak, bulunan çözümün, bellek bankasındaki bilinen çözümler arasında var olan bir çözüme denk olup olmadığını bulmaya çalışırlar. Şimdiye kadar karşılaşılan uygulamalarda bu test yöntemi, az sayıda adımlardan sonra kesin bir yanıt vermiştir. Ne var ki, genel olarak bu karşılaş-

tırma yöntemi, saptanabilir-olmayan bir süreçtir; pür matematiğin bir başka ünlü saptanabilir-olmayan problemine denktir: Grup teorisinin "sözcük problemi"ne.

Bu tartışmalardan çıkarmamız gereken sonuç şudur: Fizik, temel amacı olan evreni anlama çabasında matematiği kullandığı için, Gödel'in buna doğrudan bir sınırlama getirdiği sonucuna varmak hiç de aşikâr değildir. Doğanın kullandığı matematik, eksiksiz-olmama ve saptanabilir-olmama için gereken matematikten daha küçük ve daha basit olabilir. Ancak yine de, bilimde işlemsel bakımdan izlenebilir-olmama ve saptanabilir-olmamanın merhametine kalmış olan problemler, daha küçük bireysel problemlerdir.

Gödel, mantık ve insan aklı

İnanıyorum ki, eğer ölüm cezası olsaydı insanlar şimdi sağ olurdu.
NANCY REAGAN

Gödel'in sonuçlarının en ısrarlı kullanımı, insan aklının bir şekilde, bilgi-işlem makinelerinden üstün olduğunu ileri sürmek şeklindedir. Bazılarının, aklın makinelerden üstün olduğunu kanıtlamak için, insan aklının yanılabilir oluşunu kullanmaları bir çelişkidir. Çünkü makine, içine programlanmış olan mantığa körü körüne itaat eder; Gödel'in büyüsü altındadır ve kendi dilindeki bütün ifadelerin doğru ya da yanlış olduğunu saptamaktan acizdir. Öte yandan, ileri sürüldüğüne göre, insan aklı gerçeğe varmak için çıkarımsal argümanların kölesi değildir; tahmin, sezgi, tümevarım ve çıkarımsal akıl yürütmeye dayanmayan, başka her şeyi kullanabilir.

Jaki'nin iddiasını okuyalım:

> Gödel teoremi, insan aklının, kendi ürettiği en gelişmiş bilgisayarlar gibi şeylerden çok çok daha üstün olduğuna ışık tutmaktadır.[24]

Ya da Nagel ve Newman'ın düşündüklerini:

> Gödel'in sonuçları, insan beyninin matematiksel zekâsına erişecek bir hesap makinesinin yapılıp yapılamayacağı sorusuyla ilgilidir. ... Gödel'in gösterdiği gibi ... elementer sayı teorisinde, sabit aksiyo-

> matik yöntemin dışında kalan sayısız problem vardır; ve de bu makineler, içlerindeki mekanizmalar ne kadar karmaşık ve ustalıklı olursa olsun, ve işleyişleri ne kadar hızlı olursa olsun, bunları yanıtlamaktan acizdirler. ... beyin, şu anda tasarlamış olduğu yapay makinelerin yapısından çok daha güçlü olan bir işlem kuralları yapısı içermektedir ... insan zekâsının kaynakları tam olarak formalize edilmemiştir, edilemez de, ve de yeni ispatlama ilkeleri her zaman icat veya keşif edilmeyi beklemektedir.[25]

Bazıları da bu sonuçlara şiddetle karşı çıkmıştır, Felsefeci Michael Scriven'in, Nagel ve Newman hakkındaki yorumu da aşağıda:

> Nagel ve Newman, bir bilgisayara verilen aksiyomlar ve çıkarım kuralları ne olursa olsun, onun bu aksiyomları ve çıkarım kurallarını kullanarak "ulaşması" asla mümkün olmayan matematiksel gerçeklikler olabileceği olgusundan etkilenmişlerdir. Bu doğrudur; ancak, bir makineye aksiyomlar ve çıkarım kuralları verdiğimizde, ona matematiksel gerçeklikler hakkında yeterli bir fikir vermiş olduğumuz varsayımı ise doğru değildir. ... Gödel teoremi bilgisayarlara, bize getirdiğinden daha fazla bir engel değildir. ... Ancak, nasıl ki biz, ispatlanamayan bir formülün doğruluğunu, onun ifade ettiği ile bizim ne olduğunu bildiğimizi karşılaştırarak farkedebiliyoruz; bilgisayar da aynı şeyi yapabilir.[26]

İnsan aklının bilgisayara kıyasla çok daha üstün olduğunu savunan en ünlü makale, Oxford felsefecisi John Lucas'ın "Akıllar, makineler ve Gödel" makalesidir. Ona göre:

> Bilinçli bir varlık, Gödel'in yol açtığı soruları, bir makinenin yapamayacağı şekilde ele alabilir. Çünkü bilinçli bir varlık hem kendi, hem de yaptıkları üstünde düşünebilir; ama yine de, işi yapandan farklı bir şey değildir ... Bir makine, yaptığı işi "düşünmeye" muktedir kılınabilir. Ancak bunu kendi de değişmeden "dikkate alamaz"; yani artık "yeni bir parça" eklenmiş bir makinedir. Buna karşı, ... bilinçli bir akıl ... hiçbir yeni parça gerektirmeden ... kendi üzerinde düşünebilir. [27]

Bu argüman, bilişsel (cognitive) bilimlerde çok eleştiriye yol açmıştır. Bunların bir bölümü Duglas Hofstadter'in yazılarından bulunabilir.[28] Rudy Rucker ve Roger Penrose, daha sonra, Lucas'ınkine benzer argümanlar geliştirdiler.[29] Rucker, Evrensel Gerçeklik

Makinesi (Universal Truth Machine, UTM) adını verdiği nihaî bir yapay zekâ makinesini ele alıyor. Sonra da Gödel'in, UTM'nin hiçbir zaman ifade edemeyeceği bir gerçekliği yapılayabileceğini gösteriyor. Bu nedenle, Gödel'in tümcesi:

> UTM'nin bilmediği, amą bizim yanıtını bildiğimiz belirli bir matematik problemidir! Öyle ise UTM, en gelişmiş ve nihaî bir matematik teorisi içermiyor ve içeremez.[30]

Bu argümanı Penrose da tekrarladı ve beyinde algoritmik olmayan belirli bir sürecin işlediğini savunmak için bir atlama tahtası olarak, onu kullandı. Bu çok kapsamlı argüman, çok eleştiri aldı. Penrose bunların bazılarını halletti.[31] Ancak, insan sezgisinin makine "zekâ"sına üstün olduğunu kanıtlamak için Gödel'in ispatlanabilir olduklarını kendileri kanıtlayan tümcelerini kullananlara en ilginç tepki, John Lucas ile kavramsal bilimci Christopher Longuet-Higgins ve felsefeci Anthony Kenny arasındaki bir münazara sırasında ortaya çıktı. Tartışma, Edinburgh Üniversitesinde, Gifford Konferanslarının "Aklın Doğası" bölümünde yer aldı.[32] Bu tartışma, insanlar ve makineler arasında, birinin öne sürebildiği, ötekinin bunu yapamadığı şeyler bakımından, simetrik bir ilişkiyi öne çıkarmaktaydı. Her insanın ve her makinenin, ötekilerin mantıksal olarak öne süremeyeceği bir ifadesi vardır; ancak bu, onu yapan her kim ise onun özel yeteneklere sahip olduğu demek değildir. Kenny şu argümanı ele alıyor:

> John Lucas'ın insan aklının makine olmadığını, çünkü algoritmik olarak çalışan herhangi bir makineye karşı bizim, Gödel formülüne benzeyen bir şey ortaya koyabileceğimizi ileri sürdüğünü anımsayalım ... ona, doğru olduğunu bildiğimiz bir formül verebiliriz; ama makine bunun doğru olduğunu kanıtlayamaz ... Lucas'ın eleştirmenlerinden biri şunu söyledi: "... Şu tümceyi ele alalım: 'John Lucas tutarlı olarak bu yargıda bulunamaz' ... John Lucas dışında herkesin bunun tutarsız olmadan doğru olduğunu göreceği açıktır. John Lucas'ın bu yargıyı tutarsız olmadan yapamayacağı da açıktır. Bu, bizim, onun sahip olmadığı bir özelliğe sahip olduğumuzu gösterir; bu da bizi, bilgisayarlara üstün olduğumuz ölçüde, ona da üstün kılar ..."

Penrose'un görüşleriyle de ilgili benzer ve daha ayrıntılı bir argüman, bilgisayar bilimcisi John McCarthy tarafından İmparatorun Yeni Usu[33] (*The Emperor's New Mind*) makalesinin yorumlanma yazısında yer aldı. Bütün bu tartışmaların arkasında sanki, hep aynı varsayımın gölgesini görür gibiyiz. Aklın çalışmasına mantıksal bir işlemleyici olarak bakıldığında onun hata yapmaktan âri olduğunu öne süren varsayımdır bu. Buna inanmak için sahiden geçerli olan bir neden yoktur (inanmamak için ise daha çok neden var !). Beyin, sürüp giden bir evrim sürecinin bir aşamasıdır. Beyin matematik yapma "amacı" için evrim geçirmemiştir. Evrimlerin hemen çoğunda olduğu gibi, onun bütün ürettiklerinin kusursuz -ya da neredeyse kusursuz- olması gerekmiyor; sadece daha önceki basımlardan daha iyi olması -ve seçenek avantajı sunmak için yeterince iyi olması- gerekir. Eğer aklın hata yapabileceğini kabul edersek, Gödel tümcelerini değerlendirmenin önemi kalmaz. Sonunda akıl hakkında, eksiksiz olmamaktan çok, tutarlı olmamak sonucuna varmamız gerekir. Bu nedenle, onu algoritmik makinelere kıyaslayarak değerlendirmek konusunda söylenebilecek hiçbir şey yoktur.

Özgür irade problemi

Özgür iradeye inanmak zorundayız. Başka seçeneğimiz yok.
ISAAC SINGER[34]

Gödel'in kullandığı argüman tarzının bir benzeri, ilk kez Karl Popper tarafından, özgür irade, kendini tam-olarak tanıma, gerekircilik (determinizm) konularına uygulanmıştır. *British Journal for the Philosophy of Science*'ın 1950'deki ilk sayısında yayınlanan iki makale ile bu konulara el atmıştı.[35] Popper, gerekirci bir bilgisayarın, eğer gelecekteki kendi durumu hakkında öngörüde bulunacak şekilde düzenlenmiş ise, geçerliliği sürekli olan bir öngörüde bulunamayacağını göstermişti. Bunun nedeni, düzenleme sürecinin zamanla geçerliğini yitirecek olmasıydı. Fizikçiler, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesinin kusursuz ölçmeyi olanaksız kılan açıklayıcı resmini biliyorlardı. Çünkü araştırılan boyut giderek küçüldüğünde, ölçme ey-

leminin kendi, giderek artan biçimde sistemi etkileyecektir. Popper bu etkilemenin mantıksal eşdeğerlisini kullandı. Bu, daha önce Gödel ve Turing'in öne sürdüğü gerekçelerin basit bir sonucudur: Bu ikilem, otobiyografisi kendi yaşam-hızına ayak uyduramayan, kurgusal Tristram Shandy'nin ikileminden pek farklı değildir. Çünkü:

> İnsanın kendini tam olarak öngörmesi için, insanın kendini tam olarak öngördüğünü öngörmesi gerekir; sonra da insanın kendini tam olarak öngördüğünü öngörürken, kendini öngörmesi gerekir. Bunun bir sonsuz geriye-gidiş olduğu açıktır.[36]

Bu argüman, İngiliz bilişsel bilimci Donald Mackay tarafından benimsenerek, özellikle teolojik ve felsefi sorulara uygulanmıştır. Mackay, din ve bilimde ortak olan konularda sıkça yazan bir bilimciydi. Kısa ve mantıksal bir biçemi vardı ve yaklaşımı, onun Calvinist geçmişinden görüntüler yansıtıyordu. Özgür irade ve gerekircilik konularındaki ilgisi uzun sürelidir. Gerekircilik, kadercilik ve özgür irade tartışmalarının çoğunda saptamış olduğu kargaşayı açıklığa kavuşturmak için, Gödel ve Popper'in argümanlarını kullandı. Argümanları hem mantık bakımından hassas ve kesindi, hem de çok açık ve dolaysızdı. Bu nedenle yazıları, genel okuyucuya hitap eden birçok dergide yer aldı. Bunlar arasında, BBC'nin haftalık dergisi *The Listener*'ın Mayıs 1957'deki iki sayısının da olması dikkate değer.

Mackay, bizden tümüyle gerekirci olan bir dünya düşünmemizi istiyor (kuantum mekanik belirsizliği ve ölçü aletlerinin sonlu hassasiyetlerini şimdilik unutalım). Bütün olayların, hatta kişisel kararların ve görüşlerin, doğanın kesin yasalar sistemiyle tümüyle önceden belirlendiği varsayılıyor. Bu, Laplace'ın hayalinin gerçekleşmesidir. Şimdi soruyoruz: bu dünyada bir başkasının davranışını tümüyle öngörmek, ilkesel olarak bile, mümkün olabilir mi?

İlk bakışta, olabileceğini düşünebilirsiniz. Daha yakından bakın. Öğle yemeği için çorba ile salata arasında bir seçim yapmak durumunda olan bir kişiyi düşünün. Bu kişinin beyninin tam durumunu bildikten başka, o andaki bütün evrenin durumunu da bilen bir beyin-bilimci getirsek, onun, yemek seçiminin ne olacağını doğ-

ru olarak söyleyip söyleyemeyeceğini sorabiliriz. Yanıt "hayır" dır. Seçecek kişi her zaman inatçı olabilir ve "Eğer çorbayı seçeceğimi söylersen ben de salata seçerim, ya da tersi" gibi bir strateji izleyebilir. Bu koşullar altında, eğer bilimci öngörüsünü açıklarsa, kişinin neyi seçeceğini yanılgısız olarak bilmesi mantıksal olarak olanaksızdır.

Bu, bilimcinin seçimi yanılmadan *bilmesinin* olanaksız olduğu anlamına gelmez. Bu bilgiyi kendine sakladığı sürece, yemeği seçecek olan kişinin düşünceleri ve eylemleri konusundaki gerekirci teorinin yanılmazlığı sürüp gidebilir. Başka kişilere söyleyebilir. Hatta öngörüsünü bir parça kağıda yazarak kişi yemek seçimini yaptıktan sonra ona gösterebilir. Her iki durumda da öngörüsü doğrudur; o kişinin farkında olduğu ve özgür seçimini etkileyecek herhangi bir baskı da yapmamıştır. Sadece o kişiye öngörüsünü bildirmeye karar verdiği zaman, denge onun aleyhine bozulur ve seçici, eğer isterse her zaman, onun öngörüsünü yalanlayabilir. Öngörü açığa vurulursa, eylemlerini öngördüğü kişi için koşulsuz bağlayıcı bir etkisi olmaz. Kişi her zaman öngörüyü yalanlayacak biçimde davranabilir. Bunu yapmak zorunda değildir; ama yapabilir; emin olamazsınız.

Şimdi argümanı biraz daha açalım. Sizin beyninizin bir andaki durumunu biliyorsak, bir sonraki eyleminizi öngörmek için eksiksiz bir teoriye sahip olduğumuzu varsayalım. Bunu yapmadaki ustalığımızı göstermek için, öngörülerimizi başka kişilere açıklıyoruz ve onların hepsi de öngörü uyarınca davrandığınızı söylüyorlar. Beyniniz 1 durumunda olduğu zaman, sizin P(1) gibi davranacağınızı öngördüğümüzü varsayalım. Eğer P(1) öngörüsü size gösterilirse, ona inanmanız doğru mudur?

Önce, P(1) öngörüsüne inanmanın beyin durumunuz üzerindeki etkisini düşünmemiz gerekir. Eğer öngörüye inanmanız, beyninizi durum 2 'ye getirmiş ise, o zaman P(1) öngörüsüne inanmanız, beyninizi, öngörünün dayandığı durumdan farklı bir duruma getirmiş olur. Bu yeni beyin durumu, 2, yeni bir P(2) öngörüsüne yol açar. Buradaki temel soru, öngörülerimizin P(1) öngörüsünün sizce bilin-

mesinin etkilerini de içereceği bir şekilde, bir P(2) öngörüsü yapıp yapamayacağımızdır. Eğer bu yapılırsa o zaman P(2) 'nin sizin inanmanız için doğru olduğunu ileri süremeyiz. Çünkü, P(2) öngörüsüne yol açan, beynin 2 'nci durumudur ve eğer siz P(2) 'ye inanırsanız bu, beyin durumunu 2 'den yeni bir 3 durumuna değiştirir ve P(2), o durumun yol açacağı eylem için doğru öngörü *değildir*. Sizin davranışınız hakkında yapabileceğimiz herhangi bir öngörünün doğruluğu, sizin ona inanmamanız koşuluna bağlıdır.

Bu ilginç bir durumdur. Genellikle, "gerçek" olan bir şeyin herkes için gerçek olduğunu düşünürüz. Burada ise bu evrensellik yoktur. Beyin durumları ile bilgi arasındaki karşılıklı ilişki gelecek hakkında mantıksal bir belirsizliğe yol açıyor: Bir şeyin başkaları tarafından öngörülebilir olması ile kişi için kaçınılmaz olması arasında bir fark vardır.

Burada Mackay'in amacı, beyin eyleminin gerekirci modelinin, bireylerin seçme özgürlüğüne (normal koşullar altında) sahip olduğu inancını dışlamadığını göstermektir. Bunun için kuantum belirsizliklerine ya da hesaplanabilir olmama gibi kavramlara başvurmuyor. Ayrıca, bir insanın düşünce ve duygularının beyin tarafından kodlanması konusunda olanaklı en güçlü varsayımda bulunuyor: Gördükleri, işittikleri, hissettikleri, inandıkları, vb... her şeyin, fiziksel beyin durumlarında tamamen ve benzersiz olarak kodlandığı varsayımı. Böylece, bir şey hakkında inancını değiştirme (yani fikrini değiştirme), bir beyin durumundan bir başkasına belirli bir dönüşümle temsil edilebilir.

"Özgürlük" ile ne kastettiğini açıklamak için Mackay şunları yazıyor:

> Bir insana özgür demekle (a) eylemlerinin hiçbir kimse tarafından öngörülemeyeceğini kastedebiliriz. Ben buna kapris özgürlüğü diyebilirim; (b) kişinin kararının sonucundan kendinin sorumlu olduğunu kastedebiliriz. Şu anlamda ki, eğer o kişi karar almazsa, karar alınmayacaktır; kararı alma konumunda olan odur; ve de, kararın sonucunun belirleyici nitelikleri tam olarak önceden bilinmemektedir. Eğer onları bilmiş olsaydı, kaçınılmaz olarak kabul etmesi doğru olacak, yalanlaması olanaksız olacaktı.[37]

Mackay bu argümanı ilahî ön-bilgi (foreknowledge) sorusuna da uygulayarak şöyle demektedir:

> İlahi ön-bilgi, -eğer sadece biz bilse idik,- ona inanmamızın doğru olacağı bir şey değildir -çünkü bu bizim için (Tanrı'dan farklı olarak) bir çelişki içerirdi.[38]

Buradan hareketle, (sinir sistemiyle ilgili) fiziksel gerekirciliğin, "(insan özgürlüğünün ve sorumluluğunun gerçekliğini reddeden) metafiziksel gerekirciliği" kaçınılmaz kılmadığı sonucuna varmaktadır. Dahası, birçok kişinin kaderin teolojik doktrini olarak kabullendiği şey, mantıksal bakımdan olanaksızdır. Bunun mantığındaki ciddi bir yanlış anlama, geçmişteki tartışmaların konusu olmuştu:

> Bu olanaksızlık, ilahi kader doktrininin tek bir anlama geldiğini düşünenlere tuhaf gelebilir. Bu tek anlam şudur: Tanrı'nın bildiği ve bizim bilmediğimiz, bizi ve geleceğimizi (bizim şimdiki ve henüz yapmamış olduğumuz, gelecekte yapacağımız seçimler de dahil) belirleyen bir yazgımız vardır; eğer bilseydik o bağlayıcı olurdu. Ama artık böyle bir iddia ile Tanrı'yı yüceltmiş olmadığımızın aşikâr olduğunu umarım; çünkü sadece kendimizi onda kendiyle çelişen bir mantık gördüğümüz sanısına yönlendirmiş oluruz. Şu anda herhangi bir yazgıdan haberdar değiliz. Eğer varsa, onun bizleri, ona inanmayan olarak tanımlaması gerekir. Bu durumda ona inanmakla hata yapmış oluruz. Çünkü ona inanmamız, onu yalanlamak olurdu. Öte yandan, yazgımızı bizim ona inandığımız şekilde değiştirmenin de yararı yoktur. Çünkü inanmış olsaydık doğru olacak olsa da, şu anda bu doğru değildir ve ona inanmamakla hata yapmış olmuyoruz. Demek oluyor ki geleceğimizin ilahi yazgısı, tuhaf görünse de, bizim hakkımızda, bizim bilmediğimiz koşulsuz bir iddiada bulunamaz.
>
> Sanırım bu, hem Arminianizm ile Kalvenizm arasındaki teolojik tartışmanın, hem de fiziksel veya psikolojik gerekircilik arasındaki felsefi anlaşmazlığın ardında yatan yanılgıyı göstermektedir ... ve özgürlükçülüğün insanın sorumluluğuyla ilişkisi ... hatta Tanrı'nın bizim yaşamımızdaki en ufak ayrıntılara egemenliği bile, özgür olduğumuz inancımızla çelişmiyor. Özgürlüğü, eğer bilseydik inanmamızın doğru olacağını ve inanmamamızın yanlış olacağını saptayan herhangi bir spesifikasyonun önceden var olmadığı, anlamında kullanıyoruz.[39]

Yukarıda verilen görüşler, açıklama ya da öngörme ile ilgili herhangi türden çalışmalara açık ve basit bir mesaj gönderiyor: tümüyle gerekirci olayların, öngörülemeyen yönleri vardır.[40]

Popper ve Mackay'in argümanlarından çıkarılabilecek bir başka ikilem vardır. Mackay hayalinde, öngörüleri yapan bir Üstün-varlık canlandırır ve bu Üstün-varlığın öngörülerinin konusu da iki farklı "akıl"dır. Ancak onlar aynı ve tek olurlarsa ne olur? Varsayalım ki ben, beynin ve dışındaki evrenin çalışmaları hakkında o kadar çok şey biliyorum ki, yemekte ne yiyeceğimi hesaplayabilirim. Ayrıca, benim epeyi de aksi olduğumu ve hesaplarımın benim yiyeceğimi öngördüğü şeyi özellikle yememeğe karar verdiğimi varsayalım. Böylece, ne seçeceğimi öngörmeyi mantıksal olarak olanaksız kılmayı başarmış oluyorum. Ne var ki, eğer makul olmaya karar vermiş olsaydım, hesaplarım bana ne yiyeceğimi öngördüyse, özellikle onu yemeyi seçerdim. Bu durumda gelecekteki eylemlerimi başarıyla öngörmüş olurdum -ama sadece ben öyle yapmayı seçmiş isem. Bu demektir ki, kendi geleceğimi öngörüp görmeme benim elimdedir.

Bunun Üstün-varlık için ne türden bir ikilem oluşturduğuna bir bakalım. Eğer inatla öngörülerinin yapacağını söylediği şeylere ters yönde davranmayı seçerse, evren tümüyle gerekirci olsa bile, o geleceği öngöremez. O halde, evrenin tüm yapısını bilemez. Eğer ters davranmak isterse, Her Şeyi Bilen olmak mantıksal bakımdan onun için olanaksızdır. Ancak ters davranmak istemezse, Her Şeyi Bilen olabilir. Ne yapacağını öngören ve öngördüğü gibi davranmayan hiçbir varlık, ne yapacağını öngöremez.

Tepki oyunu

Olayları, ancak onlar gerçekleştikten sonra öngörebilirsiniz.
EUGENE IONESCU[41]

Ekonomik tahminlerin hava durumu tahminlerine benzemediği dile getirilmiştir: Ekonomik tahminler ekonomiyi değiştirebilirler; ama hava durumu tahminleri hava durumunu değiştiremezler. Eko-

nomik tahmin gibi bir eylemde, Mackay'in insanların yaptığı seçimleri dikkate alarak gösterdiği gibi, yapılan tahminin, tahmin etme sürecine kaçınılmaz olarak bağımlı olduğu görülür. Ne var ki, bu aşikâr soruna karşın, Nobel ödülü sahibi ekonomist Herbert Simon'un, "seçmenlerin tepkilerine göre otomatik uyarlamalar yapılarak, onları dikkate alan seçim tahminleri yapmanın olanaklı olacağı" yolundaki hatalı iddiası, ilginçtir. Siyaset bilimciler bu probleme "Tepki Paradoksu" adını vermişlerdir. Ancak onların Popper ve Mackay'in bu konudaki çalışmalarından hiç haberleri olmadığı anlaşılmaktadır.[42] Hatta Simon o kadar ileri gitmektedir ki, vardığı sonucun "bu nedenle, (toplumsal) öngörülerde bulunmanın *mantıksal bakımdan mümkün* olmadığını" ileri süren iddiaları çürüttüğünü iddia eder.[43]

Simon, 1954'te yazdığı "Bandwagon and underdog effects in election predictions"[44] (Seçim öngörülerinde, favori olanla şansı az olanın etkileri) makalesinde, *öngörülerin seçmenlere açıklandığı durumda bile* doğru öngörülerde bulunmanın olanaklı olduğunu ispat ettiğini iddia eder. "Bu ispat, genellikle sosyal davranışların doğru öngörülerinin, ilke bazında olanaksız olduğuna ilişkin iddiaları da çürütür" diyerek, Popper ve Mackay ile çelişen (onların çalışmalarından haberi olmaksızın) bir sonuca varır.

Aslında Simon'un ispatı yanlıştır. İspatında, matematikteki Brouwer Sabit Nokta teoremini,[45] teoremin koşullarını sağlamayan bir durumda kullanmıştır. Teoremin uygulanabilmesi için, sonsuz sayıda seçmene ve öngörüler ile tepkilerin sürekliliğine gerek vardır. Bu yanlış "teorem"in siyaset bilimi literatüründe hâlâ oldukça önemli bir yeri olması çok şaşırtıcıdır. Hiçbir seçim strateji uzmanının ona çok fazla güvenmeyeceği umulur. Henry Brooks Adams'ın dediği gibi, "Pratik politika, gerçekleri yok saymaktan oluşur" -ancak bu riskli bir uygulamadır.

Gerçekte, Karl Aubert göstermiştir ki, eğer tepki problemi, seçim öncesi tahminlere *sonlu* sayıda farklı tepkilerin olduğu ve seçim sonucunun da sonlu sayıda (sonsuz bir süreklilik yerine) olduğu dikkate alınarak doğru olarak analiz edilirse, bir seçim tahmini-

nin doğruluk *olasılığı* saptanabilir. Eğer seçimin olanaklı n sonucu varsa ve bir tahmine gelebilecek tepkilerin her birinin olasılığı eşitse (doğal olarak öyle olmayabilir), o zaman herhangi bir n için doğru tahmin olasılığı, aşağıdaki basit formülle verilir:[46]

$$\text{Olasılık } (n) = 1 - (1 - 1/n)n$$

Olanaklı sadece bir tek sonuç varsa, Olasılık (n = 1) = 1 'dir ve doğru tahmin olasılığımız yüzde 100'dür. İki olanaklı sonuçla şansımız yüzde 75 olur; üç ile yüzde 70'e düşer ve n büyüdükce Olasılık (n) giderek küçülür ve 0,63 değerine yaklaşır. Bu şaşırtıcıdır. Olanaklı sonuçların sayısı çok büyüyünce, doğru öngörme şansı yüzde 63'dür. Bu, eşit şanstan da (yani yüzde 50'den) daha iyidir; ama hiçbir zaman yüzde 100 olamaz.

Son zamanlarda, geleceği öngörmenin olanaksız olduğu konusunda daha güçlü ve kapsamlı teoremler ortaya koyan araştırmalar yapılmıştır.[47] Kendi gelecek durumunu, o durum gerçekleşmeden önce, doğru olarak öngörebilen bir bilgisayar yapmanın olanaksız olduğu gösterilebilir. Kaotik olmayan (yani, kesin olarak bilinmeyen bir başlangıç durumuna aşırı duyarlı bir bağımlılık göstermeyen) ve hiçbir kuantum mekaniksel belirsizlik göstermediği varsayılan sonlu sistemlerin, gelecekteki durumlarını öngörmek istediğimizde bile, bu olanaksızlık geçerlidir; bilgisayar sonsuz hızlı, Turing'in idealize edilmiş makinesinden daha hızlı olsa bile, aynı şey geçerlidir. Bu sonuç, Gödel'in teoreminin fiziksel bir eşdeğerine benzemektedir: Bize, bilgiyi evrenden daha hızlı işlememizin olanaksız olduğunu söyler.

Canlanan matematik

Denklemlerin içine ateş koyup onları canlandıran nedir?
JOHN A. WHEELER

Buraya kadar, matematiği, bilimcilerin araştırdığı dünyadan tümüyle farklı bir şey olarak düşündük. O, olanaklı bütün örüntülerin bir kümesidir. Doğanın bazı yönlerinin nasıl davrandığını betim-

lemek için, o kümeden bir aday seçmemiz gerekmektedir. Daha önceki kitaplarımdan birinde, *Pi in the Sky*'da (Gökyüzündeki Pi), matematiğin doğası hakkında ileri sürdüğüm alışılmamış bir başka düşünme biçimi de vardır.

Fizik ve kozmolojide, bütün olanaklı dünyaların kümesini göz önüne alarak şu soruyu sormaya alışmışızdır: Bütün olanaklar kümesinin, örgütlenmiş karmaşıklığın "canlı" denebilecek ölçüde karmaşık olan alt kümesi, ne kadar küçüktür? Bu yaşam-destekleyici olanaklar alt kümesinin, çok küçük olduğu anlaşılmaktadır; şu anlamda ki, eğer görülebilir evrenin tanımlayıcı nitelikleri ve fizik yasaları ile sabitleri çok az değişirlerse, onları gözlemleyen kimseler artık var olmayabilirler. Öyleyse bu keşif, evrenin yapısının kökeni ve onun tanımlayıcı nitelikleri hakkında bize derin birşeyler söylüyor olabilir.

Şimdi, bu düşünce biçemini matematiğe uygulayalım. Bunun için bakış açımızda köklü bir değişiklik yapmak zorundayız. "Var olma"nın ne anlama geldiği konusunda iki kavramla karşılaştık. Formalizme eğilimi olan Hilbert gibi matematikçiler için, var olmak mantıksal tutarlılıktan ibarettir: matematikçinin dünyasında mantıksal çelişkiden âri olan her şey var olabilir.[48] Bilimci için ise, var olmak, onu evren'de gözlemliyor olduğumuz anlamına gelir. Fiziksel olarak gerçek olmalıdır. Bilimciler, genel olarak bunun, fiziksel gerçekliğin matematikçinin mantıksal bakımdan tutarlı olanaklar evreninden çok daha küçük olduğu anlamına geldiğini varsayarlar. Ancak, eğer gerçekte her ikisi tek ve aynı şey ise, ne söyleyebiliriz?[49] *Pi in the Sky* kitabımda araştırdığım da bu olasılıktı. Olanaklı bütün aksiyom sistemleri ve çıkarım kuralları ile tanımlanmış bütün matematiksel sistemler kümesini düşünüp, sonra da şu soruyu soruyoruz: "Bir matematiksel yapının bilinçli gözlemcileri tanımlayabilmesi için, ne ölçüde karmaşık olması gerekir?" Eğer Penrose, bilinç ve Gödel tümceleri arasındaki bağlantı konusunda haklı ise, o zaman bilinci formal olarak ele almak için eksiksiz olmamaya gereğimiz var. Ancak, bu bölümde daha önce gördüğümüz gibi, bu formal yapı, aritmetiği içerecek ölçüde karmaşık olmak zorundadır; geometri

buna uygun değildir. Bu inceleme daha öteye götürülerek, yaşamı betimleyecek ölçüde egzotik bir örgütlü karmaşıklığın temsil edilmesi için, mantığın, saymanın ve öteki temel matematiksel örüntülerin hangi yönlerinin gerekli olabileceği araştırılabilir. Eğer çok titiz bir platonik tutum benimsenirse (Gödel'in yaptığı gibi[50]), o zaman bu görüş çok doğal olur. Çünkü formalizm, başka bir gerçekliğin temsil edilmesidir.

Daha değişik türden bir olanaksızlık

> *İnsanların seçim kazanmasının nedeni, çoğu kişinin, birisi için değil, daha çok birisine karşı oy kullanmasıdır.*
>
> FRANKLİN P: ADAMS[51]

Sosyal bilimciler ve politikacılar uzun süreden beri, oy vermenin inceliklerine ilgi duymaktadırlar. Günümüzde oy verme, siyasi seçmenler ve buz pateni şampiyonu yarışmalarıyla sınırlı değildir. Uzay yolculukları gibi ileri teknoloji sistemleri, belirli bir sayıda (tek sayılı !) bilgisayarın kontrolü altındadırlar; onlar, yaptıkları veri analizlerine dayanarak fırlatmanın yapılıp yapılmaması yolunda "oy" verirler. Eğer "dur" için iki oy, "fırlat" için bir oy verilmişse, yolculuk durdurulur. Daha da tuhaf olanı, insan beyninin çalışmasını, bir toplumda olduğu gibi, karşılıklı etkileşim içindeki çeşitli etkenlerden oluşan çok-katmanlı bir sistem olarak gören ciddi teoremlerin var olmasıdır. Bu katmanların her biri belirli bir eylem biçimi için "oy verir". Sonunda, bir şekilde, seçim yapılır. İlk kez Marvin Minsky'nin öne sürdüğü bu "akıl toplumu"nun, bizim karmaşık seçenekler karşısında kararsızlık duymamızı anımsatan bir yanı var. Böylece, bilinçli seçime izin verecek, ya da kendine atıfta bulunmaya yol açacak ölçüdeki her türden doğal karmaşıklığın da, oy verme süreçlerinin tâbi oldukları aynı sınırlamaları paylaştıklarını düşünebiliriz.

Bu bölümde buraya kadar, mantık sistemlerinin genel yapılarının olanaksızlıklara yol açabileceği yollardan bazılarını görmüş bulunuyoruz. Bölümü, tümüyle rasyonel olan kişisel seçimlerin toplu

olanaksızlığa yol açmasının nasıl mümkün olabildiğini göstererek bitireceğiz.

Hükümetin Yıldızlar Kamarasında (Star Chamber) —yani ülkenin geleceği hakkında çok önemli kararlar almakla yükümlü ayrıcalıklı üç kişilik kurulda— geçen bir tartışmayı dinlediğinizi düşünün. Önünüzde üç seçenek bulunuyor: (1) Yalnız Ulusal Sağlık Kurumunun olması; (2) Sadece özel sağlık sigorta sisteminin olması; 3) Bu iki sistemin karışımının olması.

Yıldızlar Komitesinin üç üyesine A, B, ve C diyelim. Onların her biri, tercihlerini şöylece belirtiyorlar: A, 1.politikayı 2.politikaya, onu da 3.politikaya tercih ediyor; B, 2. politikayı 3.politikaya, onu da 1.politikaya tercih ediyor; C, 3.politikayı 1.politikaya, onu da 2.politikaya tercih ediyor. Kamu görevlileri bu tercihleri dikkatle not ederek oylama sonucunu topluyorlar. 1.politikanın 2.politikaya göre 2'ye karşı 1 net çoğunlukla; 2.politikanın 3.politikaya göre 2'ye karşı 1 oyla tercih edildiğini görüyorlar. A, "Sonuç ortada, bundan sonra sadece Ulusal Sağlık Sistemi'ni uygulayacağız; harika!" diyor. Sir Humphrey* "Bir dakika, burada bir gariplik var," diyerek araya giriyor; "3'üncü politika 1'inciye, 2'ye karşı 1 oyla tercih edilmiş; 1'inci 2'nciyi yeniyor, 2'nci 3'üncüyü yeniyor, ama 3 de 1'i yeniyor. Neler oluyor sayın Bakanım?"

Bu basit örnek son derece endişe vericidir. İlk kez 1785'de bir Fransız matematikçi ve sosyal bilimci olan Marquis de Condorcet tarafından farkedilmiştir. Demokratik oylama bir mantıksal çelişkiye yol açmış görünüyor. Bireysel sonuçlardan bir çeşit toplu sonuca geçtiğimizde, ortaya bir paradoks çıkıyor. Toplu akılcılığın, bireysel akılcılığın toplamından ibaret olmadığı görülüyor.

Toplumsal seçimler, bireysel seçimlerden oluşmuş oldukları halde onlardan tümüyle farklıdırlar. Bu nedenle, toplu seçimler bazen bireysel kararları hiç yansıtmayan bir keyfî sonuç sergilerler. Kişisel kararlar, bireysel eğilim ve beğenilerin bir sonucudur; sosyal toplu seçim ise öyle değil. Toplumun, kendine özgü bir eğilim ve beğenisi yoktur.

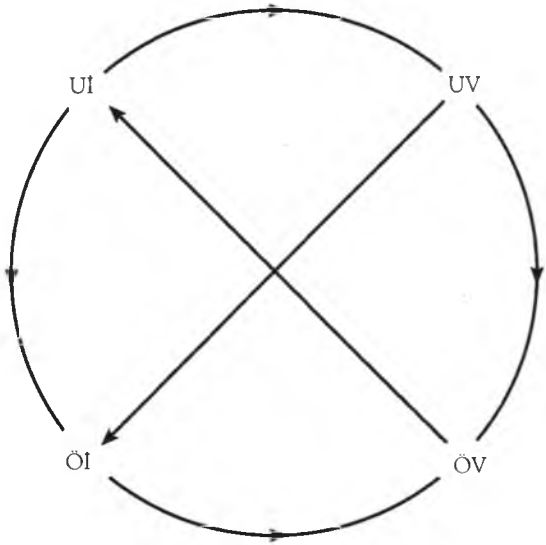
Tablo 8.1 Amerikan Senato seçimi, New York 1980: Anket

Konum			Oy tercihleri
Birinci	İkinci	Üçüncü	(yüzde)
D'Amato	Holtzman	Javits	22
D'Amato	Javits	Holtzman	23
Holtzman	D'Amato	Javits	15
Holtzman	Javits	D'Amato	29
Javits	Holtzman	D'Amato	7
Javits	DAmato	Holtzman	4

Yıldızlar Komitesinin en önemli çağdaş örneği, gerçek yaşamda hiç karşılaşılmayacak olan yapay bir senaryo değildir.[52] Amerikalı siyaset bilimcisi Alan Taylor, 1980 seçimlerinde Amerikan Senatosuna seçilecek New York temsilcisi için bu problemin gerçekten nasıl ortaya çıktığını gösteriyor.[53] Adaylar muhafazakâr Alphonse D'Amato (sonradan Clinton'larla ilgili Whitewater olayını araştıran komitenin başkanı olarak ünlü oldu), ve iki liberal, Elizabeth Holtzman ve Jacob Javits. Her üç aday da çok dikkatli anketler yaptırdı; bunların oy verenlerin tercihlerini güvenilir biçimde yansıttığını varsayacağız. Üç aday için olanaklı altı tercih sıralaması yüzde olarak hesaplanmış ve Tablo 8.1'de gösterilmiştir.

Seçimlerin resmî sonuçları buna yakındı: D'Amato oyların yüzde 45'ini, Holtzman yüzde 44'ünü, Javits yüzde 11'ini almıştı. Şimdi de, bu ankete göre, ikili bir yarışmada ne olacağına bakalım. Holtzman, Javits'i yüzde 34'e karşı yüzde 66 ile yenerdi; ayrıca, D'Amato'yu da yüzde 49'a karşı yüzde 51 oyla yenerdi. Açıkça görüldüğü gibi, bir seçimin sonucu, oyların değerlendirilme biçimiyle çok yakından bağlantılıdır.

Rasyonel seçimlerin sergilediği bu paradokslara, mantıkçılar *geçişsizlik* (intransitivity) derler: A'nın B'yi, B'nin de C'yi tercih etmesinin, A'nın C'yi tercih ettiği anlamına gelmediği olgusu. Eğer A'nın B'yi, B'nin de C'yi tercih etmesi, A'nın C'yi tercih ettiği demek *oluyorsa*, bu duruma *geçişli* diyoruz. Görüyoruz ki tercih geçişsiz bir ilişki olabiliyor. Rakip futbol takımlarını yenmek de geçişsiz



Şekil 8.4. iki konu hakkında bütün ötekileri yenen bir tutum yok. Oklar, iki konudaki tutumlar arasındaki tercihlere işaret etmektedir. Tercihler döngüsel oldukları için sosyal tercihler geçişli değildir.

bir ilişkidir. Eğer Arsenal, Spurs'u yenerse ve Spurs da Chelsea'yi yenerse, bu, Arsenal'in Chelsea'yi ille de yeneceği anlamına gelmez. Bir kimseden hoşlanmak da geçişsiz bir ilişkidir. "Peter, Paul'den hoşlanıyor" ve "Paul, Pippa'dan hoşlanıyor" ise, bu "Peter de, Pippa'dan hoşlanıyor" demek değildir. Bunun tersine, "daha büyük olma" geçişli bir ilişkidir. Eğer A, B'den büyük, B de C'den büyük ise, A'nın C'den büyük olması gerekir. Göreceğimiz gibi, seçim yapmanın paradoksa yol açmasının nedeni şudur: Geçişli olma niteliğine sahip herhangi bir rasyonelliği, bireylerden bireyler topluluğuna aktaracak ve böylece çoğunluğun kararını alacak olan, akla yakın herhangi bir kural bulmak olanaksızdır.

Geçişsiz olma başka biçimlerde de ortaya çıkabilir; örneğin, seçmenlerin partilere, onların farklı konulardaki tutumlarına göre oy verdikleri zaman. Seçmenlerin tek tek konularda oylama olanağına sahip olmadıkları, ama sadece, belirli iki konuda farklı görüşleri olan adaylara oy verebilecekleri bir seçim olduğunu düşünelim. Birinci konuda seçenekler "ulusal sağlık hizmeti" (U), ya da "özel sağ-

lık hizmeti" (Ö) olabilir. İkinci konudaki seçenekler "daha çok iş" (İ), ya da "daha düşük vergi" (V) olsun. Adayların bu iki konudaki olanaklı dört tutumu şunlardır: Uİ, UV, Öİ, ve ÖV. Bu olanaklı dört durum için üç seçmenin oyları şöyle sıralanmış olsun:

Seçmen 1: (Uİ, UV, Öİ, ÖV)
Seçmen 2: (UV, ÖV, Uİ, Öİ)
Seçmen 3: (Öİ, ÖV, Uİ, UV)

Görüyoruz ki, eğer bire bir karşılaşmış olsalar, iki konuda bütün ötekileri yenecek bir olanaklı tutum yoktur. Bu nedenle, seçimler geçişsizdir (bkz. Şekil 8.4).

Bu basit örnekle umut kırıcı bir gerçek ortaya çıkıyor: İki konu hakkında ayrı oylama yapılsaydı, o zaman U, Ö'ye 1 ve 2 numaralı seçmenlerce, İ ve V'ye ise 1 ve 3 numaralı seçmenlerce tercih edilmiş olurdu. Ancak, konular ayrı ayrı oylansaydı, çoğunluk U'yu Ö'ye ve İ'yi V'ye tercih edeceği halde, birleşik tutum ÖV, çoğunlukça (2 ve 3 numaralı seçmenler) desteklendiği için Uİ'yi *yenmiştir*. İlginç bir durum vardır; konular birleştirilerek çoğunluğun tutumu saptandığında, konu seçenekleri arasında sadece azınlıkların tercih edecekleri konular olabilir. Politikacıların farklı azınlık grupları için gündem oluşturmaktan hoşlanmalarının nedeni de budur. Tekrar görüyoruz ki, bireysel tercihlerden toplumsal isteklere giden yol hem güvenilmezdir, hem de sezgiye ters düşmektedir.

Bu oylama paradoksları, basit biçimlerde, 19. yüzyıldan beri bilinmektedir. Ancak onlara, genellikle, gerçek yaşamda her zaman önlenebilecek gariplikler olarak bakılırdı; tıpkı bu bölümde daha önce gördüğümüz, mantığın gelişmesinden önce ortaya çıkan mantıksal paradokslar gibi. Amerikalı ekonomist Kenneth Arrow, 1950'de, demokratik seçim problemini genel ve şeffaf biçimde analiz ettiği zaman, işler dramatik bir değişime uğradı. Arrow'a 1972'de, ekonomi dalında Nobel ödülü kazandıran sonuç, masum başlıklı bir makalede yayımlandı: "Sosyal refah kavramındaki bir sorun".[34] Bu sonuç kötümserler tarafından Arrow Olanaksızlık Teoremi, iyimserler tarafından ise Arrow Olanaklılık Teoremi olarak bilinir!

Arrow Olanaksızlık Teoremi

Otokraside bir kişinin istediği olur; aristokraside birkaç kişinin istediği olur. demokraside hiç kimsenin istediği olmaz.

CELİA GREEN[55]

Arrow, olası değişik oylama sistemlerini çok geniş bir yelpazede inceleyerek, herhangi bir demokratik sistemin temel özelliklerini ayırmak istiyordu. Bu ona, geçişli olmamayı engelleyecek koşulların olup olmadığını saptama olanağı verecekti. Bireysel tercihlerin iki basit kuralı sağladığını varsaydı.

(a) Seçeneklerin kıyaslanabilir olması. Eğer x ve y gibi iki seçenek varsa, o zaman ya x, y 'ye tercih edilir; ya da y, x 'e. Bu nedenle, seçeneklerin değerlerini kıyaslayabilmek için, ortak bazı özelliklerinin olması gerekir. Bireysel seçimlerde beraberliğe izin verilmez.

(b) Geçişli olmak. Seçmenlerin bireysel seçimleri, kendi tercihleriyle tutarlı olmalıdır; yani eğer x, y 'ye tercih edilirse ve y de z 'ye tercih edilirse, o zaman x 'in z 'ye tercih edilmesi gerekir. Unutmayalım ki biz bu özelliğin, oy verenlerin toplu istekleriyle paylaşılıp paylaşılmadığını saptamaya çalışıyoruz.

Bir sonraki adım, herhangi bir sosyal seçim sisteminde, toplumsal seçim sonucunun birçok bireysel seçimin bir sonucu olmasının istendiği demokratik seçimin tanımlayıcı özelliklerini belirtmektedir. Beş özellik seçilmişti:

Koşul 1. *Bireysel seçim için sınırsız özgürlük.*

Her seçmen bireyinin, olanaklı bütün aday sıralamaları içinden herhangi birini seçmesine izin verilmesi. Seçmenlerin bazı tercihlerini engelleyecek hiçbir örgütün olmaması.

Koşul 2. *Bireysel seçimler, toplumsal seçime, olumlu olarak yansımalıdır.*

Eğer toplumsal seçim x 'in y 'ye tercih edildiği yolunda ise ve hiçbir birey tercihini x 'den y 'ye değiştirmezse; o zaman x, toplumsal olarak y 'ye tercih edilmiş olarak kalmalıdır. Başka seçeneklerde tercihi değiştirme, x 'in y 'ye toplumsal olarak tercihini etkilememe-

lidir. Bu yolla, bireysel oyları toplayarak toplumsal oyları elde etme yöntemiyle ulaşılan sonuca ters düşme önlenir.

Koşul 3. *İlgisi olmayan seçeneklerin etkisi olmamalıdır.*

Seçenekler kümesinin bir alt kümesindeki toplumsal sıralama, o alt kümede bulunmayan başka olanakların sıralamasındaki değişikliklerden etkilenmemelidir.

Koşul 4. *Toplumun sesi dikkate alınmalıdır.*

Seçimin sonucu zorlanmamalıdır. Toplumsal seçim bireysel seçimlerin tercihleri ile bağlantısız olamaz. Bu, toplumsal seçime dışarıdan, örneğin herhangi bir dinsel vb. inanç yoluyla yapılacak bir zorlamayı önler.

Koşul 5. *Diktatörlük yok.*

Yapacağı seçim ile bütün toplumsal seçimi her zaman etkileyecek bir birey yoktur. Bu, toplumsal seçimin, toplum içinden biri tarafından zorlanmasını önler.

Bu koşulların amacı, bireysel seçimlerle toplu seçimler arasında var olabilecek birçok bağlantının sonuçlarının titiz bir incelemesini sağlamaktır. İncelemelerde yalnızca, toplumun büyük bir bölümünün, demokratik seçim için, vazgeçilemez olmasa bile arzu edilir bulduğu, oldukça makul sınırlamalar bulunmaktadır. Arrow şu ilginç teoremi ispatlamıştır: *Eğer bireysel seçeneklerin sayısı sonlu ise ve, (a) ve (b) koşullarına uyuyorlarsa, bu durumda (1)-(5) koşullarını sağlayan bireysel tercihleri bir toplumsal seçime dönüştürebilecek herhangi bir yöntem yoktur.*

Toplumsal tercihlerin (1)-(3) koşullarını sağlamasına yol açan her yöntem, ya koşul (4)'ü, ya da (5)'i ihlal eder; veya (a) ve (b) koşullarının birine ters düşer. Unutmayalım ki, toplumsal geçişsizlik, bireysel tercihlerdeki herhangi bir geçişsizlik nedeniyle ortaya çıkmıyor. Çünkü, (b) varsayımı nedeniyle bunlar tümden yasaklanmıştır. Eğer demokratik (1)-(5) ile (a) koşulları sağlanıyorsa, o zaman sonuçta geçişsizlik olması zorunludur. Sosyal fikir birliği diye bir şey yoktur.

Gödel'in Eksiksiz olmama teoreminde olduğu gibi, Arrow'un teoremindeki varsayımlara bakıp zincirde en zayıf halkanın nerede ol-

duğunu bulmak gerekir. Arrow'un koşullarının hepsi gereklidir; çünkü onların herhangi biri çıkarılırsa, teoremin sonucu da onunla birlikte yok olur. Öyle ise, koşullardan biri çıkarılırsa geçişli toplumsal seçimin olanaksız olması da gerekmez. Bu bağlamda, daha yakından incelenecek en ilginç koşul, (1)'dir -yani, bireysel seçeneklerin sınırsız olma özelliği.

Arrow'un çalışmalarından önce bile, bireysel tercihler bir yolla sınırlandırıldığında geçişli sosyal kararların alınabileceği biliniyordu. Duncan Black'in[56] daha sonra Amartya Sen[57] tarafından geliştirilen çalışmaları, her seçeneğin seçmenlerce farklı sıralandığı durumda, bir çoğunluk kararının (olanaklı bütün başka seçeneklere karşı seçmenlerin çoğunun tercih ettiği karar) hiçbir zaman mümkün olmadığını göstermişti. Daha önce verilen, her seçmenin tercih hanesini (birinci, ikinci, üçüncü) farklı olarak doldurduğu basit Yıldızlar Komitesi örneğinde, bu aşikârdır. Her seçeneğin her seçmence farklı sıralandığı durumlar, her zaman geçişsizliğe ve paradoksa yol açar. Bunun yerine, bireysel seçmenler en iyi, ikinci en iyi .... ve en kötü adaylar üzerinde uzlaşırlarsa, Arrow'un (a) - (b) ve (2) - (4) koşulları sağlanır; ama (1) sağlanmaz. Demek oluyor ki, eğer seçmenler bir ölçüde benzer oy verirlerse ve kamuoyunda bir eğilim belirirse, Arrow'un olanaksızlığı önlenebilir. Eğer her üç seçenek arasında (ve benzer şekilde, herhangi bir sayıdaki seçmen ve seçenek için) bütün seçmenler hiç de en iyi olmayan, orta veya en kötü seçenek de olmayan, bir başka seçenek üzerinde anlaşırlarsa, bu seçmen tercihleri kümesine, Amartya Sen, *sınırlı değer* adını verir.

Bu paradokslara bir başka tepki de, onların olmaması için umutlu olmak ve dua etmektir. O zaman, paradokslar zararsız teknik ayrıntılar olarak göz ardı edilebilirlerdi. Olasılığı saptamak kolaydır; geçişsizliğin her seçmen ötekilerden farklı tercih sıralaması kullandığı zaman ortaya çıktığı yolundaki Sen'in sonucunu kullanmak yeterlidir. Üç seçmenin üç tercihi sıraladığı durumda, paradoks içeren bir sonucun ortaya çıkma olasılığı nedir? Yani, A'nın B'yi, B'nin C'yi ve C'nin A'yı yendiği durumda.

Tablo 8.2 Çoğunluğun Oyunu Alan Aday Olmama Olasılıkları

Seçenek sayısı	Seçmen sayısı						
	3	5	7	9	11	...	Limit
3	0,056	0,069	0,075	0,078	0,080	...	0,080
4	0,111	0,139	0,150	0,156	0,160	...	0,176
5	0,160	0,200	0,215	0,230	0,251	...	0,251
6	0,202	0,255	0,258	0,285	0,294	...	0,315
7	0,239	0,299	0,305	0,342	0,343	...	0,369
.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	
Limit	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	...	1,000

Bir seçim paradoksunun ortaya çıkma olasılığının seçmen ve seçenek sayısına göre değişimi. Üç seçenek arasından seçen seçmen sayısı arttıkça, paradoks olasılığı yüzde 8'e yaklaşır. Seçenek sayısı arttıkça, paradoks olasılığı, herhangi seçmen sayısı için yüzde 100'e yaklaşır. Veriler; S. Brams, Paradoxes in Politics (1976)'dan alınmıştır.

Üç seçmenden her biri, tercihini altı yolla sıralayabilir. (ABC, ACB, BAC, BCA, CAB ve CBA); öyleyse üç seçmen, tercihlerini toplam 6 x 6 x 6 = 216 yolla ifade edebilirler. Bir paradoks, sadece, herhangi iki seçmenin birinci, ikinci ve üçüncü tercihleri *uyuşmadığı* zaman ortaya çıkar. Bu durumun gerçekleşmesi için kaç yol olduğunu düşünelim. İlk seçmen olanaklı altı seçenekten birini seçtikten sonra, ikinci seçmenin birinci, ikinci ve üçüncü sırada aynı tercihi yapabileceği sadece iki seçenek vardır. Bu, üçüncü seçmene, her konumda farklı olmak için olanaklı tek bir seçenek bırakıyor. Öyleyse mantıksal bir paradoksa yol açacak seçim sayısı 6 x 2 x 1 = 12'dir. Bu nedenle, bir paradoksun ortaya çıkma olasılığı sadece 12/216 = 0,056'dır; yani olanaklı seçmen tercihlerinin yüzde 5,6'sı.

Eğer üç seçenek arasında seçim yapacak seçmen sayısını artırırsak, paradoks olasılığı çok az artar ve yavaş yavaş yüzde 8.0'e yükselir. Ancak seçmenlere sunulan seçeneklerin sayısının artması ile paradoks olasılığı çabucak kesinliğe (yüzde 100'e) yükselir. Eğer seçmenlerin sayısı çift ise, berabere kalma olasılığı yükselir ve de bütün seçmenlerin tercih ettiği tek bir kazanan olması da gerekmez. Paradoks olasılıklarının artan tek sayıda seçmen sayısına ve seçenek sayısına göre tablosu, Tablo 8.2'de gösterilmiştir.[58]

Paradoks sorunu, zararsız bir teknik ayrıntı olmanın ötesinde, Arrow'un Olanaksızlık Teoremi ile yaygın ve her yerde hazır ve nazır duruma gelmiş görünüyor. Bu olasılıkların gerçek yaşam seçimlerine uygulanması dikkat gerektirir. Çünkü onlar (basit olarak) her seçeneğin aynı ölçüde olası olduğunu varsayıyorlar. Uygulamada bunun doğru olmadığı açıktır; seçmenlerin kişisel görüşleri çeşitli seçeneklerin görece cazibesini etkileyecektir. Yine de, uygulamada bilgiç ve sofistike seçmenler (özellikle de, politik kurumlar içindeki küçük gruplar), paradoks olasılığını kendi partilerinin yararına kullanmak için gerekli şekilde davranırlar. Stratejiden arınmış seçim sistemleri sadece diktatörlüklerde olur.

Arrow'un teoreminin sonuçlarından kaçınmanın bir yolu da, Diktatör yerine bir "rasgele seçici" (randomizer) koyarak, durum geçişmesiz olduğunda toplumsal bir seçimi zorlayacak rasgele bir yol bulmaktır. Seçim yaparken çoğu kez biz de bunu yaparız; ya gözümüzü kapayıp seçeneklerden birini seçeriz, ya da bir rasgele seçici (yazı-tura atma, kura çekme, vb.) kullanarak, açıkca akılcı bir çözümün olmadığı bir durumu, ya da bir çıkmazı aşmak isteriz. Frank Tipler, arada ortaya çıkan ve geçişmesizlikten kaynaklanan seçim kilitlenmelerini kırmak için herhangi bir beynin (insan ya da yapay) alt katmanında bir rasgele seçici bulunmasının gerekli olabileceğini ileri sürdü.[59] Bu seçici beyni, gerisinde yatan kuantum belirsizliği ile birleştirmek olanaklı olabilirdi. Roger Penrose ve başka bilimciler, kuantum belirsizliğinin sinirsel bilgi sürecinde katkısı olabileceğini ileri sürmüştü.[60] Eğer kesin bir eylemin yapılması için bu kilitlenmeleri kırmak önemli ise, bu özellik, durumu kurtarmaya yardımcı olabilir ve bu nedenle de uyarlanabilmelidir.

Bu sonuçlar çok çarpıcıdır; karmaşık sistemlerin davranışının ne ölçüde sezgi-karşıtı olabileceğini gösterirler. Ayrıca, insan beyni gibi sistemlerin indirgemeci açıklamaları hakkında da söyleyecekleri vardır. Toplu seçimlerin, kişisel seçimlerle nasıl ilişkili olmayabileceklerini gördük (seçimler ister insan seçmenlerin kâğıt parçalarına çarpı işareti koyması, ister bilgisayar tuşlarına basılması, ya da kuantum rasgeleliği ile yapılsın). Eğilim, bireysel seçimlerin neredey-

se bir anda yansıtılabileceği bir geleceğe doğrudur. O zaman, demokrasinin üyeleri, nasıl yönetildikleri konusunda, ya da kullanacakları ürünler konusunda, daha çok seçeneğe sahip olacaklardır. Ne var ki, seçenler, ya da onların sahip oldukları seçenekler üzerine bazı sınırlamalar getirilmezse, bu durumun, geleceği daha az akılcı yapacak olması ilginçtir.

Özet

Sekant, kosinüs, tanjant, sinüs
Logaritma, logaritma
Hiperbolik sinüs
3 virgül 14159
Sürgülü cetvel, hesap cetveli
TECH TECH TECH!

CAL TECH 'BEAVERS' SLOGANI

Bu bölümde çeşitli türden olanaksızlık ve öngörülemezliklerin bizi etkileyebileceği yollar üzerine odaklandık. Bunlar bazı durumlarda bizim öngörme yetimizi sınırlıyorlar, ya da ufku olanaksızlık olan bir gelecek sunuyorlar ve böylece evren'i açıklama çabalarımızın önünü tıkıyorlar. Ancak Gödel teoremi konusunda durum, daha önceki yorumcuların düşündükleri kadar basit değildir. Gödel teoreminin satır aralarının, onun bilimsel girişim üzerindeki etkisi (veya etkisiz olması) konusunda çeşitli birçok sonuç çıkarmamıza nasıl izin verdiğini gördük. Birçok bilimci, Gödel'in fikirlerini kullanarak, bilgisayarların insan aklının yapabildiği şeyleri yapma kapasitesine sınırlar getirmeye çalışmıştır. Bunlar şimdilik tam olarak inandırıcı görünmüyor. Bilgisayarlar da aynı argümanları insan aklı için kullanabilecektir. Ancak, insan aklının yanılgıya açık olduğunu dikkate alarak, onun çalışma alanını yapay zekânınkinden ayırdedebilmekteyiz. Turing, Popper ve Mackay'in katkıları bizi daha öteye, bunların psikolojik sonuçlarına götürüyor; ünlü özgür irade probleminin inandırıcılığı konusuna nasıl yeni bir anlayış getirdiğini gösteriyorlar. Bu arada, çok gönderme yapılan, seçim sonuçlarının öngörülebileceği hakkındaki matematiksel politika teoreminin, aslında yan-

lış olduğunu da keşfettik. Son olarak da, rasyonel seçim sistemlerinde Arrow'un keşfetmiş olduğu beklenmedik olanaksızlığı araştırmak için, sosyal bilimler dünyasını daha derinden inceledik. Demokratik olarak bireysel seçimden toplu seçime geçiş, olanaksızlığa mahkûmdur: Akılcı toplumsal sonuçları elde etmenin, güvenilir akılcı bir yolu yoktur. Bu paradoksları, politik ve ekonomik bağlamdaki seçim sistemlerini ele alarak ortaya koyarken, onların, insan beyninin işleyişini nörondan oluşan seçmenler "topluluğu" olarak gören bazı teoriler için de çok ilginç uygulamalarının olması şaşırtıcıdır.

IX

Olanaksızlık: Değerlendirme

Eşyanın tabiatındaki olanaksızlıklar hariç, her şey mümkün sayılır.

CALİFORNIA MEDENİ KANUNU

Olanı olmayanla anlatmak

İnsan tek merkezli bir çember değil; iki odaklı bir elipstir.
Biri gerçekler, diğeri düşünceler...

VICTOR HUGO, SEFİLLER

Bazı şeylerin ulaşılamaz, ya da hayal edilemez olduğu düşüncesi, bilimsel (ve pek de bilimsel olmayan) yorumcularda çok şiddetli bir reaksiyona yol açabilmektedir. Bazıları bunu, insanın sorgulama tutkusuna hakaret olarak görürler: Cehalet güçleri karşısında beyaz bayrağı kaldırmak gibi. Başka bazıları da, olanaksızlıktan söz etmenin bilim karşıtlarına çanak tutmak olduğu kanısındadırlar; kuşkulardan söz etmeyi ise, toplumun bilimi hiç bitmeyen bir başarı öyküsü olarak algılamasını sarsacağı için, yapılmaması gereken bir şey gibi görürler. Son olarak da, olanaksızlık konusundaki herhangi bir konuşmayı fırsat bilip, onu, gem vurulmamış teknolojik ilerlemenin çevreyi ve insani değerleri çiğneyip geçtiği yolundaki kuşkularının kanıtlanması olarak görenler vardır: elde edilmesi olanaksız olanın peşinde, durdurulamayan bir koşmaca.

Eğer bu kitap, okuyucuya herhangi bir şey öğretmiş ise, umarım ki bu, olanaksızlık kavramının, bilimin sonsuz ufuklarını savunan safdil varsayımlardan, ya da dinsel inançları nedeniyle araştırmaların başarısızlığına bel bağlayanların sizi inandırmaya çalıştığı saf ve basit yaklaşımlardan çok daha derin ve incelikli olduğudur. Sınırlar her yerde hazır ve nazırdır. Bilim, doğanın izin verdiği şeylerin sınırları olduğu için vardır. Doğa yasaları ve doğanın hiç değişmeyen "değişmezleri", evrenimizi her şeyin olanaklı olduğunu düşünebileceğimiz bir sürü başka dünyalardan farklı kılan sınırları tanımlarlar.

Sınırsız olanakların var olduğu o hayalî dünyalarda ne karmaşıklık, ne de yaşam var olabilir. Onlarda hayal gücü hiç yoktur. Bizim mantıksal ve pratik uygulama olanaksızlıklarını kavrayabilmemiz, gezegenimizi paylaştığımız öteki varlıklar arasında, kendi hakkında düşünen, bilince sahip olan, tek varlık olmamızın bir yansımasıdır. Olanaksızlıklar, bu bilinçli karmaşıklığın var olmasına izin verir.

Binlerce yıl boyunca sanat ve dilde olanaksızlığın incelenmesi ve yaratılması, akıl için uyarıcı bir ortam sağlamıştır. Bu ortamda akıl, ilişki kurma ve mantıksal açıklama bulma eğilimini uygulama olanağı bulmuştur. Felsefeciler, olanaklılık ile olanaksızlık arasındaki sınırın her iki yanında olan kavramlarla boğuşmuştur. İlahiyatçılar, onun için hiçbir şeyin olanaksız olmadığı, Her şeye Muktedir bir varlık ile, mantığın ve doğa yasalarının gereklerini bağdaştırmaya çalışmışlardır.

Bu düşünce süreçlerinin ne kadarının, bizim evren hakkındaki düşündüklerimizde çok derin gelişmelerin tohumlarını attığını gördük. Olanaksız figürlerin sanatsal yaratımları, aklın işleyişi konusunda yeni anlayışlar getirmiştir. Bunlar sanat dalları kadar, aklımız için de, araştıracak zararsız gerçeklik seçenekleri yaratmıştır. Mantık ve dil ile ilgili umut kırıcı döngüsel paradokslardan, mantık ve matematiğin doğası konusunda anlaşılması güç keşifler ortaya çıktı. Kendileri hakkındaki hakikatleri söyleyecek ölçüde karmaşık olan mantıksal yapıların, öngörülebilir bir kurallar ve aksiyomlar listesi ile tam olarak halledilemeyeceğini öğrendik.

İnsan yetisinin her alanında önemli ilerlemeler kaydettik. Bu ilerlemeler en çok çevremizdeki teknik araçların bolluğu ile göze çarpmaktadır. Bu konuda insan yaratıcılığı, bir olanaklar hazinesi bulmuştur. Bu kaynağın bir gün kuruyacağını düşünmek zordur. Bu verimli ilerlemenin hiç son bulmayacağını ve insan girişimini belirleyeceğini düşünmek kolaydır. Gerçekliğin doğasını, teknik bakımdan olanaklı şeylerin toplamı olarak görmek de kolaydır. Sınırlara, sürekli geri çekilen, konuyla ilgisiz şeyler olarak bakmak da kolaydır. Bilimin son maçının oynanabileceği bazı yolları araştırdık; yetilerimizi doğanın ustalığına eşdeğer kılmak için var olması gereken olağanüs-

tü rastlantıların bazılarını gördük ve günümüzde, kendimizden daha büyük, daha küçük ve daha karmaşık şeyleri manipüle etme yetisini belirleyen ilerleme merdivenindeki konumumuzu saptadık.

Olanaksız olan şeylerin sınırlarının, evreni tanımlamada, olanaklı olanların sınırlarından çok daha etkili olduğu anlaşılıyor. Çeşitli konularda artan karmaşıklığın, sonunda, sadece sınırlı olmakla yetinmeyip kendini de sınırlayan durumlara yol açtığını gördük. En güçlü teorilerimiz, çoğu kez bu yolu izleyerek geliştiler: O kadar başarılı oldular ki, her şeyi açıklayabilecekleri sanılıyor. Yorumcular, teorinin kapsayabileceği bütün problemlerin çözümünü beklemeye başladılar. "Her Şeyin Teorisi" ara sıra yüzünü gösteriyor. Ancak, daha sonraları beklenmedik bir şey oldu. Teori, öngöremeyeceğini öngörüyor: Bize söyleyemeyeceği şeyler olduğunu söylüyor. Kendi kendini eleştiren bu özelliğin yalnızca en güçlü bilimsel teorilerimizde ortaya çıkıyor gibi görünmesi ilginçtir.

Bizim de bir parçası olduğumuz evreni anlama arayışımızda var olan bir dizi sınır inceledik. İnsanın da sınırları vardır; bunlar insan olmanın doğasından ve hepimizin paylaştığı evrim mirasından kaynaklanır. Teknolojik sınırlar, kökeninde, biyolojik dünyamızdan kaynaklanan sınırlardır. Bizim sınırlı büyüklüğümüz ve gücümüz, çevremizin biyo-dost özelliği ile birleşince, bizi teknolojik ilerlemeyi sürdürmeye; çevremizde var olabilecek büyüklük, karmaşıklık ve sıcaklığın ekstremlerini araştıracak yapay olanaklar icat etmeye zorlar. Bütün bu arayışlarda yapılabilecekler konusunda beklenmedik sınırlarla karşılaşıyoruz. Bilgi edinmek pahalıdır; zaman ve enerji gerektirir. Bu bilginin iletilebileceği hızın sınırları vardır; onu belirleme ve yeniden elde etmenin kesinlik derecesinin de sınırları vardır. Ancak, hepsinden önemlisi, makul bir süre içinde ne kadar bilgi işlemlenebileceğinin sınırlarının olmasıdır. Bir sürü pratik sorunla çevrilmiş durumdayız. Bunlar insan beyninin yardım almadan çözemeyeceği kadar karışıktır. Doğanın izin verdiği en hızlı bilgisayarlar bile onları çözemiyor. Bu problemler izlenebilir değildir. Birçoğu kolay görünür, ama çözümleri, evrenin bütününden elde edilebilecek olandan daha çok uzay ve zaman gerektirir.

Bu sınırlar, pratik nedenlerin, masrafın ve zamanın getirdiği kısıtlamalarla oluşur. Bazıları, günlük deneyimlerimizde karşılaştıklarımızın genel uzantılarıdır. Bunların hepsi, uzak gelecekte yavaş yavaş geriye itilebilirler. Ne var ki, beklenmedik sınırların tanımladığı, daha temel düzeylerde olanaksızlıklar da bulduk. Evrenin doğasını anlama arayışımızda insan deneyimlerinin her günkü dünyasından uzaklaştıkça, karşılaştığımız sınırlar da o ölçüde şaşırtıcı oluyor.

Astronomların evrenin yapısını anlama arzusu, kozmolojik problemlerin yalnız yüzeyini tırmalamaya mahkûmdur. Evrenin doğası hakkındaki en büyük problemlerin -başlangıcından sonuna kadar- yanıtlanamayacak sorular olduğu anlaşılıyor. Evrenin bizim gözlemleyebileceğimiz bölümü ile bütünü -belki de sonsuz olan bütünü- arasında temel bir ayırım vardır; ötesini göremeyeceğimiz, ya da bilemeyeceğimiz bir görsel ufuk. Bu sınırlamanın olumlu bir yanı da var. Eğer o olmasaydı biz de olmazdık; her yıldızın ve galaksinin her hareketi bir anda hissedilirdi: şimdi ve burada.

Çok yakın zamanlara kadar bilimciler, evren için, bir "ne görüyorsan onu bulursun" teorisini kabul etmenin makul olduğu kanısındaydı; yani, bizim ufkumuzun ötesinde olanın da, aşağı yukarı, gördüğümüz bölüm gibi olduğu kanısı. Ne yazık ki, evrenin yapısı ve evrimi konusundaki en güçlü teorilerimiz bu umutları sildi süpürdü: Evrenin hem coğrafya, hem de tarih bakımından sonsuz biçimde farklılık gösterdiğini düşünüyoruz. Her yerde, yaklaşık olarak bile, aynı olması hiç mümkün görünmüyor. Biz, büyük olasılıkla, her zaman gözlemleme gücümüzün ötesinde olan, engin bir kozmik karmaşıklık denizinin ortasındaki küçük bir ılımlı sükûnet adasında yaşamaktayız.

Işığın hızı sınırlıdır; bu nedenle, evrenin yapısı hakkındaki bilgimiz de öyledir. Onun sonlu ya da sonsuz olup olmadığını, bir başlangıcı olup olmadığını, ya da bir sonunun olup olmayacağını, fiziksel yapısının her yerde aynı olup olmadığını, ya da evrenin nihaî olarak düzenli mi yoksa düzensiz mi olduğunu bilemeyiz.

Nesnelerin doğasında daha derinlerde yatan olanaksızlıkları keşfetmeye giriştiğimizde, mantık ve matematiğin, öngörme ve

açıklama gücüne gelen sınırlamalarla, acımasız darbeler aldıklarını gördük. 'Sıfırlar ve Çarpılar' benzeri basit bir oyunun usta oyuncular tarafından tümüyle öngörülmesi gibi, çok basit mantıksal yapılar da, tam olarak anlaşılabilir. Ancak mantıksal yapılar daha karmaşık duruma gelince, ani bir değişiklik yer alır. Belirli bir kritik karmaşıklık düzeyine ulaştığında onu tümüyle anlamak olanaksız hale gelir: Kendi içinde tutarlı olduğunu göstermek olanaksızdır. Bu kritik düzey çarpıcı biçimde düşüktür. Bu düzey, insan sezgisine derinden gömülmüş olan ve çevremizdeki dünyanın karmaşıklığını anlamak için yeterli olan, hepimizin bildiği sayılar aritmetiğinin varlığı ile farkedilir.

Bu derin sınırlar, işlemleme, matematiksel çıkarım, karmaşıklık ve rasgele olmanın değerlendirilmesi gibi alanlara yayılmıştır. O denli geniş kapsamlı görünüyorlar ki, çok kişi onlarda insan beyninin çalışması, ya da bizimkinden daha üstün bir yapay zekâ oluşturma arayışları için sonuçlar bulmaya çalışmıştır. Bazı kişiler de bu derin sınırları doğa yasalarının tam olarak anlaşılmasına karşı nihaî bir sigorta olarak görürler. Çünkü, eğer matematik bütün gerçekleri sonlu bir kurallar kümesi ile yakalayamıyorsa, fizikçilerin de, fiziksel gerçekliğin işleyişini sonlu sayıda doğa yasaları ile yakalaması herhalde beklenemez. Bu argüman biraz fazla ileri gidiyor. Gödel'in ünlü eksiksiz olmama teoremlerinin satır aralarının ne kadar önemli olduğunu gördük. Sigorta poliçenizin arkasındaki belirsiz mikroskopik yazılar gibi, onlar da en önemli ögelerdir. Eğer onlar geçersiz ise, başlıktaki garanti de geçersizdir.

Son bölümde, bu derin olanaksızlık biçimlerinin insan beyninin bazı yönlerine yansıyabilecek sonuçlarını inceledik. Özgür irade ve gerekircilği ele aldık ve bilgisayarlar ile insan aklının neden kendilerini tam olarak anlayamadıklarını, ya da kendi geleceklerini öngöremediklerini öğrendik. Zaman yolculukları, bizi sadece öngörülemezi değil, aynı zamanda tutarsız olan dünyaları düşünmeye çağırdı. Zaman yolculuğunun belirli paradokslarının ne kadarının, çelişkiden ziyade, karışıklık içerdiğini gördük. Son olarak da, herhangi bir oylama sürecinde şaşırtıcı bir olanaksızlıkla karşılaştık. İster bir

politik seçim olsun, isterse de birbiriyle bağlantılı bir bilgisayarlar kümesi ya da beynimizdeki "oy veren" nöronlar olsun, rasyonel bireysel seçimlerden toplu rasyonelliğe ulaşmak olanaksızdır. Ayrıca, uzak gelecekteki karmaşık toplu akılların davranışı hakkındaki güvenli genellemelerimize karşı da, bir tehdit olduğunu görüyoruz. Bizim karmaşık sistem deneyimimize göre, onlar kendilerini optimal ölçüde hassas olan kritik durumlara örgütleme eğilimi sergilerler; böylece, küçük ayarlamalar bütün sistemde telafi edici bir etki yaratır. Bunun sonucunda, onlar ayrıntılı olarak öngörülemezler. Kendini-örgütleyenler ister kum tanecikleri olsun, ister düşünceler olsun, bir sonraki hareketleri her zaman şaşırtıcıdır.

Tuhaf zamanlarda yaşamaktayız; hem de tuhaf yerlerde. Gerçekliğin doğasına imzasını atan, iç içe örülmüş mantıksal yapıları daha derinlemesine incelerken, bilinebilir olanı sınırlayacak olan bu derin sonuçlardan daha birçoğunu bulmayı bekleyebileceğimiz kanısındayım. Evren hakkındaki bilgimizin bir sınırı var. En sonunda, evrenle ilgili bilgimizin bu fraktal sınırının, evrenin karakterini, içerdiklerinden daha hassas biçimde tanımladığını keşfedebiliriz —yani, bilinebilir olmayanın, bilinebilir olandan daha açıklayıcı olduğunu...

Notlar

Yazar olmayı çok seviyorum.
Dayanamadığım şey işin kâğıt-kalem faslı...

PETER DE VRIES

Bölüm I

[1] W.H.Auden, "Reading", *Dyer's Hand (1963)*.

[2] J.M.Barrie, *The Admirable Crichton, 1.perde (sahnelenme 1902; yayımlanma 1914)*.

[3] Pisagor'cuların ilmî bir anlatımı için; bkz. J.A.Philip, *Pythagoras*, University of Toronto Press, Toronto (1966). Daha popüler bir anlatım için, bkz. P.Gorman, *Pythagoras: A Life*; Routledge, Londra (1979)

[4] bkz. J.L.Borges'in üç klasik kısa öyküler koleksiyonu. *Labyrints*, New Directions Press, New York, 2nd edn. (1964), *The Aleph and other Stories 1933-1969*, Dutton New York (1978), and *The Book of Sand*, Penguin Books, Londra (1979)

[5] J.D.Barrow, *The Artful Universe*, s. 62, Oxford University Press (1995)

[6] Bu, 1997'de St Andrews Üniversitesi, Psikoloji bölümündan K.J.Lee, D.A.Rowland, D.I.Perret ve D.M.Burt tarafından oluşturulan "ortalama" bir karma kadın yüzüdür.

[7] J.D.Barrow ve S.P.Bhavsar, Astronomun gözü astronomun beynine neler anlatır, *Quarterly Journal of Royal Astronomical Society*, 28, 109 (1987).

[8] E.de Bono, *A Five Day Course in Thinking*, Penguin Books, Londra (1968).

[9] Yaşam Oyunu'nun ayrıntılı bir tartışması için bkz. E.Berlekamp, J.H.Conway ve R.Guy, *Winning Ways*, Academic Press, New York (1982); daha aşağı düzeyde bir tartışma için: W.Pountstone, *The Recursive Universe, Morrow, New York (1985)*.

[10] Matthew 19, v. 21.

[11] Ortaçağ ilahiyatçıları bu tür ikilemlerle ciddi biçimde uğraşmıştır. Örneğin, 13. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, ilahi gücün doğasında olan şeylerle Tanrı'nın yapmayı seçtiği şeyler arasında bazı ince ayırımlar yapılmıştı. Tanrı'nın yetisi içinde olan (ama yapmadığı) şeyler vardı, ve yapamayacağı şeyler vardı. Yavaş yavaş ilahiyatçıların vurguladığı şeyler, farklı ilahi güçlerin kendilerinden söz etmek yerine, pek belli etmeden, onlar hakkında farklı konuşma biçimlerine yöneldi. İlahiyatçılar için doktrin önemliydi. Çünkü Tanrı'nın güvenilirliğini ya da çevrelerindeki dünyanın Tanrı'nın Takdirindeki uyuma gölge düşürmeden Tanrı'nın etkinlik özgürlüğünü, yeniden doğrulamasına gerek duyuyorlardı. Daha ileri tartışmalar T.Rudavysky'nin (ed.), *Divine Omniscience and Omnipotence in Medieval Philosophy*, Reidel, Dordrecht (1985) toplu makalelerinde bulunabilir. Ayrıca şu eserlere de başvurulabilir: A.Kenny, *The God of the Philosophers*, Oxford University Press (1978); J.E.Ross, *Philosophical Theology*, Bobbs Merill, Indianapolis (1979);

N.Kretzmann, Omniscience and immutability, *Journal of Philosophy*, 63, 409 (1966); J.Wippel, The reality of non-existing possibles, *Review of Metaphysics*, 34, 729 (1981); K.Ward, *Religion and Creation*, Clarendon Press, Oxford (1996)

[12] H.Pagels, *The Dreams of Reason*, s. 286, Simon and Schuster, New York (1988).

[13] J.Polkinghorne, *One World: the interaction of science and theology* SPCK, Londra (1994); A.Peacocke, *God and the New Biology;* ve J.Doye, I.Goldby, C.Line, S.Lloyd, P.Shellard, ve D.Tricker, Contemporary Perspectives on Chance, Providence and Free Will, *Science and Christian Belief*, 7,117 (1995).

[14] T.Brown, *Religio Medici*,Vol. 1, s. 47, Dutton, New York (1934), (Londra 1658).

[15] J.D.Barrow, *Pi in the Sky*, Oxford University Press (1992), sayma ile ilişkili çeşitli tabuları ele almaktadır; ayrıca bkz. Panati, *Sacred Origins of Profound Things*, Penguin Books, Londra (1996) ve W.Buckert, *Creation of Sacred*, Harvard University Press, (1996).

[16] Genesis 2, v. 9.

[17] Philip Zimmermann'ın yazdığı Pretty Good Privacy, ya da PGP şifreleme sistemi, Web sitesi: http://www.arc.unm.edu/~drosoff/pgp/pgp.htm #whatispgp.

[18] A.Cromer, *Uncommon Sense*, s. 78, Oxford University Press (1993).

[19] Tek-tanrıcılık ile doğa yasaları kavramları arasındaki bağlantılar konusundaki tartışmalar için, bkz: J.D.Barrow, *The World Within the World*, Oxford University Press (1988); J.Needham, *The Grand Titration, Science and Society in East and West*, Allen and Unwin, Londra (1969); J.Needham, *Human Law and the Laws of Nature in China and the West*, Oxford University Press (1951); ve F.Oakley, Hıristiyan teolojisi ve Newton-vari bilim: Doğa yasaları kavramının yükselişi, *Church History* 30, 433 (1961).

[20] J.Needham, *Science and Civilisation in China*, vols. 1 - 7, Cambridge University Press (1954-).

[21] O.Wilde, *Phrase and Philosophies for the Use of Young*, (1891).

[22] S.Brams, *Superior Beings: if they exist, how would we know?* (Üstün Varlıklar: eğer var iseler, nasıl bilebiliriz?) Springer, New York, (1983).

[23] N.Falleta, *The Paradoxicon*, s. xvii, Doubleday, New York (1983).

[24] Bkz. P.Hughes and G.Brecht, *Vicious Circles and Infinity: an anthology of paradoxes*, Penguin Books, Londra (1978).

[25] A.Rapoport, *Escape from Paradox*, Scientific American, July 1967, s.50-6.

[26] The Independent Newspaper, Londra, s.15, 19 Temmuz 1997.

[27] B.Ernst, *The Magic Mirror of M.C. Escher*, Tarquin, Norfolk (1985).

[28] B.Ernst (J.A.F. Rijk olarak da bilinir), *The Eye Beguiled: Optical Illusions*, s. 69, Taschen, Cologne (1992).

[29] L.S.Penrose and R.Penrose, Impossible objects a special type of visual illusion, *British Journal of Psychology*, 49, 31 (1958).

[30] W.Hogarth, John Joshua Kirby'nin *Dr, Brook Taylor's Method of Perspective Made*

Easy, Londra (1754) kitabına önsöz.

[31] Orijinal baskı Philadelphia Museum of Art'da.

[32] Bunlar http:/www.biggalery.com/art/byartist/Z1004689.asp. web sitesinde görülebilir.

[33] B.Ernst, ref. 5, s.68.

[34] L.Necker, İsviçrede görülen çok ilginç bazı olayların gözlemleri; ve, kristal ya da geometrik biçimde bir katı maddeye bakıldığında gerçekleşen optik bir olay hakkında *London and Edinbugh Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1, 329 - 37 (1832); H.Barlow, W.Thorpe ve O.Zangwill'in *Current Problems in Animal Behaviour*, s.331-60 kitabında duyusal mesajları şifreleme, Cambridge University Press (1961); R. Gregory, *The Intelligent Eye*, McGraw-Hill, New York (1970).

[35] Orijinali Kudüs'teki Israel Museum Collection'da.

[36] Bkz. ref.5.

[37] H.S.M.Coxeter, Dört boyutlu geometri, bkz: *Introduction to Geometry*, (Geometriye Giriş) s.*396-412*, Wiley, New York (1961); B.Grünbaum ve G.C.Shepherd, *Tilings and Patterns*, (Taş Döşeme ve Örüntüler) *W.H.Freeman, New York (1987).*

[38] Bkz. ref.5 ve J.L.Borges, S.Ocampo, ve A.B.Casares (eds) *The Book of Fantasy*; Black Swan; Londra (1990).

[39] G.Vlastos, Zeno of Elea, *Encyclopedia of Philosophy*, Vol.8, s.369-79, Macmillan, New York (1967).

[40] Zeno'nun çağdaş tartışmaları için bkz: A.Grünbaum, *Modern Science and Zeno's Paradoxes*, Wesleyan, Middletown (1967) ve W.C.Salmon (ed.), *Zeno's Paradoxes*, Bobbs-Merill, Indianapolis (1970).

[41] E.Taylor and J.A.Wheeler, *Spacetime Physics*, W.H.Freeman, New York (1966).

[42] A.Rae, *Quantum Physics - Illusion or Reality*, Cambridge University Press (1986). J.Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat*, Bantam, New York (1984).

[43] B. d'Espagnet, *In Search of Reality* (Gerçeklik Arayışı), Springer, New York (1983); D.Mermin, Is the Moon there when nobody looks? (Hiç kimse bakmadığı zaman da Ay orada mı?), *Physics Today, s.38* (April 1985); P.C.W.Davies and J.R.Brown, (eds), *The Ghost in the Atom*, Cambridge University Press (1986).

[44] H.R. Brown and R.Harre, *Philosophical Foundations of Quantum Field Theory*, (Kuantum Atom Teorisinin Felsefi Temelleri) Oxford University Press (1988).

[45] E. Wigner, Remarks on the mind-body question, (Akıl - beden sorusu bağlamında düşünceler,) *The Scientist Speculates: an anthology of partly-baked ideas*, (Yarı piş miş fikirlerden bir derleme) s. 284, I.J. Good (ed), Basic Books, New York (1962).

[46] Titus 1, v. 12.

[47] P.V.Spade, The Medieval Liar: a Catalogue of the Insolubia Literature, Pontifical Institute, Toranto (1975).

[48] B.Russell, *The Principles of Mathematics*, 2nd edn., Norton, New York (1943).

[49] D.Adams, *The Restaurant at the End of the Universe*, (Evrenin Sonundaki Lokanta),

Ballentine, New York (1995).

[50] B.D'Espagnet, The quantum theory and reality (Kuantum teorisi ve gerçeklik), *Scientific American*, Kasım 1979, s.158; N.Herbert, *Quantum Reality*, Rider, Londra (1985); D.Lindley, *Where the Weirdness Goes* (Tekinsizlik Nereye Gidiyor) Basic Books, New York (1996).

[51] K.Wilber (ed.), *Quantum Questions: Mystical Writings of the World's Great Physicists*, Shambhala, Boston (1985).

[52] G.Edelman, *Bright Air, Brilliant Fire; On the Matter of the Mind*, Penguin Books, Londra (1992).

[53] *Mr. Tompkins in Paperback;* G.Gamow adıyla tekrar-baskı cep kitabı bulunabilir, Cambridge University Press (1965)

[54] E.Wigner, *Communications on Pure Applied Mathematics*, (doğal bilimlerde matematiğin akıl almaz etkinliği), *13, 1 (1960).*

[55] Particle Data, *Review of Modern Physics 54. 1 (1996).*

[56] Bkz. ref.40.

[57] CERN Courier, Tmz/Ağust. (1997), s.22.

Bölüm II

[1] P.W.Frey (ed.), *Chess Skill in Man and Machine*, (İnsan ve makinenin satranç becerisi) 2nd edn. Springer, New York (1983). .M.Newborn, *Kasparov versus Deep Blue: Computer Chess Comes of Age*, (Kasparov'a Karşı Deep Blue: Bilgisayar Satrancı Erginliğe Erişiyor) Springer, New York, (1997); Satrancın doğanın bir görüntüsü olarak kullanılması ilk kez T.H.Huxley'in A. *Liberal Education* (Liberal Bir Eğitim) (1868) kitabında görülür. Şöyle yazıyor: "Satranç tahtası dünya, taşlar evrendeki olaylar; oyunun kuralları ise bizim doğa yasaları dediğimiz şeydir. Karşı taraftaki oyuncu bizden saklanmıştır. Kendinin oyunda her zaman dürüst, adil ve sabırlı olduğunu biliyoruz. Ancak, işimize gelmese de, hiçbir zaman hataları gözden kaçırmadığını, ya da bilgisizliğimiz karşısında hiç tolerans göstermediğini de biliyoruz."

[2] Sınırlar, örneğin süper-zayıf kuvvetler için, olanaklıdır. Yanıtlanmamış en önemli soru, hâlâ, gravitasyon kuvvetinin uzaklıkla doğrusal olarak artan başka bir bölümünün var olup olmadığıdır. Bu bileşen, yeni bir doğa değişmezinin, "kozmolojik değişmez"in olanaklılığı ile ilgilidir. Ancak astronomik kanıtlar henüz onun sıfırdan farklı bir değeri olup olmadığını anlatmaktan acizdir.

[3] Bkz. M.Gell-Mann'ın *The Quark and the Jaguar*, Little Brown, New York (1994) örneği.

[4] Burada, meslektaşım Leon Mestel'in bir keresinde değindiği gibi, manana (bugün olmazsa yarın) gibi bir sözcüğe gerek var; ama o da zorunluluğu aynı ölçüde yansıtmıyor.

[5] J.Ortega y Gasset, *The Revolt of The Masses*, (Kütlelerin İsyanı) Mentor Books, New York (1950).

[6] Graham Green'in *The Third Man* 1949 senaryosuna Orson Welles'in yaptığı ekleme.

[7] G.Stent, *The Coming of the Golden Age: A View of the End of Progress*, (Altın Çağın Gelişi: İlerlemenin Sonuna Bir Bakış) Natural History Press, New York (1969). Daha sonraki bir kitabı, *Paradoxes of Progress*, (İlerlemenin Paradoksları) W.H.Freeman, San Fransisco (1978), daha önceki çalışmasının ilk üç bölümü ile biyoloji ve genel olarak bilimin geleceği hakkında denemeler içeriyor. 1960'ların ve beatnik kuşağının eğilimleri ile insan kültürünün çok geniş kapsamlı dejenere olmasını farkeden başka yazarlar da vardı. Örneğin, O.Guiness, *The Dust of Death* (Ölümün Tozları) , Inter-Varsity Press, Londra (1973).

[8] J.Horgan, *The End of Science* (Bilimin Sonu), Addison-Wesley, Reading, Mass. (1996).

[9] G.Stent, *The Coming of the Golden Age*, (Altın Çağın Gelişi) s. ıx.

[10] Bu görüş, roman ve seyahat yazarı Paul Theroux'nun Pasifik Adalarındaki yolculuklarını anlatan *Happy Isles of Oceania: Paddling the Pacific* (Okyanusyanın Mutlu Adaları: Pasifikte gezintiler) , Penguin Books, New York (1992). kitabında da çağdaş ve ilginç şekilde dile getirilmiştir.

[11] G.Stent, *The coming of Golden Age*, s. 132.

[12] Bu grubun bazı tartışmaları için bkz. J. D.Barrow and F.J.Tipler'in *The Anthropic Cosmological Principle* (İnsan Merkezli Kozmolojik İlke), Clarendon Press, Oxford (1986),

[13] Doğal olarak bazı sosyal bilimciler bu yorumu bütün çağdaş bilime uygulamaya çalışmıştır; bunu da sadece Horgan'ın öne çıkardığı spekülatif sınırlar için yapmamıştır. Ne var ki, bilimcilerin çoğu, şaşırtıcı biçimde benimsenen bu görüşün saçma olduğu kanısındadır. Onun güçlü bir eleştirisi son dönemlerde Steven Weinberg tarafından yapılmıştır. Bu makale fizikçi Alan Sokal'ın insan bilimlerinin bazı alanlarında sunulan eleştirel aklın düzeyi konusundaki Truva Atı saldırısıyla eğlendirici bir canlılık kazanmıştır. Sokal'ın saçma ve muzip makalesinin "Transgressing the Boundries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity (Kuantum Gravitasyonunun Dönüştürmeci Bir Açıklamasına Doğru)" önde gelen dergilerden *Social Text*'te yayınlanması editörlerce onaylanmıştı. Bu açığa çıktığında, bazı sosyal bilim yorumcularının etiklerinden, bilim hakkında herhangi bir şey söyleme yeterliliklerine uzanan bir dizi konuda ateşli bir tartışma başladı. Bu makale vol. 13, 62-4 (1996) sayısında yer aldı.

[14] J.Horgan, a.g.e. s.7

[15] P.C.W.Davies, *The Mind of God* (Tanrının Aklı), Simon and Schuster, New York (1992).

[16] H.Weyl, *God and Universe: The Open World* (Tanrı ve Evren: Açık Dünya), s.28, Yale University Press, New Haven (1932).

[17] *The New Encyclopedia of Science Fiction* (Yeni Bilim-kurgu Ansiklopedisi) , Viking, New York (1988) 'de James Gunn, din ile bilim-kurgu arasındaki ilişki konusunda ilginç bir görüş ileri sürüyor: "Bilim gibi bilim-kurgu da, çağdaş dünyada bir-

çok kimse için, evrenin tam bir açıklamasında dinin yerine geçen örgütlü bir sistemdir. Nereden geldik, neden buradayız, buradan nereye gidiyoruz gibi, dinin bunları yanıtlamak için var olduğu sorular sorar. Bu nedenle, din *hakkındaki* bilim-kurgu ne kadar yaygın olsa da *dinsel* bilim-kurgu bu bakımdan bir çelişkidir." Tam olarak doğru olmasa bile, (C.S.Lewis'in dinsel nitelikli bilim-kurgu üçlüsünü hatırlayın), ilginç bir bakış açısıdır.

[18] Bu yüzyılın ilk yarısında başlayan klasik bir çalışma için, J.B.Bury'nin *The Idea of Progress*, (İlerleme Düşüncesi) Macmillan, New York (1932) ve Dover, New York (1955) yeni-baskısına bakınız. Ayrıca, R.Nisbet'in *History of the Progress* (İlerlemenin Tarihi), Heinemann, Londra (1980) ve E.Zilsen'in The genesis of the concept of scientific progress (Bilimsel ilerleme kavramının kökeni), *Journal of the History of Ideas* 6, 325 (1945) bakınız.

[19] Döngüsel (cyclic) evrenin tarihini araştıran birçok çalışma yapılmıştır; örneğin, bkz. M.Eliade'nin *The Myth of the Eternal Return* (Sonsuz Geri Geliş Mit'i), Pantheon, Kingsport *(1954)*. S.Jaki'nin *Science and Creation* (Bilim ve Yaratılış), Scottish Academic Press, Edinburgh (1974), birçok olguyu içerse de, onların yorumlarında o denli önyargılı ve iğneleyicidir ki, bu sorular için bir yol olarak önerilemez.

[20] Tasarım Argümanlarının ayrıntılı bir anlatımı için bkz.J.D. Barrow and Tipler'in *The Anthropic Cosmological Principle* (İnsan-Merkezli Kozmolojik İlke) , Clarendon Press, Oxford (1986 ve 1996).

[21] Tasarım Argümanının basit formlarını destekleyenler için insan gözü klasik bir örnekti; bkz. ref.20. Amerikalı biyolog George Williams insan gözünün tasarımının (doğal seçiminin adım adım süreciyle gelişmiş olan birçok doğal uyarlama gibi) kusurlu olduğunu ve daha iyi olabileceği birçok yolu tartışmıştır; bkz. G. Williams, *Plan and Purpose in Nature*, Orion, Londra (1996).

[22] H.Spencer, *Principles of Ethics* (Etik İlkeleri), Williams and Norgate, Londra (1892-3).

[23] Örneğin, John Desaguliers; *The Newtonian System of the World, the Best Model of Government* (Dünyanın Newton-vari Sistemi, En iyi Hükümet Modeli), (1728). Ayrıca bkz. J.D.Barrow, *The World Within the World* (Dünyanın İçindeki Dünya), s.74, Oxford University Press (1988).

[24] F.Manuel, *The Religion of Isaac Newton* (Isaac Newton'un Dini) , Clarendon Press, Oxford (1974) ve *A Portrait of Isaac Newton* (Isaac Newton'un Portresi), Frederick Muller, Londra (1980).

[25] G.Sarton, *The Study of the History of Science* (Bilim Tarihinin İncelenmesi) , Dover New York 1957.

[26] K.Lorenz, *Behind the Mirror* (Aynanın Arkasında), Harcourt, Brace, Jovanovich, New York (1977) ve çağdaş biyolojinin ışığında Kant'ın a priori doktrini, *Yearbook of the Society for General Systems Research*, vol.VII, pp. 23-35, Society for General Systems Research, New York (1962); ayrıca, R.I.Evans, *Konrad Lorenz: the Man and His Ideas*, (Konrad Lorenz: İnsan ve Düşünceleri) s. 181-217, Harcourt, Bra-

ce, Jovanovich, New York. Her ikisi de Almanca orijinalinden çevrilmiştir; ilk baskı 1941' de yayınlanmıştır.

[27] B. de Spinoza, *Ethics*, (1670), *Britannica Great Books*, Vol.31, W. Benton, Chicago (1980).

[28] J.Richards, Matematik teorisinin karşılanışı: İngiltere'de Öklid-dışı geometri 1868-1883, *Naturel Order: Historical Studies of Scientific Culture* (Doğal Düzen: Bilimsel Kültürün Tarihsel İncelemesi), B.Barnes and Shapin (eds), Sage Publications, Beverly Hills (1979); E.A.Purcell, *The Crisis of Democratic Theory* (Demokratik Teori Krizi), University of Kentucky Press, Lexington (1973).

[29] Bob Dylan. Desolation Row (Çaresizlik Sokağı) *Highway 61 Revisited*, CBS SBPG 62572' den.

[30] A.Crombie, Bilimsel ilerlemeye bazı yaklaşımlar: eski, orta ve modern çağlar, *History of Science* (Bilim Tarihi), 13, 213 (1975).

[31] Ambrose Bierce'in, *The Devil's Dictionary* (Şeytanın Sözlüğü), Dover, New York (1958) kitabında verdiği unutulmaz tanımlama: "bizim Gerçek hakkındaki bilgimizi reddeden ve görülebilen hakkındaki bilgisizliğimizi onaylayan bir felsefe. Onun en uzun süreli temsilcisi Comte, en yaygın temsilcisi Mill, en ateşli temsilcisi de Spencer'dir". (ilk kez 1911'de yayınlanmıştır.)

[32] G.Lenzer, *Auguste Compte and Positivism: the essential writings* (Auguste Comte ve Pozitivizm: önemli yazıları), Harper, New York (1975); L.Laudan, Comte'un *Methode Positive*, *Philosophy of Science*, 38, 35 (1971) için bir değerlendirme.

[33] A.Comte, *Introduction and Importance of Positive Philosophy* (Pozitif Felsefeye Giriş ve Önemi) , ed. F. Ferræ, Bobbs-Merrill Co., Indianapolis, (1976), s. 2.

[34] ibid., s. 2.

[35] ibid. s. 3.

[36] ibid. s. 3.

[37] ibid. s. 31-2.

[38] Brush, s.8; A.Comte, *System of Positive Polity*, c.1, s.312-3, çeviri, J.Bridget, Longmans, Londra (1851).

[39] J.Hervival, 19. yüzyılda Fransız teorik fiziğinin görünüşü, *British Journal for the History of Science*, 3, 109 (1966).

[40] S. de Laplace, *Philosophical Essay of Probabilities* (Olasılıklar Hakkında Felsefi bir Deneme) , (1814) çeviri F.Truscott and F.Emory, Dover, New York, (1951).

[41] İngilizce çevirisi, E. du Bois-Reymond, Bilimsel bilginin sınırları olarak *Popular Scientific Monthly*, 5, 17 (1874)de çıkan ilk konuşma. İki konuşma, bir arada, *Über Die Grenzen ds Naturerkennens: Die Sieben Welträtsel - Zwei Vortrage*, Leipzig (1916)da yayınlanmıştır.

[42] Hemen daha önceki yıllarda termodinamik yasalarını anlamada önemli ilerlemeler kaydedilmişti. Bu, bir ölçüde, endüstri devriminin ayrılmaz bir parçası olan ısı motorlarının verimliliğini anlama arzusundan hız almıştı. (Şimdi yanlış olduğu anlaşılan) bu görüşler, teorik olarak, evrenin gelişmesine bir bütün olarak uygu-

lanarak evrenin yavaş yavaş "Isı Ölümü" denen, her yerde aynı olan küresel bir denge sıcaklığına geleceği sonucuna yol açmıştır. Bu sonuç da hayli kötümser felsefi yorumlara yol açtı; daha fazla kozmolojik sonuç için bkz. *The Origin of the Universe*, Orion, Londra (1994).

[43] E.Haeckel, *The Riddle of the Universe —at the close of the 19. century* (Evren Bilmecesi—19. yüzyıl sonunda) , çeviri McCabe, Londra ve New York (1901); tekrar basım: *The Riddle of the Universe*, Watts and Co., Londra (1929), seçkin "Thinkers' Library" dizisinin üçüncü kitabı.

[44] Haeckel, a.g.e. s. 365-6.

[45] Pierce'in düşünceleri üzerinde mükemmel bir etüt için bkz. N.Rescher, *Pierce's Philosophy of Science* (Pierce'in Bilim Felsefesi), University of Notre Dame Press, Londra (1978).

[46] Pierce bunu, gerçeğe art arda gelen yaklaşımların yakınsak serisinin limiti olarak ifade etmiştir.

[47] M.Planck, *Vortäge und Erinnerungen*, 5th edn. s.169, Stuttgart, (1949), N.Rescher tarafından *Scientific Progress: a philosophical essay on the economics of research in natural science* (Bilimsel İlerleme: Doğa biliminde araştırmanın ekonomisi üzerinde felsefi bir deneme), Blackwell, Oxford (1978), s.24' deki alıntı.

[48] A.A.Michelson, *Physics Today*, 21, 9 (1968) ve *Light Waves and their Uses* (Işık Dalgaları ve Kullanımı) , University of Chicago Press, Chicago, (1961) ' de alıntı.

[49] G.B.Shaw, Maxims for Revolutionists: Reason, (Devrimciler İçin Öz-deyişler: Neden) *Man and Superman*, Dodd, Mead & Co, New York (1939), Westminster (1903).

Bölüm III

[1] W.E Gladstone, Avam Kamarasında Reform Tasarısı konuşması, 1866.

[2] D. Miche (ed.) *Machine Intelligens*, c.5, s.3 (1970) 'den alıntı.

[3] Bilimin uzamı konusunda iyimser bir görüş için, bkz. P.Medawar'ın *The Limits of Science*, Oxford University Press (1984). Ne var ki, Medawar'ın tartışması çok sınırlı ve biyoloji dışındaki bilimler için çok zayıf. Onun insanı hiç şaşırtmayan sonuçlarından biri "Bilimin yanıtlayabileceği türden sonuçları yanıtlamak için bilimin gücünün bir sınırı yoktur" şeklindedir!

4. R.Penrose, *The Emperor's New Mind* (İmparatorun Yeni Usu), Oxford Universiity Press (1989) ve *Shadows of the Mind* (Aklın Gölgeleri), Oxford University Press, (1994).

[5] Ne yazık ki, bu iddia beynin yanılmaz olduğu gibi gizli bir varsayıma dayanıyor ve böyle olduğuna inanmak için de bir neden yok. Eğer beynin uzun ve yorucu bir doğal seçim sonucunda zorunlu olarak yanılabilir olduğunu kabul edersek, Gödel teoremini uygulamayız. Alan Turing'in bu duruma tepkisi şöyle oldu: "Eğer bir makineden yanılmaması beklenirse, aynı zamanda akıllı olması da beklenemez.

Tam da bunu söyleyen birkaç teorem vardır. Ancak bu teoremler yanılgısız olduğu gibi bir iddiası olmayan bir makinenin ne kadar zekâ sergileyebileceği konusunda bir şey söylemiyorlar." Penrose'un *The Large, the Small and the Human Mind* (Büyük, Küçük ve İnsan Zihni), Cambridge University Press, (1997), s.112' den alıntı.

[6] M. Pepper (ed.) *The Pan Dictionary of Religious Quotations* (Pan Dinsel Alıntılar Sözlüğü), Pan, Londra (1991), s.251

[7] P.Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory* (Fizik Teorisinin Amacı ve Yapısı) Princeton University Press (1954), s.38-9. Duhem realist olmayan farklı bir görüşün savunucusuydu. Teoriler, onun için, belirli işleri yerine getirecek araçlardı ve bilimsel ilerlemeyi bu bakımdan başarılar bağlamında tanımladı.

[8] B.Glass, Bilim: sonsuz ufuk ya da altın çağ. 171, 23-9 (1971) ve Biyolojinin gelişimindeki dönüm noktaları ve büyüme hızları, *Quarterly Review of Biology*, 54(1), 31 (1971).

[9] V.Bush, *Endless Horizons* (Sonsuz Ufuklar), Kamu Hizmetleri Tebliği, Washington (1990) tekrar basım, Bölüm 17: The Builder.

[10] K.Popper, *Objective Knowledge* (Nesnel Bilgi), Oxford University Press (1972), s.262-3.

[11] I.Stewart, alıntı, *The Problems of Mathematics* (Matematik Sorunları), Oxford University Press (1987).

[12] M.Foster, 19. yüzyılda bilimin ilerlemesi, *1899 Annual Report of the Smithsonian Institution* (Smithsonian Enstitüsü 1899 Yıllık Raporu), Washington (1901); Rescher'in *Scientific Progress* (Bilimsel İlerleme), Blackwell, Oxford (1978) s. 49 kitabından alıntı.

[13] D.Stauffer, *Introduction to Percolation Theory* (Perkolasyon Teorisine Giriş), Taylor and Francis, Londra (1985).

[14] E.Witten, K.Cole'un, A Theory of Everything (Her Şeyin Teorisi), New York Time Magazine, 18 Ekim 1987, s.20'den alıntı.

[15] T.Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Bilimsel Devrimlerin Yapısı), 2. genişletilmiş baskı, University of Chicago Press, (1970).

[16] S.W.Hawking, 29 Nisan 1980 Lucasian konferansları, *Physics Bulletin*, Ocak 1981 yeni baskısı, s.15-17.

[17] Bu resim, 1970'lerde "kaos" olarak bilinen şeyin ayrıntılı araştırmalarına öncülük eden Fransız matematikçi ve "strange attractor (garip çekici)" teriminin eş-mucidi David Ruelle'in öne sürdüğü bir düşünceye dayanmaktadır. Bkz. *complexity*, 3 (1), 26 (1997).

[18] C.Sagan, *Contact: A Novel*, (Temas: Bir Roman), Arrow, Londra, (1985)

[19] Kant, *Prolegomena to Any Future Metaphysics* (Gelecekteki Herhangi Bir Metafiziğe Önsöz), (1857); N.Rescher'in *Scientific Progress*, s.*248*'den alıntı.

[20] Elementer parçacık fiziğindeki durum özgün bir örnek sağlar. Çok yüksek enerjilerde olması gerekenleri öngören standart teori, içinde yeni hiçbir şeyin bulunma-

yacağı, "çöl" adı verilen çok büyük enerji alanları öngörür.

[21] G.Priest, *Beyond the Limits of Thought* (Düşüncenin Sınırlarının Ötesi), s.6, Cambridge University Press (1995).

[22] G.Edelman, *Bright Air, Brilliant Fire* (Açık Hava, Parlak Ateş), Penguin Books, Londra, (1992) ve *Neural Darwinism: The Theory of Neural Group Selection* (Sinir Hücresi Grup Seçimi Teorisi), Basic Books, New York (1987). Bu model, bu alanda çalışan herkes tarafından benimsenmemiştir. Francis Cricks ona daha az etkileyici olan "neural (sinirsel) Edelmanism" adını verir.

[23] R.Penrose, *The Emperor's New Mind* (İmparatorun Yeni Usu), a.g.e., ve D.V. Nanopoulos, Theory of brain function, quantum mechanics and superstrings (Beyin işlevinin teorisi, kuantum mekaniği ve süper-sicimler), CERN önbaskı CERN-TH/95-128 (1995).

[24] K.Devlin, *Goodbye Descartes* (Hoşça Kal Descartes), Wiley, New York (1997); D.Dennet, *Kinds of Minds* (Akıl Çeşitleri), Orion, Londra (1996).

[25] W. Kneale, Scientific revolutions forever? (Hiç durmayan bilimsel devrim mi?) *British Journal for the Philosophy of Science*, 19, 27 (1967).

[26] J.Leslie, *End* (Son), Routledge, Londra (1996).

[27] J.D.Barrow and E.J.Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (İnsan Merkezli Kozmolojik İlke), böl.10, Clarendon Press, Oxford (1986).

[28] Bunu görmek için, ilk dört terimin toplamının dört çeyrekten (= 1) büyük, sonraki sekiz terimin toplamının sekiz tane sekizde bir'den büyük, vb. olduğuna dikkat ediniz.

[29] "Doğanın niteliksel sonsuzluğu" tartışması için bkz. D.Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics* (Çağdaş Fizikte Nedensellik ve Rastlantı), Routledge, Londra (1957)

[30] E.Wigner, Bilimin sınırları, *Proceedings of the American Philosophical Society* (Amerikan Felsefe Derneği Tutanak Özetleri) , 94, 424 (1950).

[31] C.Babbage, *On the Economy of Machinery, and Manufactures* (Makinelerin ve Üretimlerin Ekonomisi Üzerine), s. 386-90, Londra (1835).

[32] D.Diderot, *Ouvres completes*, ed. J Assezat, Paris (1875), vol. 2, s. 11, De l'interpretation de la nature (doğanın yorumlanması), böl. iv.

[33] G.Gore, *The Art of Scientific Discovery: Or the General Conditions and Methods of Research in Physics and Chemistry* (Bilimsel Keşif Sanatı: Veya Kimya Araştırmalarında Genel Koşullar ve Yöntemler), s.15-16 ve 26-9, Londra (1878).

[34] R.Feynman, *The Character of Physical Law* (Fizik Yasaları Üzerine), s.172, MIT Press, Cambridge, Mass. (1965).

[35] B.Glass, ref.8. Ancak yazarın ileri sürdüğü "evren kapalı ve sonludur" savının doğru olduğundan emin olamayacağımıza dikkatinizi çekerim.

[36] I.Good (ed.), *The Scientist Speculates* (Bilimcinin Spekülasyonları), s.15, Basic Books, New York (1962).

[37] Bu sonucu ilk olarak 4 Temmuz 1977'de Oxford'daki doktora sözlü sınavı sırasında elde ettim. Sınav komitesinin iki üyesi tezi okudukları sırada daktilo hatalarını ay-

rı ayrı listelemişlerdi ve kaç tanesinin atlandığını merak ediyorlardı. Bu argüman onları yanıtladı. Şansımdan, öngörülen sayı çok büyük değildi.

[38] Aynı türden akıl yürütme, daha sınırlı bir alanda, keşfedilmemiş olan astronomi olaylarının sayısını hesaplamak için M.Harwit'in *Cosmic Discovery*, MIT Press, Cambridge, Mass. (1981) kitabında kullanılmıştır. Harwit, 2200 yılına gelindiğinde astronomik cisimlerin önemli bütün kategorilerinin yüzde 90'ını bulmuş olabileceğimizi düşünüyordu.

[39] *Troilus and Cressida*, Perde 3, Sahne 2.

[40] J.D. Barrow, *Theories of Everything* (Her şeyin Teorileri), Clarendon Press, Oxford (1991).

Bölüm IV

[1] R.Trivers, Sosyoloji ve Politika: White (ed.), *Sociobiology and Human Politics* (Sosyoloji ve İnsan Politikaları), s.33, Lexington Books, Lexington, Mass. (1981)' den.

[2] Buna bazen evrimsel biyolojinin "Merkezî Dogması (Central Dogma)" denir; bkz. örneğin E.Mayr, *One Long Argument* (Uzun Bir Argüman), Penguin Books, Londra (1991).

[3] S.Pinker, *The Language Instinct* (Dil İçgüdüsü), Penguin Books, Londra (1994).

[4] J.Seymour and D. Norwood, A game of life (Bir yaşam oyunu), *New Scientist*, 139, (No.1889), 23 (1993).

[5] R.Descharnes ve G. Næret, *Dali*, Cilt.1 ve 2, Taschen, Hohenzollernring (1994).

[6] S.Mithen, *The Prehistory of the Mind* (Aklın Tarihöncesi), Thames and Hudson, Londra (1996).

[7] 19. yüzyıl sonlarına doğru İtalyan Giovanni Schiaparelli, Mars'taki "canali"nin (kanalların) belirtilerini gördüğünü açıkladı. Bundan esinlenen Amerikalı astronom Percival Lowell Flagstaff, Arizona'da bu amaç için yapılmış olan bir teleskopla, varsayılan bu kanalların birçoğunu haritaladı. Daha yakın zamanda *Viking 1* Mars uydusu 1976'da Mars yüzeyinin fotoğraflarını çekti. Bunlarda, tuhaf bir şekilde, taş kabartma bir insan yüzüne benzeyen acayip bir kaya formasyonu görülmektedir; bkz. D.Goldsmith, *The Hunt for Life on Mars* (Marsta Yaşam Arayışı), s.199, Dutton, New York (1997).

[8] G.C.Williams, *Plan and Purpose in Nature* (Doğada Plan ve Amaç), Orion, Londra (1997); R.Dawkins, *The Blind Watchmaker* (Kör Saatçi), Norton, Londra (1986).

[9] L.E.Töth, What bees know and what they do not know, (Arılar neyi bilir, neyi bilmez) *Bulletin of the American Mathematical Society*, 70, 468 (1964); S.Hildebrandt ve A.Tromba, *Mathematics and Optimal Form* (Matematik ve Optimal Biçim), W.H.Freeman, New York (1985).

[10] R.Rorty, "Is the truth out there?" (Gerçeklik oralarda bir yerde mi?) *The Times Higher Education Supplement*, 6 Haziran, (1997), s.18; daha geniş bir anlatım için bkz. R.Rorty, *Philosophy and the Mirror of Nature* (Felsefe ve Doğa Aynası), Blackwell,

Oxford, (1980).

[11] N.Humphrey, *Soul Searching* (Kendini Sorgulama), s. 52-3, Chatto and Windus, Londra (1995).

[12] J.D.Barrow, *Pi in the Sky* (Gökyüzündeki Pi), Oxford University Press (1992).

[13] İngilizler hâlâ, küçük sayıdaki belirli şeyleri anlatan bazı eski sözcükleri kullanırlar. Örneğin, genellikle ikililer için "bir bağ keklik", "bir çift ayakkabı" deyimleri gibi. Daha büyük nicelikler söz konusu olduğu zaman özel terimler daha az görülür.

[14] G.Stent, *The Coming of the Golden Age* (Altın Çağın Gelişi), Natural History Press, New York (1969) s.98'deki alıntı.

[15] R.Voss and J.Clarke, 1/f (bir anlık ışık) gürültüsü: kısa bir gözden geçirme. *Proceedings of the 33rd Annual Symposium on Frequency Control*, s. 40-6, Atlantic City (1975), ve Müzikte 1/f gürültüsü: 1/f' den müzik. *Journal of the Accustical Society of America*, 63, 258 (1978); daha fazla tartışma için bkz. J.D.Barrow, *The Artful Universe*, Oxford University Press, (1995) ch. 5.

[16] L.B.Meyer, *Music, the Art and Ideas* (Müzik, Sanat ve Düşünceler) , University of Chicago Press, Chicago (1967). Hatırlayalım ki, Meyer, müzikte bazı tonal dizilerinin belirli duygusal tepkiler uyandırdığını ileri süren bir müzik teorisi geliştirmiştir.

[17] Bkz. S.Mithen, a.g.e.

[18] Exodus 1, v. 7.

[19] Bu resmi bulmada bana yardımcı olan John Casti'ye minnettarım. Resim J.Casti'nin *Five Golden Rules* (Beş Altın Kural), Wiley, NY (1996) kitabında yer alıyor.

[20] D.Harel, *Algorithmics: The Sprit of Computing* (Algoritmik: İşlemlemenin Ruhu) , Addison Wesley, New York (1987).

[21] W.Rouse Ball, *Mathematical Recreations and Essays* (Matematiksel Oyunlar ve Denemeler), Macmillan, Londra (1982).

[22] Bunu başarmanın en iyi yolları P.Buneman ve L.Levy ile T.Walsh tarafından 1980'de bulunmuştur; bkz. L.Levy, *Discrete Structures of Computer Science* (Bilgisayar Biliminin Ayrık Yapıları), Wiley, New York (1980).

[23] Buradaki teknik noktaya dikkat ediniz. NP problemleri bir problemin doğru çözümünü kontrol etmek için gereken zaman bakımından tanımlanmışlardır. Çözümü bulmak çok daha uzun zaman alacaktır (Bunu bir boz-yap bulmacasını yapmak için gereken süre ile doğru olarak yapıldığını kontrol etmek için gereken süreyle karşılaştırınız).

[24] S. A.Cook, Teorem ispatlama yöntemlerinin karmaşıklığı, *Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Theory of Computing* (İşlemleme Teorisi Üzerine 3. ACM Sempozyumu Tutanakları), s. 151, ACM, New York, (1971); M.R.Garey and D.S.Johnson, *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Compeleteness* (Bilgisayarlar ve İzlenebilir Olmama: NP-Eksiksizlik Teorisinin Rehberi), Freeman, San Francisco (1979).

[25] J.Casti, Dış sınırlar: bilimde "bilinebilir olmayan" arayışı. J.Casti and A.Karlqvist, *Boundaries and Barriers* (Hudutlar ve Engeller), *s.*27, Addison Wesley, New York

(1996).

[26] A.Fraenkel, Protein katlanmasının karmaşıklığı, *Bulletin of Mathematical Biology*, 55, 1199 (1993). Bu ve başka karmaşıklık çalışmalarında uygulanması gereken işlemleme modeli türü gibi sorulara odaklanan daha fazla tartışma için J.Casti and A.Karlqvist'in *Boundaries and Barriers* (Sınırlar ve Engeller), s.249, addison Wesley, New York (1996)'da J.Traub'a bakınız.

[27] G.Rose, No Assembly Required (Hiç Montaj Gerekmiyor), *The Sciences*, s.26-31 (Jan/Feb 1996).

[28] D.P. Di Vicenzo, Quantum computation (Kuantum işlemleme), *Science*, 270, 255 (1995); L.M. Adelman, Birleştirici (combinatorial) problemlerin çözümlerinin moleküler işlemlemesi, *Science*, 266, 1021 (1994).

[29] M.R.Schroeder, *Number Theory in Science and Communication* (Bilim ve İletişimde Sayılar Teorisi), 2nd edn, s.118, Springer, New York (1986).

[30] Bkz. *New Scientist*, No. 2080, s.13,

[31] J.Diamond, *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee* (Üçüncü Şempanzenin Yükseliş ve Düşüşü), s.204-5, Vintage, Londra.

[32] *The African Queen* filminde Humphrey Bogart'a söylenen sözler.

[33] G.Dyson, *Darwin Among the Machines* (Darwin Makineler Arasında), s.108, Addison Wesley, New York (1997)'de alıntı.

Bölüm V

[1] Die Fröhliche Wissenshaft, (1886), iv

[2] Ch.14, v.28.

[3] W.Zurek, İşlemleme, algoritmik karmaşıkık ve bilgi ölçmenin termodinamik gideri. *Nature*, 342, 119 (1989).

[4] E.Mayr, *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought* (Charles Darwin ve Modern Evrimsel Düşüncenin Başlangıcı), Harvard University Press. New York (1991).

[5] F.Nietzsche, *The Will to Power*, Toplu Eserleri, ed. O.Levy, yeni baskısı, T.N.Foulis, Londra (1964). Biyolojik ilerlemeye çağdaş bir yaklaşım için bkz. örneğin, F.J.Ayala, *Can "progress" be defined as a biological concept?* ("İlerleme" biyolojik bir kavram olarak tanımlanabilir mi?) , M.Nitecki'nin (ed.), *Evolutionary Progress*, (Evrimsel İlerleme) s.75-96. Chicago University Press (1988).

[6] Bkz. J.D.Barrow ve F.J.Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (İnsan Merkezli Kozmolojik İlke), Clarendon Press, Oxford (1986). Yeni bir karbon biçiminin (karbon 60) keşfedilmesi, yaşamın kendiliğinden gelişmesine giden biyokimyasal yollar üzerinde henüz etkisini göstermemiştir. Belki de bize biyolojik karmaşıklığa giden yeni bir rota sağlayacaktır.

[7] Evrenin kütlesinin yaklaşık yüzde yirmibeş'i helyumdan oluşur; onun da yaklaşık yüzde1-2'si yıldızlardan üretilir. Geriye kalanı ise evrenin ömrü yaklaşık üç daki-

kayken üretilmiştir. Evrenin kütlesinin geriye kalan yüzde 75'inin hemen hepsi hidrojendir.

[8] Yani, kütle hacimle (ya da yarıçapın küpüyle) orantılı olarak.

[9] Gıda zincirinin yapısı nedeniyle başka yaratıklar da girer.

[10] A.Smith, *Essays on the Principles which lead and direct philosophical inquiries* (Felsefi araştırmaları yöneten ve yönlendiren İlkeler hakkında denemeler) , Ward, Lock & Co., Londra (1880).

[11] R.Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter* (İspatı İstenen Şey: Işık ve Maddenin Garip Teorisi) , Princeton University Press (1985).

[12] Bu doğruluk derecesi ikili bir pulsarın davranışının izlenmesi ile başarılmıştır; bkz C.Will, *Was Einstein Right?* (Einstein Haklı mıydı?), Basic Books, New York (1986); I.Ciufolini and J.A.Wheeler, *Gravitation and Inertia* (Gravitasyon ve Eylemsizlik), Princeton University Press (1995).

[13] Kozmolojik gözlemlerin, bazen "kozmolojik sabit" denen bir doğa kuvvetinin var olmasına gerek duyması mümkündür. Bu, gravitasyon yasasının günümüzdeki şekline bir ilave, ya da yeni bir uzun menzilli doğa kuvveti olarak düşünülebilir. Newton'un öne sürdüğü gravitasyonun ters kare yasasının tersine, bu kuvvet uzaklık ile doğrusal olarak artar; çünkü evren ölçütlerinde bile etkisi küçüktür.

[14] Bkz. J.D.Barrow, *The Artful Universe* (Ustalıklı Evren), Oxford University Press (1995).

[15] Kısa süre sonra helyum bir element olarak Edward Frankland ve Norman Lockyer tarafından tanımlanmıştır. Laboratuvarlarda izole edilmesi ise 1895'de Willam Ramsey tarafından başarıldı

[16] N. S.Kardeshev, Dünya dışı uygarlıkların bı'gi iletişimi, *Soviet Astronomy*, 8, 217 (1964); Carl Sagan and I.S.Shklovskii, *Intelligent Life in the Universe* (Evrende Akıllı Yaşam) , s.469, Dell, New York (1966); yazılarında bir Rus uzay öncüsü olan Constantin Edwardovich Tsiolkovski'nin 1985'deki *Dreams of the Earth and Sky* (Dünya ve Gökyüzü Hayalleri), çevrenin astronomi bakımından manipülasyonlarına dikkat çekiyor. Güneşten gelen akının tümünün sadece 5x10-10 unu aldığımızı söyleyerek kalan bütün güneş enerjisini "güneş motorları" kullanarak, güneş sisteminde koloniler kurarak asteroidleri bir yerleşim yerleri zinciri şeklinde yapılayarak, onları ve ufak gezegenleri "tıpkı atları yönettiğimiz gibi" kontrol ederek, "3 x 1023 varlığı kolayca yaşatabileceğimizi" ileri sürüyor.

[17] 1960'da Freeman Dyson enerji ve madde kaynaklarının sınırlarını araştırdı. Günümüzde Dünya kütlesinin 10-8 inden daha azından yararlanıyoruz. Yılda toplam 1-2 milyar tonluk kömür tüketimi ile saniyede ortalama 3 x 1019 erglik enerji harcarız ve fosil yakıtlarımızı birkaç yüz yılda bitiririz. Eğer yıllık büyüme yalnızca yüzde 0,003 olursa, o zaman 1500 yılda enerji gereksinimi saniyede 3 x 1029 erg olacaktır ki bu, kabaca, Güneşin parlaklığının yüzde 0,01'idir. Enerjiden daha derin ve yaygın biçimde yararlanma yöntemleri bizim sonumuzu oldukça geciktire-

bilse de genel problem sürecektir.

[18] Eğer uygarlıkların yaydıkları gücün tayf endeksi 2,5'dan daha dikse, o zaman uzaktaki parlak uygarlıklar en yakın olandan daha kolay farkedilecektir.

[19] Son birkaç yıldır astronomların yerlerini saptamaya ve açıklamaya çalıştıkları gama ışınımı patlamaların, dünya-dışı uzay araçlarının aşırı enerjisi olduğu bile öne sürülmüştür.

[20] J.D.Barrow and F.J.Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (İnsan Merkezli, Kozmolojik İlke), Clarendon Press, Oxford (1986).

[21] J.D.Barrow ve F.J.Tipler, a.g.e.

[22] A.Guth ve S.Blau, S.W.Hawking ve W.Israel (eds.) *300 Years of Gravitation*, (Gravitasyonun 300 yılı) Cambridge University Press (1987)de; E.Farhi ve A.Guth, *Physics Letters* (Fizik Mektupları) 183 B, 149 (1987).

[23] A.Linde, *Reports on Progress in Physics* (Fizikteki İlerleme Haberleri), 47, 925 (1984)

[24] L.Smolin, Did the Universe Evolve? (Evren Evrim Geçirdi mi?) *Classical and Quantum Gravitiy* (Klasik ve Kuantum Gravitasyonu), 9, 173 (1992) ve *The Life of the Cosmos* (Kozmos'un Yaşamı), Weidenfeld, Londra (1997).

[25] Ancak bu hızın ne anlama geldiği konusunda belirsizlik vardır. Ayrıca, doğanın belirli bazı değişmezleri için varsayılan optimum değerlerin var olmama olasılığı da vardır.

[26] E.R.Harrison, akıllı yaşam içeren evrenlerin doğal seçimi, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 36, 193 (1995).

[27] Bu değişmezlerin bazılarının kökeninde farklı biçimde oluşmuş, yani bizimkiyle aynı yasalarla yönetilen evrenlerde farklı değerler almış olan yarı-rasgele olayların yattığı görülüyor. Bütün değişmezlerin istatistik yoluyla ortaya çıkmış olması hayli mümkündür. Gerçekte, bizim uzayın üç boyutunu duyumsuyor olmamız gerçeğine benzer bir şey bile bu rasgele kökeni paylaşıyor olabilir.

[28] F.Hoyle, *Religion and the Scientist* (Din ve Bilimci), SCM Press, Londra (1959). Hoyle'un karbon 12 enerji düzeylerini öngörmesi *Astrophysical Journal Supplement* 1, 121 (1954).

[29] Eğer güçlü nükleer kuvvet biraz daha güçlü olsaydı, o zaman dinötron ve diproton (yani helyum-2 izotopu) sınırlı durumlar olarak var olur ve yıldızlardaki hidrojen yanmasına çok hızlı doğrudan bir rota sağlardı. Bu kara delik üremesini artıran ve Smolin'in varsayımını çürüten değişmezin değerindeki küçük bir değişim olabilirdi; bkz not 24.

[30] F.Dyson, Energy in the Universe (Evrendeki enerji), *Scientific American*, 225, 25 (Eylül 1971).

[31] Bu tür spekülasyonlar J.D.Bernal'ın kitabı *The World, the Flesh and the Devil* (Dünya, İnsan doğası ve Şeytan), (2. baskı, Indiana University Press, 1969) ile başlamıştır; ayrıca, bkz: Freeman Dyson'un *Infinite in all Directions*, (Her Doğrultuda Sonsuz) , Basic Books, New York (1988).

[32] En uç örnek için bkz. F.J.Tipler, *The Physics of Immortality* (Ölümsüzlüğün Fiziği)

, Doubleday, New York (1994) ve not 19.

[33] S.W.Hawking, *A Brief History of Time (Zamanın Kısa Tarihi)* , *Bantam, New York (1988).*

[34] W.Blake, *Songs of Innocence* (Masumiyet Şarkıları) , (1789). G.Keynes (ed.) Oxford University Press (1970).

[35] Karmaşıklığın sadece uzaysal örgütlerde var olması gerekmiyor. Kendini hareket alanında (fizikçilerin deyimiyle hız uzayında) da gösterebilir. Çalkantılı (turbulent) sıvılar, bir musluktan hızla akan ya da bir şelaleden dökülen sular en önemli örneklerdir. Satürn'ün halkalarında gördüğümüz karışık, kaotik hareketler de bu türdendir. Bu, şöyle bir ilginç olasılığa yol açar: Eğer yaşamı kritik bir düzeydeki karmaşıklığa ulaşmanın bir görünümü olarak tanımlarsak, o zaman yaşam, içinde bulunduğumuz, tanıdığımız üç boyutlu konum uzayında olduğu gibi, hız uzayında da mümkün olabilir.

[36] P.Bak, *How Nature Works: the science of self-organised complexity* (Doğa Nasıl Çalışır: Kendini örgütleyen karmaşıklık bilimi), New York (1996).

[37] Eğer kum ıslatılırsa, ya da ince olacak şekilde öğütülürse, o zaman kritik eğim yükselmeyi sürdürür, ancak farklı biçimde. Aynı şey kum yerine şeker ya da pirinç kullanıldığında da olur.

[38] Yani olayların yer alma frekansı, onun büyüklüğünün matematiksel kuvvetiyle orantılıdır. Bu tür süreçlere kendi-benzeri (self-similar) denir.

[39] N kum taneciğinin çığ yapma olasılığı, a bir pozitif sayı olmak üzere, N-a ile orantılıdır.

[40] J.Deboer, B.Derrida, H.Flyvbjerg, A.Jackson ve T.Wetting, Kendini örgütleyen biyolojik evrimin basit modeli, *Physical Review Letters*, 73, 906 (1994); K.Sneppen, P.Bak, H.Flybjerg ve M.H.Jensen, Kendini örgütleyen kritik bir olay olarak evrim, *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 92, 5209 (1995).

[41] P.Bak ve C.Tang, Kendini örgütleyen kritik bir olay olarak depremler *Journal of Geophysical Research* B 94 15, 635 (1989; A.Sornette ve D.Sornette, Kendini örgütleyen kritik durum ve depremler, *Europhysics Letters*, 9, 197 (1989).

[42] K.Nagel ve M.Paczuski, Birden ortaya çıkan trafik sıkışıklıkları, *Physical Review*, E 51 2909 (1995).

[43] J.A.Scheinkman ve M.Woodford, Kendini örgütleyen kritik durum ve ekonomik dalgalanmalar, *American Journal of Economics*, 84, 417 (1994).

[44] R.Voss ve J.Clarke, Müzikte ve konuşmada 1/f gürültüsü, *Nature*, 258, 317 (1975), Müzikte 1/f gürültüsü: 1/f gürültüsünden müzik. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 258 (1978). Bu sonuçların ayrıntılı bir tartışması ve bazı öngörüleri, *The Artful Universe* kitabımın 5. Bölümünde verilmiştir.

[45] K.E.Drexler, *Engines of Creation*, s.148, Fourth Estate, Londra (1990).

[46] Eğer sistem kapalı değilse bunun doğru olması gerekmediğini unutmayınız. Bu durumda sistem dışardan bilgi ve enerji alabilir. Bu bölgedeki entropinin azalıp başka bölgelerde artması mümkün olabilir. Yaşam, denge durumundan uzak olan bu

olasılığı kullanan fiziksel bir süreçtir. Mum alevi de bir başka örnektir.

[47] J.C.Maxwell, *The Theory of Heat* (Isı Teorisi) , bl. 12, Longmans, Green, and Co., Londra (1871).

[48] Maxwell'in pek hoşnut olmamasına karşın ona bu adı veren Lord Kelvin'dir.

[49] L.Szilard, *Zeitschrift für Physik* (Fizik Dergisi), 53, 840 (1929), H.S.Leff ve A.F.Rex, *Maxwell's Demon* (Maxwell'in Şeytanı), s.124-33, Princeton University Press (1990)'da "Bir termodinamik sisteme akıllı varlıkların müdahalesiyle entropinin azalması konusunda" başlığıyla yeniden basılmıştır. Eğer ikinci yasa dikkate alınmazsa şeytanın bir güç kaynağı olarak ne kadar verimli olabileceği hesaplanabilir. Kullanılan tek sınır Heisenberg Belirsizlik İlkesidir. Normal büyüklükte bir odaya, oda sıcaklığında seyreltik bir gaz doldurulursa, odanın iki yarısı arasında iki derece sıcaklık farkı olması için bin yıldan fazla bir süre gerekir; bkz: H.S.Leff, Maksimum iş veriminde termal verimlilik: eski ısı makineleri için yeni sonuçlar, *American Journal of Physics*, 55, 602 (1987) ve Maxwell'in şeytanı, güç ve zaman, *American Journal of Physics*, 58, 135 (1990).

[50] Bir sonraki ölçme için hazırlanırken önceki sonuçların tahtadan silinmesi gerekliliğinin içerildiğine dikkat edin. Sürecin bu bölümünün temel önem taşıdığı ancak 1961'de Rolf Landauer tarafından farkedilmişti; makalelerin bir listesi için bkz. H.Reff ve A.Rex, ref. 49.

[51] J.D.Bekenstein, Bilgi aktarımının enerji bedeli, *Physical Review Letters*, 46, 623 (1981)

[52] E.Wigner, Görecelikli değişmezlik ve kuantum olgusu, *Review of Modern Physics*, 29, 255 (1957); J.D.Barrow, Kara delik için Wigner eşitsizlikleri, *Physical Review* D 54, 6563 (1996).

[53] P.D.Pesic, En küçük saat, *European Journal of Physics*, 14, 90 (1993).

[54] D.T.Spreng, Zaman, bilgi ve enerji sakınımı, ORAU/IEA-78-22 (R). Institute for energy analysis, Oak Ridge Assoc. Universities, Oak Ridge, Tennessee (Dec. 1978).

[55] A.M.Weinberg, Bilgi ve enerji sistemleri arasındaki ilişki hakkında: Bir Maxwell şeytanları ailesi, Maxwell Şeytanı 27 Ekim 1980'de National Conference of the Association of Computing Machinery, Nashville'de verilen konferansın metni, Leff ve Rex, ref. 49 yayımı, s. 116.

[56] K.Clark, *Civilisation*, (Uygarlık) s. 345, John Murray, Londra (1971).

[57] J.Maynard Smith, *Evolutionary Genetics*, (Evrimsel Genetik) s. 125, Oxford University Press (1989).

[58] A.C.Clarke, *Childhood's End* (Çocukluğun Sonu), Sidgewick and Jackson, Londra (1954).

[59] G.Marx (ed.), Bioastronomy—the next steps, (Biyoastronomi—sonraki adımlar) Kluwer, Dordrecht (1988).

[60] E.Regis (ed.), *Extraterrestrials: science and alien intelligence* (Dünyadışı varlıklar: bi-

lim ve yabancı akıllar), Cambridge University Press, (1985).

[61] M.D.Papagiannis, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 25, 309 (1984).

[62] Şu Tartışmalara bakınız: M.Ridley, *The Origins of Virtue* (Erdemin Kökenleri); W.Irons, Ahlak nasıl gelişti?, *Zygon*, 26, 49 (1991); F.J.Ayala, İnsan olmanın farkı: ahlaklı davranma evrimsel bir yan ürün olarak, *Biology, Ethics and the Origin of Life* (Biyoloji, Etik ve Yaşamın Kökeni), (ed.) Rolston, Jones and Bartlett, Boston (1995) kitabından; F. de Waal, *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Human and Other Animals* (İyi Huylu: İnsanda ve Başka Hayvanlarda Doğru ve Yanlışın Kökenleri), Harvard Universitiy Press, Cambridge, Mass (1995); P.Hefner, Ahlak ve insan evrimi konusuna teolojik bakış açısı, M. Richardson and W.J. Wildman (eds.) *Religion and Science: History, Method, Dialog* (Din ve Bilim: Tarih, Yöntem, Diyalog) , Routledge, New York (1996) kitabından.

[63] H.Moravec, *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence* (Çocuklara Dikkat Edin: Robot ve İnsan Zekâsının Geleceği), Harvard University Press, Cambridge, Mass. (1988).

[64] O.Stapleton, *Star Maker* (Yıldız Yapıcı), Dover, New York (1968).

[65] A.Rice, *The Witching Hour* (Büyü Saati), Knopf, New York, (1990).

[66] A.C.Clarke, *Superiority* (Üstünlük) , C.Fadiman (ed.) , *Fantasia Mathematica*, s. 110-20, Simon and Schuster, New York (1958) kitabından. Öykü ilk olarak 1951' de yayınlanmıştır.

[67] J.D.Barrow, *The Origin of the Universe* (Evrenin Kökeni) , Weidenfelt, Londra (1994).

[68] M.F.Crommie, C.P. Lutz, D.M. Eigler (1993)'den alıntı, *Science*, 262,218; Phys. Rev. B48, 2851; *Nature*, 363, 524.

[69] Fotoğraf Franco Nori'den; bkz: M.Bretz, J.Cunningham, P.Kurczynski, ve F.Nori. Granüler maddelerin çığ düşmesi halini görüntülüyor, *Physical Review Letters*, 69, 241 (1992) ve *Science News*, 142, 231 (1992).

Bölüm VI

[1] R.Estling, *The Skeptical Inquirer*, Bahar Sayısı (1993)

[2] D.Adams, *Mostly Harmless*, (Çoğunlukla Zararsız), s.1, Heinemann, Londra (1992).

[3] S.Goodwin, *Hubble's Universe* (Hubble'ın Evreni), Anchor, Londra (1997).

[4] S.W.Weinberg, *The First Three Minutes* (İlk Üç Dakika) , Basic Books, New York (1975); J.D.Barrow ve J.Silk, *The Left Hand of Creation* (Yaratılışın Sol Eli) , Basic Books, New York (1983) ve 2. baskı Oxford University Press, New York and Penguin Books, Londra (1995); J.D.Barrow, *The Origin of the Universe* (Evrenin Kökeni) , Weidenfeld, Londra (1994).

[5] "Teori" sözcüğü günlük konuşmalarda biraz olumsuz bir çağrışım yapmaya başlamıştır. Bir şeyin çılgınca spekülatif, belirsiz, kuşbeyinli olduğu düşüncesi yansıtıl-

maktadır. Bilimde ise herhangi bir düşünce ya da matematik denklemler sistemine gönderme yapan bir terimdir. Deneylerin onları bir gün yanlışlayabileceği anlamında, hepsi geçicidir. Ne var ki, Einstein'ın genel görecelik teorisi gibi bazıları beklenmedik biçimde başarılı öngörüler yapmıştır. İyi teoriler yerlerini yeni teorilere bıraktığında genellikle olan şudur: Onlar daha genel betimlemelerin limit durumlarıdır; tıpkı Newton'un teorilerinin, hızlar ışık hızından çok çok küçük, çekim alanları da zayıf olduğu koşullar için Einstein'ın teorisinin limit durumları olması gibi.

[6] Matthew, ch.13, v.12.

[7] Bu belirsizliklerin bazıları için dikkatli bir ayırım yapan iyi bir anlatım E.R.Harrison'un *Cosmology'sidir:* Cambridge University Press, (1981); her ne kadar, yazıldıktan sonra gözlemsel ve teorik kozmolojide, özellikle de parçacık fiziğinde yer alan birçok önemli gelişmeler onu biraz geride bırakmış olsalar da.

[8] Onun büyüklüğü ışık hızının, genişlemenin sürdüğü zaman süresiyle çarpımı ile verilir: Günümüzde bu, yaklaşık olarak, (3 x 1010 cm/san.) x (1017 san.) ≈ 1027 cm. dir. Genişleme başladıktan (t = 0) sonra herhangi bir t (saniye olarak) zamanında, bu ufuk küresi içindeki kütle yaklaşık 105 x t *çarpı* Güneşin kütlesidir. Başlangıca doğru geriye gidersek (t sıfıra yaklaştıkça) bizim ufkumuzun içinde olan madde ile ışınım da sıfıra yaklaşır.

[9] Newton'un çekim teorisinin bu ayırımı yapmış olması ilginçtir. Newton'un teorisinde sonsuz hacimli bir evren var olamaz; bkz: F.J.Tipler'in, Newton Kozmolojisine tekrar ziyaret, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 282, 206-10 (1996).

[10] *The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs*'dan, Macmillan, Londra (1910).

[11] Bunun nedeni Evrenin düzensizlikler içermesidir.

[12] İvme o kadar hızlıdır ki, bunu yapmak için sadece kısa bir zaman gerekir.

[13] G.Smoot and K.Davidson, *Wrinkles in Time* (Zamanda Kırışıklıklar) , Morrow, New York (1994).

[14] C.Misner, İlkel ateş toplarında ulaşım süreçleri, *Nature*, 214, 40 (1967).

[15] J.D.Barrow and R.Matzner, Evrende homojenlik ve izotropi, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 181, 719-28, (1977).

[16] Bu olanak ancak skalar alanın sadece bir tek durma noktası yerine olanaklı birçok son durma noktası olduğunda var olabilir. Yani bir topu dibinde durabileceği tek bir yer olan bir kâseye atmak yerine, durabileceği birçok nokta olan oluklu bir metal levhaya atmak gibi.

[17] Willam Allingham'a söylenmiş bir söz; D.A.Wilson ve D.Wilson McArthur, Carlyle: *Carlyle in Old Age*'den, cilt 6, alıntı, Kegan Paul, Londra, (1934).

[18] Bu zaman aralığının bir örnek vermek için seçildiğini vurgulamalıyız. Kısa bir zaman aralığında görülebilir evrendeki global değişimleri saptayamayız. Görülebilir evrenin genişlemesinde önemli değişikliklerin gerçekleşmesi için artık milyarlarca yıllık süreler gerekmektedir.

[19] A.Linde, The inflationary universe (Enflasyoner evren) , *Physics Today*, 40, (9) 61

(1987).

[20] Gereksinimlerden bazılarının ayrıntılı bir tartışması için bkz. J.D.Barrow and F.J.Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, (İnsan Merkezli Kozmolojik İlke), Clarendon Press, Oxford (1986).

[21] J.D.Barrow ve A.Liddle, Enflasyon yalanlanabilir mi? *General Relavitiy and Gravitation Journal*, 29, 1501-8 (1997).

[22] *MAP* ve *Planck Surveyor* misyonları ile çok büyük miktarlarda veri sağlanacaktır. Bu, evrenin bize ait bölgesini şişiren skalar alanın özelliklerini saptamamıza olanak sağlayabilir. O zaman, bu özelliklerin, hiç durmayan, art arda enflasyonlar kavramı ile tutarlı olup olmadıklarını söyleyebiliriz. Ancak sonuçlara dayanarak güvenle söyleyemeyeceğimiz bir şey de var: Bu türden çok sayıda alanlar olduğunu düşünüyoruz ve başka bir yerlerde, başka alanlar başka baloncuklar şişiriyor olabilirler.

[23] F.Hoyle, Genişleyen Evren için yeni bir model, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 108, 372 (1948); H.Bondi and T.Gold, Genişleyen Evrenin durağan durum (steady state) teorisi, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 108, 252 (1948).

[24] F.Hoyle and Narlikar, *Proceedings of the Royal Society*, A, 290,143, 162 (1966).

[25] Bu, durağanlığın saptanmasında taban olabilecek bir "mikyas" bulunarak halledilebilir.

[26] R.Levin'in, "İlerleme neden bu kadar mantıksız?" makalesinden alıntı, *Science*, 224, 1327 (1984).

[27] Bu, S.J.Gould ve R.Dawkins'in yazılarında özellikle aşikâr. Karşıt görüş ayrıntılı olarak S.Kauffman tarafından *The Origins of Order* (Düzenin Kökenleri), Oxford University Press, New York (1993) ve *At Home in the Universe* (Evrendeki Evimizde) , Oxford University Press, New York (1995).

[28] A. Linde, Kendini üreten enflasyoner evren, *Scientific American* 5 (Mayıs), 32 (1994). "Başka" evrenlerin güzel bir popüler anlatımı, M.J.Rees'in *Before the Beginning* (Başlangıçtan Önce), Simon and Schuster, New York (1997).

[29] J. Maynard Smith, *Evolutionary Genetics* (Evrimsel Genetik), Oxford University Press (1989).

[30] Kuantum başlangıcı olan bir evren için doğal bir topolojiye sahip olma olasılığının daha az mı yoksa daha fazla mı olduğunu bulmak üzere çalışmalar yapılmıştır. Ne yazık ki, kesin bir yanıt yoktur: farklı biçimde hesaplamalar farklı sonuçlar vermektedir.

[31] J.Levin, J.D.Barrow, E.Bunn, ve J.Silk; Düz noktalar: *COBE* gökyüzü haritalarındaki açık bir evrenin topolojik imgeleri, *Physical Review Letters*, 79, 974-8 (1997).

[32] Bu iki yönlü işliyor. Bazı kozmologlar Büyük Patlama teorisini destekliyordu; çünkü Musevi-Hıristiyan anlatımındaki, sonlu bir zaman önce yaratılmış olmaya benziyordu. Öte yandan bazı durağan durum teorisi yanlıları da geleneksel kozmolo-

jiden çok farklı olduğu için ona yöneldiklerini söylüyorlardı.

[33] R.Penrose, *The Emperor's New Mind* (İmparatorun Yeni Usu), Oxford University Press (1989). Özellikle de, tekilliklerin yapısını yöneten "yasaların" var olması gerektiği ileri sürülüyor; bu yasalar evrenin başlangıç durumunun ileri derecede düzenli olma olasılığının çok yüksek olmasını zorunlu kılıyorlar. Son durum ise, termodinamiğin ikinci yasası gereğince, entropinin artmasına uygun olarak, son derece düzensiz olacaktır.

[34] Bir tartışma için bkz. J.D.Barrow, *The Origin of the Universe* (Evrenin Kökeni), Orion, Londra (1994). bl.2.

[35] Örneğin, zamanın bir üssel fonksiyonu olarak artabilir. Bir minimum entropi değerinin var olması için olanaklı en küçük bir entropi değişimi olmalı.

[36] Teknik olmayan daha ayrıntılı bir açıklama için bkz. J.D.Barrow ve J.Silk, *The Left Hand of Creation* (Yaratılışın Sol Eli) 2. baskı, Penguin Books, Londra (1994).

[37] R.Penrose, Gravitasyonel çöküş ve uzay-zaman tekillikleri, *Physical Review Letters*, 14, 57 (1965).

[38] S.W.Hawking ve R.Penrose, Gravitasyonal Çöküşün Tekillikleri ve Kozmoloji, *Proceedings of the Royal Society*, A 314, 529 (1970) .

[39] A.Guth, Enflasyoner Evren, *Physical Review*, D 23, 347 (1981) ve *The Inflationary Universe*, Addison Wesley, New York (1997).

[40] J.P.Luminet, *Black Holes* (Kara Delikler), Cambridge University Press (1987).

[41] S.W.Hawking, Kara Delik Patlamaları, *Nature*, 248, 30 (1974).

[42] D.Adams, *Mostly Harmless* (Çoğunlukla Zararsız), s.25, W.Heinemann, Londra, (1992).

[43] J.D.Barrow, Ekstra-uzaysal boyutların zaman-evrimi hakkında gözlemsel sınırlar, *Physical Review*, D 35, 1805 (1987).

[44] J.D.Prestage, R.L.Tjoelker, ve L.Malecki, *Physical Review Letters*, 74, 3511, (1995).

[45] M.Drinkwater, J.Webb, J.D.Barrow ve V.V.Flambaum, Fiziksel değişmezlerin değişiminde yeni sınırlar, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (1997).

[46] M.Maurette, The Oklo Reactor, *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 26, 319 (1976).

47. A.I.Shylakhter, *Nature*, 264, 340 (1976); F.Dyson ve T.Damour, İnce yapı değişmezinin zamanla değişimi konusunda Okla Sınırına dönüş, *Nuclear Physics*, B 480, 37 (1997).

Bölüm VII

[1] *J.D.Barrow, Pi in the Sky: counting, thinking, and being* (Gökyüzündeki Pi: sayma, düşünme ve olma) , Oxford University Press (1992).

[2] R.Rosen, *Life Itself* (Yaşamın Kendi) , Columbia University Press, (1991).

[3] A.Rice, *The Witching Hour* (Büyü Saati), Knopf, New York (1990).

[4] P.Hughes ve G.Brecht'in *Vicious Circles and Infinity: an anthology of paradoxes* (Kı-

sır Döngüler ve Sonsuz: bir paradokslar antolojisi)'nde güzel bir derleme vardır; Penguin Books, Londra (1978).

[5] Tarski'nin analizlerinin açıkladığı en eski paradokslardan bir, İ.Ö. 6. yüzyıl Yunan filozofu Megara'lı Eubulides'e atfedilen "yalancı paradoksu"dur. Onun orijinal paradoksu yalancının "Yalan söylediğinizi söylediğinizde yalan mı söylüyorsunuz?" sorusunu yanıtlaması gerekiyordu. Eğer yalancı "Yalan söylüyorum" derse yalan söylemediği açıktır; çünkü, bir yalancı, eğer gerçekten yalancı ise ve yalancı olduğunu söylerse, o zaman doğru söylüyordur. Ama eğer yalancı "Yalan söylemiyorum" derse, o zaman gerçekten yalan söylediği aşikârdır ve yalan söylüyordur.

[6] Bkz: J.D.Barrow, *Pi in the Sky* (Gökyüzündeki Pi), Oxford University Press (1922), s.18.

[7] R.Smullyan, *This Book Needs No Title* (Bu Kitaba Başlık Gerekmez), s.139, Prentice-Hall, New York (1980).

[8] Örneğin, sürecin karşı kutbunda, felsefeci teolog Charles Hartshorne, *A Natural Theology of our Time* (Çağımız İçin bir Doğal Teoloji), Open Court, Law Salle (1967).

[9] *De Omnipotentia Dei*'de bkz: s.179, P.Nahin, *Time Machines* (Zaman Makineleri). America Institute of Physics, New York (1993). Jorge Luis Borges'in "The Other Death" (Öteki Ölüm) adlı kısa öyküsünde St.Damian, Don Pedro Damián olarak görünür (bkz: *The Aleph*, ed. N.T.Giovanni, Dutton, New York, 1978, s.103). *De Omnipotentia*'da, öyküyü anlatan ters nedenselliğin teolojik durumunu keşfettikten sonra tuhaf olaylar dizisini oluşturur.

[10] C.S.Lewis, *Miracles* (Mucizeler), Collins, Londra (1947).

[11] C.J.Isham and J.C.Polkinghorne, Blok Evren konusunda tartışma, R.J.Russell, N.Murphy, ve C.J.Isham (eds.), *Quantum Cosmology and the Laws of Nature* (Kuantum Kozmolojisi ve Doğa Yasaları), s.135-44, Vatican Observatory, Vatican City (1993).

[12] P.Nahin, *Time Machines* (Zaman Makineleri), s.41, American Institute of Physics, New York (1993).

[13] M.Kaku, *Hyperspace* (Hiperuzay), Oxford University Press, New York (1994).

[14] K.Gödel, Einstein'ın genel görecelik alan denklemlerinin yeni türden bir kozmolojik çözümünün bir örneği, *Review of Modern Physics*, 21, 447 (1949).

[15] Einstein'ın denklemleri sonsuz sayıda olanaklı olan farklı evrenlerin özelliklerini betimler; bu evrenlerin hepsi aynı gravitasyon yasasınca yönetilir ve bizim evrenimiz, başlangıç durumuyla belirlenmiş olanlardan sadece bir örnektir.

[16] H.Weyl; *Space, Time, and Matter* (Uzay, Zaman, ve Madde), çeviri: H.Brose, Methuen, Londra (1922).

[17] D.Pipper, *Observatory Magazine*, 97, 1OP, (Ek. 1977).

[18] S.W.Hawking, Kronolojiyi savunma hipotezi, *Physical Review*, D. 46, 603 (1922); M.Visser, *Lorentzian Wormholes -from Einstein to Hawking* (Einstein'dan Hawking'e -Lorenz'in Solucan Delikleri), American Institute of Physics, New York (1995).

[19] R.Silverberg, *Up the Line* (Yukarı Doğru) , Ballantine, New York (1969).

[20] Nahin, a.g.e. s. 167.

[21] Bkz: J.D.Barrow ve F.J.Tipler; *The Anthropic Cosmological Principle*, (İnsan Merkezli Kozmolojik İlke) bl.9, Clarendon Press, Oxford (1986).

[22] M.R.Reinganum, Zaman yolculuğu olanaklı mıdır?: Parasal bir ispat, Journal of Portfolio Management 13, 10-12 (1986).

[23] K.Gödel, Görecelik teorisi ile idealist felsefe arasındaki ilişki konusunda bir yorum. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (Albert Einstein: Filozof-Bilimci), Cilt 7, The Library of Living Philosophers, (Yaşayan Filozoflar Kitaplığı), ed. P.A. Schilpp, Open Court, Evanston, IL (1949)

[24] D.B.Malament, Gödel'in Evreninde zaman yolculuğu, *Proceeding of the Philosophy of Science Association*, 2, 91-100 (1984).

[25] D.Lewis, Zaman yolculuğu paradoksları, *American Philosophical Quarterly*, 13, 15-152 (1976).

[26] L.Dwyer, Zaman yolculuğu ve geçmişi değiştirme, *Philosophical Studies, 27, 341-50 (1975)*; ayrıca bkz: Zaman yolculuğu ve geçmiş ile gelecek arasında ileri sürülen bazı mantıksal asimetriler, *Canadian Journal of Philosophy*, 15-38 (1978); Geçmişi, onu değiştirmeden etkilemek, *Southern Journal of Philosophy*, 15, 383-5 (1977).

[27] D.Deutsch, Kapalı zaman benzeri çizgiler yakınında Kuantum mekaniği, *Physical Review* D, 44, 3197 (1991).

[28] Bkz: D.Deutsch, *Physical Review* D, 44, 3197 (1991) ve D. Deutsch and M. Lockwood, *Scientific American* (Mart 1994) 270, 68-74, ve D. Deutsch *The Fabric of Reality* (Gerçekliğin Dokusu), Penguin Books, Londra (1997).

[29] Daha fazla ayrıntı için bkz: J.D.Barrow, *Pi in the Sky* (Gökyüzündeki Pi) , Oxford University Press (1992).

[30] Matematiksel sonuçlar ve ispatlarının bir özeti için bkz: G.Birkhoff ve S.Maclane, *A Survey of Modern Algebra*, Macmillan, New York (1964).

[31] E.T.Bell, *Men of Maths* (Matematik İnsanları) , C.1, s.311, Schuster, New York (1965): S.G.Shanker (ed.) *Gödel's Theorem in Focus* (Gödel Teoremi Mercek Altında) , s.166, Routledge, Londra (1988).

[32] İfadelerin mantık bakımından anlamlı olmasından kastedilen, her tamsayının bir Gödel numarası olmamasıdır.

[33] Bu bölümün başında, kendi yanlış olmalarını ("Bu ifade yanlıştır") öne süren paradoks içeren ifadeleri ele aldık. Mantıkçı Leon Henkin, otomatik olarak doğru olan ("Bu ifade ispat edilebilirdir") ifadelere kendi adını vermiştir. Henkin tümceleri kendilerini ispat eden tümcelerdir. İspat Löb tarafından verilmiştir. Löb, ifadelerle meta-ifadeler arasında bağlantı kuran şu ilginç teoremi ispatlamıştır: Eğer bir S sistemi varsa, bu sistemde "eğer A, S'de ispatlanabilir ise A doğrudur" ifadesi S'de ispatlanabilir ise o zaman A, S sisteminde ispatlanabilirdir. Löb'ün bu teoremi, eğer A denen ifade 0 = 1 formülü olarak alınırsa, Gödel'in eksiksiz olmama teoremlerinden birini, özel bir örnek olarak çıkarsar. Bu durumda S'nin tutarlı oldu-

günun S'de ispatlanamayacağı sonucuna varırız. Eksiksiz olmama teoremleri konusunda daha fazla bilgi için bkz: J.Berswise (ed.) *Handbook of Mathematical Logic*, Nort Holland (1997) kitabındaki C.Smorynski, Incompleteness Theorems. Popüler, ancak ciddi bir kitap olarak da R. Smullyan, *Forever Undecided; A Puzzle Guide to Gödel*, Oxford University Press (1987),

[34] J.Myhill, Matematiksel mantığın bazı felsefi sonuçları, *Review of Metaphysics*, 6, 165 (1952). Daha fazla bilgi için bkz: J.D.Barrow, *Theories of Everything*, s.209, Clarendon Press, Oxford (1991), ve D.Hofstadter, *Metamagical Themas*, s.539, Basic Books, New York (1985).

[35] Bunların mantıktaki karşılıkları, sırasıyla "recursive" (art arda tekrarlanan) "renotrec" (= recursive olarak sayılabilir olan, ancak recursive olmayan), ve "productive" (üretken) dir.

[36] Bu, Conway'in *On Numbers and Games* (Sayılar ve Oyunlar Üzerine) kitabında, s.224' deki son teoremdir, Academic Press, New York (1976).

Bölüm VIII

[1] P.J. Davis ve D. Park (eds.) *No Way—Essays on the Nature of the Impossible* (Çıkış Yok—Olanaksızlığın Doğası Konusunda Denemeler) kitabından alıntı; s.98, W.H.Freeman, New York (1987), Yarmolinsky, Amerikan Cumhurbaşkanları, Kennedy, Johnson ve Carter yönetimlerinde görev almıştır.

[2] R.Rucker, *Infinity and the Mind* (Sonsuzluk ve Akıl), s.165, Harvester, Sussex (1982).

[3] S.Jaki *Cosmos and Creator* (Kozmoz ve Yaradan) s.49, Scottish Academic Press, Edinburgh, (1980).

[4] S.Jaki, *The Relevance of Physics* (Fiziğin Uygunluğu), s.129, Chicago University Press (1966).

[5] G.Chaitin, *Information, Randomness and Incompleteness* (Bilgi, Rasgele olma, ve Eksiksiz Olmama) , World Scientific, Singapore (1987).

[6] S.Lloyd, Calculus of intricacy (Karışıklık kalkülüsü), *The Sciences*, 38-44, (Eyl./Ek. (1990).

[7] Bölüm 5'deki Maxwell'in Şeytanı tartışmamıza bkz.

[8] K.Gödel, Cantor'un Süreklilik Problemi Nedir?, *Philosophy of Mathematics*, ed. P.Benacerraf ve H. Putnam, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ (1964), s. 483.

[9] Chaitin tarafından kaydedilmiştir; bkz: J.Bernstein, *Quantum Profiles* (Kuantum Profilleri), Basic Books, New York (1991), s.140-1; ve K.Svozil, *Randomness and Undecidability in Physics* (Fizikte Rasgele Olma ve Saptanabilir Olmama), s.112, World Scientific, Singapore (1993).

[10] S.Wolfram, *Cellular Automata and Complexity, Collected Papers* (Hücre Yapılı Otomatik Makineler ve Karmaşıklık, Toplu Makaleler), Addison Wesley, Reading, Mass. (1994).

[11] C.Calude, *Information and Randomness—An Algorithmic Perspective* (Bilgi ve Rasgele

Olma—Algoritmik Bir Bakış Açısı), Springer, Berlin (1994); C.Calude, H.Jurgens ve M.Zimand, Bağımsızlık bir istisna mı?, *Applied Mathematics and Computing* 66, 63 (1994); K.Svozil, J.L.Casti ve A.Karlqvist (eds), *Boundaries and Barriers: on the limits of scientific knowledge,* (Sınırlar ve Engeller: bilimsel bilginin sınırları hakkında) , s.215, Addison Wesley, New York (1996).

12. Ancak, saptama yöntemi genellikle iki katlı üssel uzunluktadır; yani, N işlem yapmak için gereken süre $(2^N)^N$ şeklinde artar. Presburger aritmetiği, pozitif tamsayılar ve değerleri pozitif tamsayılar olan değişkenlerden söz etmemize olanak sağlar. Eğer onu, tamsayı kümelerini kullanacak şekilde genişletirsek durum akıl almaz biçimde izlenebilir olmamaya dönüşür. Bu sistemin, herhangi bir K sayısı için K-katlı üssel bir algoritmayı bile kabul etmediği gösterilmiştir. Böyle durumlarda saptama probleminin elementer olmadığı söylenir: izlenebilir olmama sınırsızdır.

13. Toplamdaki terimlerin giderek küçülmesi sonsuz toplamın sonlu bir sayı olması için gerekli bir koşuldur; ancak yeterli bir koşul değildir. Örneğin, $1+1/2+1/3+1/4+1/5+$ ... toplamının değeri sonsuzdur. Sonlu bir limite yakınsamaz.

14. R.Rosen, Bilimsel bilginin sınırlanması üzerine, J.L.Casti ve A.Karlqvist (eds.), *Boundries and Barriers: on the limits of scientific knowledge* (Sınırlar ve Engeller: bilimsel bilginin sınırları üzerine), s.199, Addison Wesley, New York (1996).

15. John A. Wheeler, uzay-zamanın nihaî yapısının Gödel'in eksiksiz olmaması ile sınırlanmış bir önermeler kalkülüsüne bağımlı olan bir tür ön-geometri olduğu konusunda spekülasyonda bulunmuştur. Biz, bu ön-geometrinin eksiksiz olacak ölçüde basit olduğunu ileri sürüyoruz; bkz: C.Misner, K.Thorne, ve J.A.Wheeler, *Gravitation,* s.1211-2, W.H. Freeman, San Francisco (1973).

16. Süper-sicim teorisinde durum hâlâ kesin değildir. Mantıksal olarak tutarlı farklı birçok süper-sicim teorisinin var olduğu görülüyor. Ancak onların çok daha az sayıda (hatta belki de yalnız bir tane) M-teorisi denen teorinin farklı gösterimleri olabileceklerine ilişkin güçlü işaretler var.

17. N.C. da Costa ve F.Doria, *International Journal of Theoritical Physics,* 30, 1041 (1991); *Foundation of Physics Letters,* 4, 363 (1991).

18. Gerçekte bu iki basit olasılığın ayrım çizgisi etrafında kümeleşmiş daha karışık başka olasılıklar da vardır ve problemin genel olarak saptanamaz olması nedeni de bunlardır.

19. R.Geroch ve J.Hartle, İşlemlenebilirlik ve fizik teorileri, *Foundations of Physics* 16, 533 (1986). Problem şudur: dalga fonksiyonunun kozmolojik bir nicelik için hesaplanması her dört boyutlu kompakt çok-yüzlü üzerinde hesaplanan niceliklerin toplamını içerir. Bu çok-yüzlüler topluluğunun listesi işlemlenebilir değildir.

20. M.B.Pour-El ve Richards, Hiçbir işlemlenebilir çözümü olamayan işlemlenebilir adi bir diferansiyel denklem, *Annals of Mathematical Logic,* 17, 61 (1979); İşlemlenebilir başlangıç koşulları olan ve tek bir çözümü işlemlenebilir olan dalga den-

klemi, *Advances in Mathematics*, 39, 215 (1981); Fiziksel olayların modellerinde işlemlenebilir olmama, *International Journal of Theoretical Physics*, 21, 553 (1982).

[21] J.F.Traub ve A.G.Werschulz, Kötü-sorulmuş lineer problemlerin hepsi, ortalama olarak bütün gauss ölçülerine göre çözülebilirler, *The Mathematical Intelligencer*, 16, (2), 42 (1994).

[22] S.Wolfram, Teorik fizikte saptanabilir olmama ve izlenebilir olmama, *Physical Review Letters*, 54, 735 (1985); Fizik sistemlerinde rasgele olmanın kökenleri, *Physical Review Letters*, 55, 449 (1985); Fizik ve işlemleme, *Journal of Theoretical Physics*, 21, 165 (1982); J.F.Traub, İşlemlenebilir olmama ve izlemlenebilir olmama: fizik için önemli midir?

[23] Eğer metrik fonksiyonlar polinomlar ise, o zaman problem saptanabilirdir; ancak işlemleme bakımından iki-katlı üsseldir. Eğer metrik fonksiyonların yeterince düzgün olmaları koşulu varsa, o zaman problem saptanabilir olamaz; bkz: cebirsel basitleştirme konusundaki Buchberger ve Loos'un makalesi için, Buchberger, Loos ve Collins: *Computer Algebra: Symbolic and Algebric Computation* (Bilgisayar Cebiri: Sembolik ve Cebirsel Hesaplama) , 2. bas. Springer, Viyana (1983). Bu ayrıntıları bana veren Malcolm MacCallum'a minnettarım.

[24] S.Saki, *The Relevance of Physics*, s.129.

[25] E.Nagel ve J.Newman, *Gödel's Proof* (Gödel'in İspatı), s.100, Routledge, Londra (1959), ve *Scientific American*, 194, 71 (Haz. 1956).

[26] M.Scriven, *The Complete Robot: A guide to Androidology* ed. S.Hook, Collier Books, New York (1961).

[27] J.Lucas, Mind, Machines and Gödel, *Philosophy*, 36, 120 (1961).

[28] D.Hofstadter, *Metamagical Themas*, s.536-7 ve bibliyografya, Basic Book, New York (1985).

[29] R.Penrose, *The Emperor's New Mind* (İmparatorun Yeni Usu), Oxford University Press (1989) ve *Shadows of the Mind* (Aklın Gölgeleri), Oxford University Press (1994).

[30] R.Rucker, *Infinity and the Mind* (Sonsuzluk ve Akıl) , s.162-3, Harvester, Sussex (1982).

[31] *Behavioural and Brain Sciences* (Davranış ve Beyin Bilimleri) dergisinin tümü bu tartışmaya ayrılmıştı , C.13, Sayı 4 (1990).

[32] A.Kenny, H.C.Longuet-Higgins, J.R.Lucas, ve C.H.Waddington, *The Nature of the Mind: Gifford Lectures 1971-1973*, (Aklın Doğası: Gifford Konferansları 1971-1973), Edinburgh University Press (1972) s. 152-4.

[33] J.McCarthy, *The Emperor's New Mind* (İmparatorun Yeni Usu) 'ın eleştirisi, *Bulletin of the American Mathematical Society* (Amerikan Matematik Topluluğu Bülteni), 23, 606 (1960).McCarthy bilgisayar dili LISP'in mucididir.

[34] I.Singer, *The Times* (Londra) "Diary", 21 Haz. 1982'den alıntı.

[35] K.R.Popper, *British Journal for the Philosophy of Science*, 1, 117, 173 (1950).

[36] K.Svozil, Saptanabilir olmama her yerde, *Boundaries and Barriers: on the limit of sci-*

entific knowledge (Sınırlar ve Engeller: bilimsel bilginin sınırları üzerine), ed. J.L.Casti ve A.Karlqvist, Addison Wesley, New York (1996). Popper aynı noktayı vurgulamak için Achilles and the Tortoise (Aşil ve Kaplumbağa) masalını kullanır.

[37] D.Mackay, *The Clockwork Image*, s.110. Inter-Varsity Press, Londra (1974).

[38] a.g.e. s.110.

[39] a.g.e. s.82.

[40] Bilim zordur, çünkü otomatik olarak gerçek dünyanın farklı niteliklerini birbiriyle bağdaştıran örüntüler bulma imkânı yoktur. Bu kuşkunun bir teoremle dile getirilebilmesi ilginçtir. Bu teorem 1967 yılında E.M. Gold tarafından ispatlanmıştır (*Information and Control*, 10, 447). Eğer bilgisayar ya da başka biçimde insan veya yapay akıl gibi, mekanikle ilgili bir akıl varsa, o zaman onun girdisi ile çıktısını birbirine bağlayan ve onun keşfedemeyeceği bir kural vardır. Yani onun girdi ve çıktısını birbirine bağlayan kurallar için sistematik bir tarife yoktur. K.Svozil, *Randomness and Undecidability in Physics* (Fizikte Rasgele Olma ve Saptanabilir Olmama), World Scientific, Singapore (1993) kitabının 10. bölümünde, kuantum mekaniğinin sahip olduğu türden bir tamamlayıcılık özelliğine sahip olan ilginç bir sonlu otomatik makine örneği vermiştir. Bu kitap matematiksel saptanabilir olmama ile fizik arasında yatan astarın araştırılması için en önemli kaynaktır. Ayrıca bkz.: J.F. Traub, Formal sistemlerdeki olumsuz sonuçlar bilimsel bilgiyi sınırlıyor mu? *Complexity* (Karmaşıklık), 3, (1), 29 (1997).

[41] *Le Rhinocœros* (1959), 3. sahne.

[42] Simon'un argümanları politik saptama teorisini içeren ders kitaplarında bile yer alır; örneğin, S. Brams'ın başka bakımlardan harika olan *Paradoxes in Politics* (Politikada Paradokslar) , s.70-7, Free Press, New York (1976).

[43] K.E.Aubert ve H.A.Simon, *Social Science Information* 21, 610 (1982).

[44] H.Simon, Seçim tahminlerinde önde gitme (bandwagon) ve geride kalma (underdog) etkileri, *Public Opinion Quarterly* (Kamu Oyu Dergisi), 18, 245 (1954 Güz sayısı). Makalenin başlığı seçim tahminlerinin seçmen üzerinde yapabileceği iki karşıt tepkiye gönderme yapmaktadır. "Bandwagon" etkisi, seçim anketlerinde ileride olan adaya oy verme eğilimidir; "underdog" etkisi ise bazı seçmenlerin oylarını anketlerde geride olan adaya (sempati duyarak) oy vermeleri şeklindeki ters eğilimdir.

[45] Bu teoremin bir açıklaması için herhangi bir kalkülüs ders kitabına bakabilirsiniz; örneğin, R.Courant, H.Robbins, ve J.Stewart'ın *What is Mathematics?* kitabı ve bu bağlamda K.E.Aubert'in doğru öngörü ve sabit nokta teoremleri, *Social Science Information*, 21, 323 (1982).

[46] K.Aubert, Taklide dayalı matematiksel model bulma, *The Mathematical Intelligencer*, 6, 59 (1984).

[47] D.H.Wolpert, Geleceği hesaplamak için bir eksiksiz olmama teoremi, *Santa Fe Inst. preprint* (1996).

[48] Hilbert'in görüşünün bütün matematikçiler tarafından kabul edilmediğine işaret

etmek gerekir. Luitzen Brouwer sadece "sezgisel" olarak verilen doğal sayılardan sonlu sayıda bağımsız çıkarımsal adımlarla yapılabilen şeylerin matematikte var olduğunun söylenebileceğini ileri sürmüştür. Bu "sezgisellik" matematikçilerin kullanageldikleri her türlü kavram ve argüman biçimlerini yasaklar. Hiçbir zaman da yaygın bir destek almamıştır. Hilbert onun matematikçiler üzerindeki etkisinin "bir boksörün yumruklarını kullanmasını yasaklamak gibi" olduğunu söyleyerek reddetmiştir.

[49] J.D.Barrow, *Pi in the Sky: counting, thinking, and being* (Gökyüzünde Pi: sayma, düşünme, ve olma) , s.284-92, Oxford University Press (1922).

[50] Gödel, kümeler gibi matematiksel nesneler için *The Philosophy of Bertrand Russell* kitabında "bana öyle geliyor ki bu tür nesneleri varsayma, fiziksel cisimleri varsaymak kadar geçerlidir ve onların var olduklarına inanmak için aynı ölçüde neden vardır" demiştir; s.137, Evanston, Chicago (1944).

[51] F.P. Adams. *Nods and Becks*, s.206 (1944).

[52] Bir iş için üç adaydan birinin atanmasına karar vermek için toplanan komitenin bir üyesi olduğumu ve oylamanın bir aşamasında tam da bu şekilde oy verildiğini hatırlıyorum.

[53] A.Taylor, *Mathematics and Politics: Strategy, Voting, Power and Proof* (Matematik ve Politika: Strateji, Oylama, Güç ve İspat), Springer, New York (1995).

[54] Teoremin oriinal ispatındaki ufak bir hata Arrow'un *Social Choice and Individual Values* (Toplumsal Seçim ve Bireysel Değerler), Yale University Press (1963) kitabının ikinci baskısında düzeltilmişti. Kitabın ilk baskısı 1951' dedir.

[55] C.E. Green, *The Decline and Fall of Science* (Bilimin Gerilemesi ve Düşüşü) , Hamilton, Londra (1976).

[56] Bu çalışmanın yorumu için bkz: D.Black, *Theory of Committees and Elections* (Komitelerin ve Seçimlerin Teorisi), Cambridge University Press (1958).

[57] A.Sen, Çoğunluğun kararları konusunda bir olanaklılık teoremi, *Econometrica*, 34, 491 (1966) ve *Collective Choice and Social Welfare*, (Toplu Seçim ve Sosyal Refah), Holden-Day, San Francisco (1970).

[58] S.Brams, *Paradoxes in Politics* (Politikada Paradokslar), s.142, Free Press, New York (1976).

[59] E.J.Tipler, *The Physics of Immortality* (Ölümsüzlüğün Fiziği), Doubleday, New York (1994).

[60] Bkz: örneğin Ref. 50. {Not 50}

[61] D.Harel'in *Agorithmics: the spirit of computing*'den uyarlama, Addison Wesley, New York (1987).

Dizin

A

Abel. N.H. 295, 296
açıyı üç eşit parçaya bölmek 295
Altın Çağ 44, 49, 50, 53, 57
Apolinère enameled
(Duchamp) 26
Aquinas, Thomas 275
Aristo 57, 58, 159
aritmetik
tutarlılık 291
akıldan 138
Peano 309, 315
Presburger 309, 315
Arnold, Vladimir 317
Arrow, Kenneth 335, 336, 337, 338, 340, 342
Arrow Olanaksızlık teoremi 335, 336
asal sayılar 297, 308
astroloji 55
astronomi 58, 61, 69, 70, 71, 73, 94, 95, 119, 151, 153, 155, 173, 176, 178, 179, 185, 187, 214, 223, 237, 238, 243, 246, 258, 306
ateş 174
Aubert, Karl 328
Auden, W.H. 8
Avrupa Parçacık ve Nükleer Fizik Merkezi (CERN) 46

B

Babbage, Charles 111
bağlantıların sayısı 139, 140
basitlik 110
"baş aşağı" yaklaşım 102
Bednorz. Georg 190
belirsizlik
ilkesi 35, 36, 202, 231, 307, 322
beşinci derece problem 296
beyin, insan 23, 129, 154
bkz. akıl, insan 1, 68, 73, 74, 86, 89, 101, 113, 127, 129, 130, 131
bilgi *(information)*
işlemek için kullanılan enerji 43
özgürlük 18
sıkıştırılmış 11
bilgi *(knowledge)*
sürekli genişleyen 151
yasaklanmış 18
sınırsız 62, 71, 72, 74
Bilgi Ağacı 18, 91
bilgisayarlar
karşılıklı etkileşimle kullanma 24
izlenebilir olmama 150
sınırlar 168, 169
-şebekeleri 103, 140, 164
ve insan beyni 124
bilgisayar yoluyla konferans 154
bilim

bedeli 44, 45, 49
sahte 10, 96
-in ölümü 50, 54, 158, 159
Altın Çağı 44, 49, 53, 57
ironik 53, 54, 92, 95, 131, 170
popüler 53, 55, 56, 75
olanaklı gelecekler 87, 167
bilim kurgu 54, 56, 181, 191, 209, 244, 253, 279, 280, 281, 300
bilinç -lilik 44, 103
bkz. akıl, insan 1, 68, 73, 74, 86, 89, 101, 113, 127, 129, 130, 131
biyoloji 13, 58, 70, 78, 79, 94, 103, 149, 153, 157, 170, 185, 187, 202, 242, 243, 347
Black, Duncan 338
Bondi, Hermann 241
Borges, Jorge Luis 30
boyutlar 255, 256
Brams, Stephen 21
Brouwer Sabit Nokta teoremi 328
Browne, Thomas 17
Brueghel, P. 27
Bush, Vannevar 88, 89, 90, 116, 359
Büyük Patlama teorisi 228, 230
Büyükbaba Paradoksları 279, 284, 285, 286, 287
büyüklük
bazı sonuçları 172
evrenin yapısı 10, 39, 69, 119, 137, 223, 228, 232, 234, 240, 248

C

Carroll, Lewis 30
Cauchy, A.L. 311
CERN 46, 153, 189
cetvel-ve-pergel çizimi 295
Chaitin, Greg 4, 304, 305, 307,
Clarke, Arthur C. 6, 206, 209
Clarke, John 135, 196
COBE uydusu 227, 230, 231, 247
Comte, Auguste 67, 68, 69, 70, 73, 290
Condorcet, Marquis de 332
Conway, John Horton 4, 15, 299
Cook, Stephen 149
Cromer, Alan 19
çeşitlilik 60, 96, 105, 123, 136, 195, 239
çeşitliliğin azalması 155
çevre, yaşam-destekleyici 178, 330
çevresel kriz 108
çirkinlik 299
çözülemeyen problem 290
du Bois-Reymond'un

D

da Costa, N.C. 317, 318
Darwin, Charles 59, 60, 104, 109, 130, 168
Davies, Paul 55
De Bono, Edward 14,
Deep Blue 124, 125
denge durumu *(equilibrium) 183, 193, 194, 195, 205, 243, 317*
kararlı 317
kararsız 317
depremler 195
dergiler, bilimsel 155
ders saatleri 144
Deutsch, David 287
Diderot, Denis 113
diğerkâm 206, 207
dil 22, 31, 32, 37, 39, 75, 78, 79, 123, 130, 132, 133, 134, 138, 140, 269, 271, 272, 273, 288, 346
dilsel paradokslar 30
din 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 36, 55, 72, 94, 131, 162, 207, 247, 248, 274, 275, 303, 323, 337, 345
Doctor Who (TV dizisi) 279
doğa değişmezleri 96, 183, 184, 185, 236, 239, 256, 257
doğa kuvvetleri 76, 175, 255, 290

doğa yasaları 17, 19, 20, 34, 37, 39, 55, 58, 71, 97, 99, 104, 110, 114, 116, 131, 183, 199, 213, 214, 243, 255, 256, 257, 267, 276, 279, 314, 345, 346, 349
  sonuçları 15, 44, 97, 99, 100
doğal seçim 36, 59, 60, 63, 78, 103, 104, 123, 137, 149, 168, 178, 179, 242, 243, 267
Doğal Yasa Partisi 55
doğru
  mutlak 64, 65, 66, 273
  matematiksel 296
Doria, Francisco 317, 318, 375
Du Bois-Reymond, Emil 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 298
Duchamp, Marcel 26
Duhem, Pierre 88, 359
durma teoremi 291
duyu 11, 55, 67, 69, 74, 76, 77, 81, 175, 178, 179, 213, 306
Dünya Çapında Bilgisayar Ağı 154
dünya-dışı zekâ 180
düzeltmen 118
Dwyer, Larry 286, 373
Dyson, Freeman 185, 305, 306

E

eğitim, bilimcilerin- 161
Einstein, Albert 31, 37, 39, 67, 95, 109, 176, 190, 219, 220, 223, 244, 245, 246, 252, 276, 277, 278, 280, 285, 288, 290, 307, 315, 318
Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) paradoksu 31
Einstein'ın genel görecelik teorisi
  evrenin başlangıcında 252
  ve zaman yolculuğu 276
ekonomi 11, 47, 50, 52, 55, 66, 100, 102, 103, 110, 144, 152, 154, 155, 167, 179, 189, 196, 208, 234, 282, 283, 327, 328, 335, 342
  tahmin 327, 328
eksiksizlik 14, 80, 98, 288, 309, 315
eksiksiz olmama teoremi 303, 312, 337
  Gödel'in, 307, 312, 337
  bkz. Gödel teoremi 23, 296, 298, 299, 303, 304, 305, 308, 310, 312, 319, 320, 341
enflasyoner evren 233, 234, 235, 237, 240, 241, 242, 244
  kaotik 233, 235, 236, 238, 242
  kendini üreten 238, 242, 244, 370
entropi 23, 198, 199, 200, 212, 249, 261
Epimenides (Yalancı) paradoksu 32
Escher, M.C. 24, 30
Evrensel Gerçeklik Makinesi 320
evren
  başlangıç 151, 169, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 241, 247, 248, 249, 250, 251, 254
  zamanla değişme 219, 221, 226
  kapalı 221, 229, 234
  kritik 221, 237
  genişleyen 182, 183, 184, 220, 222, 228, 237, 241, 245, 248, 249, 258
  şişen 240, 241, 251, 256, 260, 261
  bkz. enflasyoner evren
  manipülasyonu 190
  doğal seçim 242, 243, 267, 287
  açık 237, 246
  mikyas faktörü 221
  durağan durum 194, 241, 242
  -in topolojisi 246, 247
  gözlemlenemeyen 257
evrim
  bilgisayarlar 138
  yaratıcı sanatlar 49, 50, 134
  insan aklı 68, 73, 74, 86, 101, 113, 127, 129, 130, 156, 265, 290, 303, 319, 321, 249
  simetri duyarlığı 12, 13
evrimsel istikrar stratejisi 205

F

Faust-vari 50, 51, 168, 180
felaket, global 157
femto mühendisliği 189
Feynman, Richard 115, 176
fizik
  katı-durum 97
  elementer parçacık 34, 45, 76, 95, 97, 98, 99, 102, 110, 115, 131, 178, 186, 198, 220, 234, 236, 243, 251, 257, 304, 314, 316
  sonu
  ve Gödel'in teoremi 329
Foster, Sir Michael 91
Fraenkel, Aveizri 149

G

gaipten haber verme 282
galaksiler 61, 105, 108, 131, 170, 179, 180, 217, 219, 220, 230, 232, 234, 237, 241, 243, 246, 258
Gamow, George 36, 354
geçişli olma 334, 336
geçişsiz 333, 334, 335
geçişsizlik 333, 337
geçmiş, değişen 123, 282, 283, 286
gelecek, olanaklı 87, 104, 167
  tip 1 105, 108
  tip 2 105, 112, 116
  tip 3 105, 114
  tip 4 105, 116
Geleceğe Dönüş (Film) 279
Gentzen, Gerhard 313
geometri
  Öklid 28, 63, 64, 65, 66, 289, 309,
  Öklid-dışı 66, 309
  cetvel ve pergel 295, 300
gerçek benzeri 23
gerçeklik 8, 23, 30, 31, 35, 86, 111, 114, 265, 267, 270, 291, 298, 299, 346
  çarpıtma 23, 63
  gerçek benzeri 23
gerekircilik 322, 323, 326
geride kalma (underdog) etkisi
"geyç" (gauge) teorileri 96
gezegenler, yaşanabilir 172
gezgin satıcı problemi 149
Glass, Bentley 116
Gödel, Kurt 290
Gödel sayısı 297
Gödel teoremi 23, 296, 298, 299, 303, 304, 305, 308, 310, 312, 319, 320, 341
  ve insan aklı ve... 319
  ve fizik 303
görecelik 23, 33, 38, 66, 67, 80, 81, 95, 191, 219, 276, 315, 318
  Einstein'ın teorisi, 252
  *bkz.*Einstein'ın
  genel görecelik teorisi
  ikiz paradoksu·31
görsel paradoks 23, 30
Gold, E.M.
Gold, Thomas 241,
Gore, George 113, 114, 116
gravitasyon 80, 95, 96, 104, 175, 176, 177, 178, 179, 191, 219, 223, 227, 228, 230, 238, 244, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 261, 267, 276, 277, 284, 285, 287, 314, 318
  çekici 250, 251
  Einstein'ın gravitasyon teorisi 252
  bkz. Einstein'ın genel
  görecelik teorisi
  genişleyen evren 182, 183, 184, 220, 222, 228, 237, 241, 245, 248, 249, 258
  yaşanabilir bir gezegen 172
Newton yasaları 37, 71, 77
kuantum teorisi 34, 224, 252, 285, 286, 287, 314
Gunn, James 356

Guth, Alan 183, 251, 365
güçlü kuvvet 176, 177
Güney Denizi Adaları 50
güzellik 89, 96, 299

H

Haeckel, Ernst 73, 78, 79, 358
Haldane, J.B.S. 141
Hanoi Kuleleri problemi 145
Hardy, G.H. 292
hareket *(motion)*
  alanı 366
  yüksek-hız (göreceli) 37, 38
  Newton yasaları 37, 77
  sürekli 290
Harrison, Edward 183, 184, 185, 243
havaya yükselme *(levitation)* 191, 287
Hawking, Stephen 250, 251, 254, 279, 280, 282
hayal gücü 24, 44, 53, 87, 112, 116, 137, 185, 213, 246
hayvanlar, boyut 174
Heisenberg Belirsizlik İlkesi 35, 37, 202, 231, 307, 322
Heisenberg, Werner 35, 37, 257, 273, 307
helyum 169, 179
Henkin tümceleri
Her Şeyi Bilen 19, 20, 21, 71, 74, 152, 276, 327
Her şeyin Teorisi 235
hesaplanabilir gerçeklikler 300, 312
hız sınırı 34, 37, 38, 39
hız uzayı 366
hidrojen 77, 169, 189, 227
Hilbert, David 288, 289, 290, 291, 292, 295, 299, 303, 313, 330
Hogarth, William 24
holistik görüş 95
Horgan, John 49, 53, 54, 70, 81
horoskop 10
Hoyle, Fred 185, 241
Hubble Uzay Teleskopu 46, 217, 219
Humphrey, Nicholas 131, 332

I-İ

ıraksak seriler 108
ışık hızı 38, 191, 217, 219, 240, 260, 261, 283
ışık konisi 226
ikiz paradoksu 31
ilahi kader 326
iletişim sistemleri 123, 138
ince yapı değişmezi 257, 258
indirgemecilik 102
insan
  yaşamının geleceği 106
  aklı, *bkz.* akıl, insan
  büyüklük 173
  Faust-vari 50, 51
insan aklı 86, 123-130
  Gödel teoremi ve 319-321
  sınırlamalar 137-138
  bkz. bilinç
İnsan Genom Projesi 46
insan gözü 58
insan yüzü 13, 14, 128
internet 18, 46, 138, 201, 204
ironik bilim 53, 54
irrasyonel sayılar 10
İslam 19, 20
ispatlanabilir olmayan doğrular 304
işlemlenebilir olmayan 292
işlemlenebilirlik
izlenebilir olmama 150

J

Jaki, Stanley 303, 304, 306, 319
Janssen, Pierre 179

K

Kaku, Michio 277
kalıtım 59, 123, 137, 163, 168, 244
Kant, Immanuel 62, 63, 101
kaos 16, 73, 212, 233, 275
kaotik kozmoloji programı 232, 233
kaotik enflasyoner evren
kara delikler 131, 183, 253, 254, 255, 277, 284
  -patlayan 254
karbon 77, 169, 185
Kardeshev, Nicolai 180, 181, 364
karmaşıklık
  dipsiz 110
  sonsuz çeşitlilik 105
  eşikleri 104
karşı-gravitasyon 251
karşı-madde 257
Kasparov, Gary 124, 354
Kamerlingh-Onnes, Heike 190
Kenny, Anthony 321
kesinliğin sınırları 33
kısaltılamayan zincirler 304
Klein paradoksu 31
Kneale, William 105, 360
konum-değeri sistemi 133
kozmik sansür hipotezi 254, 285
kozmolojik değişmez 354
kozmoloji 119, 217, 221, 222, 232-234, 235, 242, 248, 261, 304, 330
kötü-sorulmuş problem 318
kritik durum 193-197, 214, 350
  kendini örgütleyen 193
kronolojiyi koruma savı 280
kuantum mekaniği / teori 23, 31, 33-35, 37, 39, 80, 202, 224, 262, 285-287, 307, 353
kuasarlar 125, 242, 246, 258
Kuhn, Thomas 95, 359
kum yığını 193-197, 243
kümülatif dinleyici paradoksu 280

L

Lamarck, Jean Baptiste de 58-60
Laplace, Pierre 71-74, 76, 323
Le Château des Pyrénées (Magritte) 28
Leibniz, G.W. 71-73
Lewis, C.S. 276, 356
Lewis, David 285, 286
L-oyunu (De Bono) 14
Linde, Andrei 238, 243
listelenebilir özellikler 298, 299
Longuet-Higgins, Christopher 321
Lucas, John 320, 321

M

McCarthy, John 322
Mach, Ernst 67, 321,
Mackay, Donald 323, 325-328, 341
maddenin doğası 75
Magritte, Rene 28
Malament, David 284, 286
maliyet 2, 8, 21, 153, 167, 168, 186, 198, 199, 201, 265
mantıksal paradokslar 20, 31-33
manyetizma 70, 80, 176
MAP uydusu 231
Mars 128, 361
matematik
  canlanan 329
  eksiksizlik 14, 80, 98, 288, 289, 309, 315
  sınırları 303
  ve bilim 22, 306
matematiksel doğrular 296
Maxwell, James Clerk 22, 199, 200
Maxwell'in seçici şeytanı 200
maymun bilmecesi 144,146
meta-dil 271-273
meta-matematik 297
Meyer, Leonard 136
Michelson, A.A. 23, 80

Minsky, Marvin 331
Misner, Charles 232
Moravec, Hans
motivasyon, psikolojik 53
mucizeler 275, 276
Mueller, Alex 190
Musevi-Hıristiyan geleneği 17
müzik 10, 77, 96, 105, 127, 132, 135, 136, 196, 207, 266
Myhill, John 298, 299

N

Nagel, E. 319, 320
nanoteknoloji 186, 187, 201, 202
naughts and crosses (oyun) 14
Necker küpü 28
negatif teoloji 266
negativizm 66, 67
Newman, J.R. 319, 320
Newton, Isaac 34, 35, 39, 57, 58, 61, 62, 74, 273, 287
Newton yasaları 37, 71, 77
  gravitasyon 285
  hareket 37, 38
Nietzsche, Friedrich 168
Niven, Larry 279, 282
NP (polinom olmayan) problemler 146, 147, 149
nükleer füzyon 188
nükleer felaket 157
nükleer parçalanma 188

O-Ö

Oklo uranyum madeni 258
olanaksız problemler 81
olanaksızlık teoremi 295, 296, 335, 334, 340
olay ufku 253, 254
Olsen, Ken 139
Ortega y Gasset, Jose 48
oylama paradoksları 335
oyunlar 9, 14, 15, 206, 288
oyun teorisi 21, 205
Öklid geometrisi 63, 64, 66, 289, 309
ölüm 46, 50, 57, 158, 159, 182, 278
  bilimin 50, 54, 158
ömür 43, 108, 175, 184, 197
önde gitme etkisi (bandwagon effect) 328
öngörü 2, 8, 9, 10, 34, 37, 38, 40, 54, 74, 76, 86, 98, 119, 134, 163, 182, 191, 194, 195, 213, 226, 227, 255, 270, 277, 307, 310, 322-328, 341
örüntü 8, 12, 14, 71, 85, 86, 96, 97, 111, 128, 131, 134-136, 146, 154, 159, 160, 196, 208, 258, 265, 267, 269, 270, 299, 304, 312, 329
  doğada
  duyarlılık 12, 128
özgecil 207
özgür irade 78, 82, 276, 322, 323, 341, 349

P

Pagels, Heinz 16
Papagiannis, Michael 205
paradokslar 21, 22, 30-33, 39, 111, 128, 131, 134-136, 146, 154, 159, 160, 196, 208, 258, 265, 267, 269, 270, 299, 304, 312, 329
  kümülatif dinleyici 280
  tanım 23, 31
  büyükbaba 278, 279, 284-287
  dilsel 30, 308
  mantıksal 32, 33, 278, 288, 335
  görsel 23, 30
  oylama 335
parasal bedel 44
Peano aritmetiği 309, 315
Peirce, Charles Sanders 79
Penrose, Lionel 24

Penrose, Roger 24, 86, 248-252, 254, 284, 320-322, 340
  insan aklı
  tekillikler 254, 284
perkolasyon 93-95, 120
PGP (Pretty Good Privacy) 18
Piper, Denis 278
Piranesi, Giovanni 27
Pisagor 10, 278
Pisagorcular 10
pişirme 174, 305
Planck değişmezi 35, 36
Planck, Max 79, 252, 256
Planck ölçütü 254-246
Planck Surveyor uydusu 231
Polinezya 48, 50
Polinom (P) problemleri 146, 147, 149
polinom olmayan (NP) problemler 146, 147, 149
Popper, Karl 91, 306, 322, 323, 327, 328, 341
popüler bilim 53, 55, 56, 75
pozitivizm 67
pragmatizm 22
pratik olarak işlemlenebilir gerçeklikler 312
pratik olarak olanaksız problemler 81
Presburger aritmetiği 309, 315
prospektif nitelikler 299
protein katlama 149
psişik güçler 282

R

radyasyon, arka-plan mikrodalga 154, 232
radyoaktivite 176
rasgele seçici 340
Rapoport, Anatol 22
refah 49, 50, 52, 335
Reinganum, M.R. 282
renk görme 179
Reutersvärd, Oscar 24
Rorty, Richard 130
Rose, George 149
Rouse Ball, W. 145
Rönesans 48, 57, 135, 295
Rubbia, Carlo 189
Rucker, Rudy 303, 330
Ruelle, David
Russell, Bertrand 22, 32, 33, 374
Russell paradoksu 32

S-Ş

saat, en küçük 202, 214
sabit yoğunluk çizgisi 170, 172
sanatlar
  yaratıcı 49, 50, 53, 134
  sürrealist 28
saptanabilir 288, 289, 300, 312
saptanabilir olmama 21, 299, 300, 305, 306, 308, 310, 316-319
Sarton, George 62
satranç 14, 43, 101, 124, 125, 288, 293
sayılar 10, 86, 96, 119, 133, 150, 258, 266, 288, 297, 308, 309, 311, 349
sayma 131-134, 163, 331
Schiaparelli, Giovanni
Schrödinger'in kedi paradoksu 31
Scriven, Michael 320
Sen, Amartya 338
serinin toplamı 311
sezgi 31, 34, 86, 93, 114, 124, 135, 304, 306, 319, 321, 335, 340, 349
sıcaklık 34, 172, 177-179, 190, 191, 200, 214, 220, 228, 232, 234, 250
sıfırlar ve çarpılar (oyun) 14, 15, 349
sıkıştırılabilir zincirler 304
sınırlamalar 17, 21, 36, 74, 76, 86, 101, 129, 141, 158, 167, 169, 178, 210, 222, 240, 241, 260, 261, 265-267, 293, 300, 331, 337, 341, 349
sınırlar

mutlak 100, 101, 265
kozmolojik
psikoloji 160
bilimin 73, 78, 81, 85, 151, 159, 160, 161, 223
seçici 100-102
teknolojik 33, 158, 186, 347
sınırların psikolojisi 160
sicim teorileri 255, 256
Silverberg, R. 380
simetri 12-14, 86, 89, 97, 98, 103, 104, 128, 131, 232, 245, 257, 269, 316, 321
Simon, Herbert 328
Sinirsel Darwinizm 104
skalar alanlar 229, 251
Smolin, Lee 183, 185, 243
sosyal ilişkiler 162, 175
Spinoza, B. 63
Spreng, Daniel 203
St. Damian 275
St. Paul 32
Stapleton, Olaf 207, 261
Stent, Gunther 49-53, 81, 134-136
solucan delikleri 277
sonluluk / sonsuzluk 105-117, 314, 315
sonlu-ötesi tümevarım 313
sonsuzluk / sonluluk 105-117, 314, 315
süper-bilgisayarlar 124
süper geçirgenlik 190
süper-sicim teorisi 110, 141, 178, 184, 252, 255, 258
Svozil, K
Sylvester, James Joseph 91
şebekeler, bilgisayar 103, 140, 164
şifreleme 150

T

tabular 18, 19
Tanrı 16, 17, 21, 36, 39, 55, 61, 70, 145, 162, 247, 266, 271, 274-276, 278, 296, 326
tanrılar 11, 16, 18, 19, 49, 280
Tarski, Alfred 272-274, 309
tek tanrılı 11, 19, 275
tekillikler 252-254, 285
çıplak 179, 252, 254, 285
tekillik teoremi 250, 252
teknoloji 35, 43, 45-47, 52, 53, 56, 60, 99, 108, 111, 127, 134, 138, 151, 157-159, 168, 173-176, 179-182, 184, 186, 190, 192, 197, 198, 201, 202, 204, 206, 208-214, 217, 227, 251, 282, 305, 331, 345, 347
teoloji (ilahiyat) 11, 17, 20, 58, 67, 69, 70, 266, 275, 276, 296, 323, 326
mantıksal problemler 275
negatif 7, 60, 160, 251, 266
Tepki paradoksu 328
termodinamik 80, 198, 202, 248
ikinci yasa 200, 201, 249
The Magpie on the Gallows (Brueghel)27
The Terminator (film) 279
Tipler, Frank 4, 182, 340
toplu seçimler 332, 337, 340
topoloji 244, 246, 247, 372
3-tor 246
"doğal" 243, 246
trafik akışı 195
Trivers, Robert 123, 363
Turing, Alan 85, 291, 292, 298
Turing makinesi 292
tutarlılık 66, 92, 98, 110, 273, 274
türeme 243

U-Ü

ufuk 223
olay ufku 253, 254
uluslararası işbirliği 46, 153, 155
uranyum 258, 259
uygarlıklar 108, 138, 162, 180-186, 197, 198, 201, 206, 207, 213, 281
ileri 197, 207

uzun ömürlü 207
tip Ω 182, 183, 185, 186
tip Ω-eksi 186, 190
uzay 11, 24, 27, 30, 38, 39, 46, 71, 76, 91, 131, 170, 177, 181, 186, 190-192, 209-211, 217, 219, 224-227, 234-236, 238, 239, 241, 244-246, 250-253, 255-258, 260, 261, 266, 276, 277, 282-284, 287, 314, 315, 331, 347
eğrilik 245
boyutlar 108, 163, 255, 256, 261
manipülasyon 190
uzay-zaman şeması 224, 226
Üstünlük (Arthur C. Clarke) 209

V

Varley, J. 281
Voss, Richard 135, 196

W

Wagstaff, Samuel 150
Wallace, Alfred Russel 59, 168
Wantzel, Pierre 295
Watson, Thomas 139
Weinberg, Alvin 204
Weinberg, Steven 357
Wells, H.G. 279
Weyl, Hermann 55, 277, 303
Wheeler, John 307, 329
Wigner, Eugene 37, 111, 202
Wigner'in dostu paradoksu 31
Wilde, Oscar 20
Williams, George 358
Wolfram, Stephen 307

Y

Yalancı Paradoksu
yanardağlar 195
Yanıltıcı Perspektif (Hogarth) 24
yapay zekâ 21, 54, 106, 116, 137, 138, 169, 321, 341, 349
yasak meyve 18
yaşlanma 159
yaşam
yapı taşları 70, 75, 89, 96, 131, 170
-ın geleceği 79, 205, 370
-ın kökeni 75, 94, 130, 262, 330, 358, 367, 370
Yaşam Oyunu 15, 354
yıldızlar 10, 69, 70, 91, 108, 128, 169, 170, 171, 176, 180, 181, 185, 190, 207, 213
Yıldızlar Kamarası problemi 332
yozlaşma 53
Yunan, eski 33, 57, 63, 293, 295

Z

zaman
eğrilik 245
zaman ve enerji 43, 144, 206, 347
zaman, enerji ve bilgi 202-204
ölçme 57, 202
-ın manipülasyonu 190
yolculuğu 3, 182, 191, 250, 276-287, 290, 300, 349
Zaman Makinesi (H.G. Wells) 279
zayıf kuvvet 110, 176, 177
zekâ 11, 21, 54, 96, 106, 116, 137, 138, 169, 180, 319-321, 341, 349
yapay 21, 54, 106, 116, 137, 138, 169, 321, 341, 349
dünya dışı akıl 162
bkz. akıl, insan
Zeno 22, 30, 31



Bilinmesi olanaksız şeyler var mı? Varsa neler?.. *İnsanın aklı, bilgisi, bilinci sınırlı mı?* Niçin ve nereye kadar?.. *En büyük başarı öykümüz olan bilimin sınırı olabilir mi?* Sınır nedir?.. *Bilimin sınırlarını dayatan, evrenin karmaşıklığı ve gelişmenin maliyeti mi?* Yoksa, evrim yeterince donatamadı mı insan aklını?.. *Bilgi, kendi sınırlarını dayatıyor olabilir mi?* Bunun özgür irade ve bilinçle bağlantısı ne?..

Barrow, bilginin sınır boylarında geziniyor... Olanaksızlığın, düşüncelerimizi nasıl belirlediğini araştırıyor... 'Âlim-i mutlak' hakkındaki teolojik spekülasyonlardan, gerçeküstücülüğün olanaksız figürlerine; Gödel'in ünlü teoreminin bilimdeki izdüşümlerinden, zaman yolculuğuna uzanıyor...

ISBN: 975-8362-16-X



Fiyatı: 23 TL (KDV Dahil)