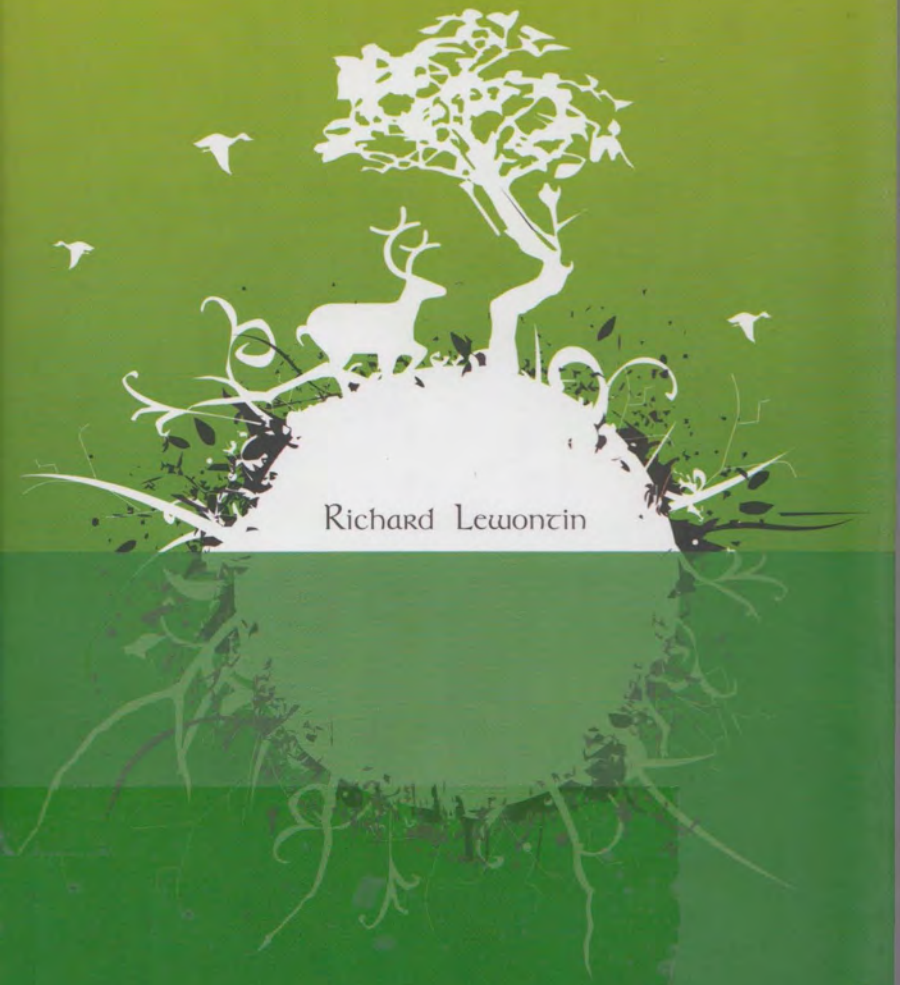
Üçlü Sarmal

gen, organizma ve çevre



Richard Lewontin

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

2. Basım

Üçlü Sarmal

gen, organizma ve çevre

Richard Lewontin

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Üçlü Sarmal

gen, organizma ve çevre

Richard Lewontin

Çeviri
Ergi Deniz Özsoy

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Üçlü Sarmal - Gen, Organizma ve Çevre
The Triple Helix - Gene, Organism, and Environment
Richard Lewontin
Çeviri: Ergi Deniz Özsoy
Redaksiyon: Rezzan Yıldırım

© 1998, Guis. Laterza & Figli Spa., Roma-Bari. Turkish edition published by arrangement with Eulama Literary Agency, Roma.
© 2000, President and Fellows of Harward College.
© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2006

Bu yapıtın bütün hakları saklıdır. Yazılar ve görsel malzemeler, izin alınmadan tümüyle veya kısmen yayımlanamaz.

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

ISBN 978 - 975 - 403 - 411 - 0
1. Basım Eylül 2007 (5000 adet)
2. Basım Eylül 2007 (5000 adet)

Yayın Yönetmeni: Necmi Demir
Kapak Tasarımı: Ayşe Taydaş
Grafik Tasarım: Ödül (Evren) Töngür
Sayfa Düzeni: Fatma Onay
Basım İzleme: Yılmaz Özben
Mali Koordinatör: Tuba Akoğlu

TÜBİTAK
Popüler Bilim Kitapları Müdürlüğü
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 467 72 11 Faks: (312) 427 09 84
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
İnternet: kitap.tubitak.gov.tr

Aydoğdu Ofset Matbaacılık Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti.
İvedik Organize Sanayi 21. Cad. 598. Sok. No: 20 Yenimahalle 06370 Ankara
Tel: (312) 395 81 44 Faks: (312) 395 85 45

İçindekiler

Çevirenin Önsözü I

Teşekkür XIII

I. Bölüm 1
Gen ve Organizma

II. Bölüm 45
Organizma ve Çevre

III. Bölüm 81
Parçalar ve Bütünler,
Nedenler ve Sonuçlar

IV. Bölüm 127
Biyoloji Araştırmalarında
Tutulacak Yönler

Dizin 155

Çevirenin Önsözü

Birbirine karşıt yöntemlerin ve dünya görüşlerinin ifade ediliş biçimlerinin yaygın bilimsel tartışmaların özel yapılarına ilişkin ipuçları sağlaması, bildik bir durumdur. İşte, tam bu noktada, Richard Lewontin'in *Üçlü Sarmal*'ı yüzyılın bilimi sayılan genetik ve evrimsel biyoloji açısından kusursuz bir örnek olarak karşımıza çıkmakta. Üçlü sarmal ne demek? Bu ifadenin, zaman zaman karşılaştığımız ve genetiğe ilişkin algının bir tür mistisizm ile bulandığı "on iki vb. sarmallı" esrarengiz süper DNA hikâyesi ile bir ilgisi var mı acaba? Bu açıdan, güvenle diyebiliriz ki, kesinlikle hayır. Ancak, biliyoruz ki, DNA birbirine moleküler açıdan zıt konumlanmış iki iplikçiğin birliği şeklinde, 1953'ten bu yana bir çifte sarmal olarak kitaplarda ve zihnimizde. Peki moleküler açıdan doğruluğu kuşku götürmez bu tanımın elinizde tuttuğunuz kitap ile nasıl bir kavramsal ve içerik ilişkisi bulunuyor? Aslında böyle bir ilişkiyi *Üçlü Sarmal*'ın Gen, Organizma ve Çevre şeklindeki alt başlığından çıkarmak hayli mümkün. Bunun için, öncelikle moleküler bir tanımlama olması gereken, ancak insandaki toplam miktarının geçtiğimiz on yılın başında

"Kutsal Kâse" ile örneksenmesi absürdlüğüne dek uzandığı Watson ve Crick (hatta fazlasıyla Rosalind Franklin) DNA modelinin düşünce tarihine bir bakmamız sanırım yeterli olurdu. Görürdük ki, hücresel ve karmaşık biyokimyasal bağlamından koparılmakla kalmayıp, bütün bir organizmanın çevresel tarihinden de soyutlanmış çırılçıplak ama kudreti yüksek bir molekül, DNA var karşımızda. Başka bir deyişle, "kendini yapan (kopyalayıp çoğaltan)", işlemeye hazır proteinler meydana getiren, hücrenin varlık nedeninin gizi olmakla kalmayıp, bütün bir birey olarak taşıyıcısı olmakla bizi kuklası haline getiren bir süper molekül; yani "bencil gen". İşte Lewontin'in *Üçlü Sarmal*'ındaki olgu ve kavramlaştırmaların keskin biçimde ayrıldığı yerler tam da buralar. Böylece, Gen, Organizma ve Çevre altbaşlığını; salt, doğru bir moleküler gen tanımı ile başlayıp, genin etkileştiği bağlamı, yani organizmaların içinden geçtikleri çevrelerini ve sonunda bütün bir organizma haline gelirken ve öyle devam ederken aldıkları genetik ve evrimsel durumları tanımlayan, genetik indirgemeciliğe karşıt bir önerme olarak algılamak gerekir kanımızca. Aslında kitabın bölümleri, bölümlerin kuramsal çerçevesi ve zenginleştirildiği örnekler yeteri kadar açıklayıcı ve doğaldır ki, sözü fazla uzatmaya da gerek bırakmıyor.

Üçlü Sarmal'ın birinci bölümü Gen ve Organizma adını taşıyor. Bu bölümde Lewontin, karmaşık

bir bütün olan organizmanın oluşturulduğu bağlamın -yani organizmanın tüm biyolojisinin sunduğu evrimsel geçmişe dayalı gelişiminin- merkezine salt genlerden (daha doğrusu DNA'dan) ibaret bir "program" koyan görüşün tarihi izlerini sürüyor. Ardından bu görüşün yöntembilimsel eleştirisini yapıyor. Burada, aslında tek başına moleküler açıdan son derece edilgin bir molekül olan DNA'ya yapılan işlevsel yakıştırma ve sıfatlar karşımıza çıkıyor; organizmanın gelişim biyolojisinin, adeta, tüm bağlantısızlığıyla genlerindeki bilginin açılıp okunmasından ibaret olduğu iddiası ile karşılaşıyoruz. Lewontin burada, böyle bir "açılıp kendini gösteren" genler modelinin 17. yüzyılda öne sürülen preformasyonizme olan çarpıcı benzerliğini ortaya koyuyor. Preformasyonizm, insan sperması içinde tam olarak oluşmuş minyatür bir insan bulunduğunu ve gelişim boyunca bu minyatürün büyüyerek sonuçta doğan yavruyu meydana getirdiğini iddia etmekteydi. Goethe'nin *Faust*'unda simya ürünü bir yaratmayı simgeleyen bu minik ancak tamamlanmış insancık, günümüzün moleküler biyolojisine hâkim, organizmayı organizma yapan tüm yapı ve işlevlerin genlerde önceden var olduğu yönündeki anlayışın zihinsel temelini oluşturmakta. Lewontin, daha da derine inerek, bu önceden var olmuşluk algısının bildik Platonik idea kavramı ile olan türdeşliğine de dikkati çekmekte. Elbette, önceden var olan ve yönergeleri üzerinden orga-

nizmanın yapıldığı bir tip (sabit bir gelişimsel genetik program) ölçüsünde biyolojinin sorunsalı genel ve sabit bir çerçeve dahilinde çalışmak olmaktadır. Bu son durum, aslında, gelişim biyolojisi çalışırken, yalnızca tek tip (genetik homojenliği sağlanmış model laboratuvar canlıları) organizma seçilmesini de açıklamaktadır. Bununla birlikte, Darwin'in biyolojiye kattığı devrim niteliğindeki, kalıtılabilen canlı değişkenliği ve bu değişkenlikle sıkı ilişkili doğal seçilim kavramları, gelişim biyolojisinin çalışma biçimini son 15 yıldır büyük ölçüde etkilemiştir. Evrimsel gelişim biyolojisi adı verilen bu çalışma alanı, gelişim biyolojisine ilişkin pek çok sorunu, klasik moleküler genetik yaklaşımlardan çok daha doğru biçimde ele alıyor gözükmektedir.* Richard Lewontin'in birinci bölümde açık biçimde gösterdiği bir başka durum, soyut varlıklar olarak genleri tanımlamanın bizi nesnel bilimden çok ideolojik icatlara yaklaştırdığı. Lewontin, Clausen ve ark. tarafından yapılan ve genetik kitaplarında çoktandır klasikleşmiş bir örnek olarak karşımıza çıkan deneyleri yalınlıkla aktarıyor bize. Bu deneylerin de gösterdiği gibi, etkileri açısından değişmez-sabit genotipler yoktur ve genotiplerin ifade bulması ile içinden geçtikleri çevre arasında sıkı bir ilişki bulunur. "Reaksiyon normu" kavramı ile ta-

* S. B. Caroll, J. K. Greiner, S.D. Weatherbee. *From DNA to Diversity. Molecular Genetics and the Evolution of Animal Design.* Blackwell Publishing, 2005.

nımlanan bu gerçeklik IQ şeklinde ifade edilen zekâ tanımını da boşa çıkarır. Kaldı ki, modern gen tanımı son yıllardaki modern genetik analizlerin ortaya koyduğu ölçüde oldukça değişmiş,* bir genin doğrudan ifadesi olarak algılanan fenotip (başka deyişle genin ürünü) kavramı geçerliğini yitirmiştir.**

Üçlü Sarmal'ın ikinci bölümü, evrimsel biyolojinin avam kavranışına uzun süre hâkim olmuş, "organizma ve onun içine doğduğu çevre" tümcesinde ifade edebileceğimiz metafizik uyarlanma (adaptasyon) algısını eleştiriyor. Bu -artık demode olmuş olan- kavranışa göre, tamamen içsel kuvvetlerin (genlerin) ürünü olarak ortaya çıkan organizmalar hayatta kalmaları ve soylarının devamı bakımlarından kendilerine sorunlar yaratan, kendi etkinliklerinden bağımsız fiziki çevrelere doğarlar. Bu sorunlara karşı en iyi yanıtı verenler hayatta kalıp soylarını devam ettirirken, sorunlar karşısında başarısız kalanlar elenir, yok olurlar. Avam adaptasyon kavranışını örnekleyen bu tutum evrimsel biyolojinin doğal seçilim algısına uzun bir dönem başat olmuştur. İronik olan ise, böyle bir adaptasyon

* "Changing images of the gene," George P. Redei, Csaba Koncz, Jane D. Philips. *Advances in Genetics* 56: 53-100 (2006).

** T. F. C. Mackay. "The genetic architecture of quantitative traits," *Annu. Rev. Genet.* 35: 303-339 (2001). Stephanie M. Rollmann, Michael M. Magwire, Theodore J. Morgan, Ergi D. Özsoy, Akihiko Yamamoto, Trudy F. C. Mackay, Robert R. H. Anholt. "Pleiotropic fitness effects of the Trel/Gr5a region in Drosophila," *Nature Genetics* 38: 824-829 (2006).

kavramının, 18. yüzyılda canlı çeşitliliğini açıklama biçimi olarak ortaya çıkan "tasarımdan yola çıkarak anlamlandırma" ile arasındaki keskin benzerliktir; tasarım argümanı dünya sahnesinde, tıpkı kilidin anahtara uyması gibi, her canlının kendine özgü tam bir işlevi yerine getirmek üzere yaratıldığı şeklindeki Hıristiyan kabulüne dayanır. Tarihsellik iddiasındaki evrimsel biyolojinin temel kavramlarına zıttır ve karşımıza bugün "bilinçli tasarım" adıyla çıkan gericiliğin de temelinde yatar. Bununla birlikte, bu ideolojik adaptasyon kavramının, Lewontin'in gösterdiği gibi, yerini "inşacı" bir adaptasyon modeline bıraktığı görülmektedir. Bu inşacı modelde, organizma kendi etkinliklerinden bağımsız ekolojik "niş"lere yerleşmek üzere dünyaya gelmez, tam tersine, içinde bulunduğu çevre kendi ürünüdür ve özellikleri bizzat organizmanın etkinlikleri ile yeniden düzenlenir ya da yaratılır. Son dönem kuramsal çalışmaların ortaya koyduğu ekolojik modeller, inşacı organizma yaklaşımının organizma adaptasyonuna ilişkin gerçekliğin son derece doğru bir tanımını yapabildiğini göstermektedir.*

Üçüncü bölümde Lewontin, doğal bilimlerin en önemli yöntembilimsel sorunlarından birini, bir bütünü -yani burada organizmayı- onu oluşturan parçaların bir birliği olarak gören ve her parçaya

* F. J. Odling-Smee, K. N. Laland, M. Feldman. *Niche Construction. The Neglected Process in Evolution.* Monographs in Population Biology 37, Princeton University Press, 2003.

bütünden bağımsız işlevler yükleyen indirgemeci bakışı irdeliyor. Bu indirgemeciliğin fizik biliminden biyolojiye aktarıldığını vurgulayan Lewontin Descartes'ın *Metot Üzerine Konuşma*'sı ile başlayan indirgemeci bakışın, sağladığı analitik kolaylığa ve tarihi ilerlemeye karşın, biyolojik bir varlık olarak organizmanın pek çok özelliğini anlama yollarını tıkayabileceğini bize gösteriyor.

Üçlü Sarmal'ın son bölümü biyolojiyi çalışma biçimlerine ayrılmış. Lewontin burada, genetik ve evrimsel biyolojideki son derece derin bilgisinin ışığında, katastrofi (felaket), kaos teorisi ve karmaşıklık analizi gibi radikal ve çok yeni perspektiflerin biyolojiye uygulanma çabalarını kritik ediyor. Ardından, organizmanın içsel heterojenliğinin ortaya koyduğu sorunlar çerçevesinde biyolojik nedenselliğin kapsamlı tartışması geliyor ve görüyoruz ki, radikal yöntemlere doğrudan ihtiyaç duymaksızın, biyolojinin temel sorunsalları mevcut bilginin daha doğru bir ele alınışıyla çözüm yollarına getirilebiliyor.

Üçlü Sarmal: Gen, Organizma ve Çevre, bir yönüyle, çağımızın öncü ve belki de yaşayan en büyük evrimsel genetikçisi Richard Lewontin'in şaşırtıcı ölçüde derin bilgisi ve muhakeme gücünün gösteren klasikleşecek bir kitap. Ancak çok daha temel nitelikteki bir diğer yönüyle ise, indirgemeci, gerçekliğin yerini almış, metaforlara dayanan bir canlı organizma anlayışının yarattığı biyolojik so-

runların ve bu anlayışa karşı geliştirilen sağlam karşı bir metodolojinin net ve çarpıcı biçimde ortaya konulduğu bir "akıl fikir" anıtı.

Kitabı, okurun keyfine ket vurmadan tanıtmaya çalıştıktan sonra, Richard Lewontin'i Türk okuruna geniş ama öz bir çerçevede tanıtmak da yararlı olacaktır sanırım. Richard Lewontin, 1929 New York doğumlu bir Amerikalı kuramsal ve deneysel evrimsel genetikçi, evrime ve biyolojiye ilişkin bilim felsefesini derinden etkilemiş radikal bir bilimci. Lewontin'in evrimsel biyolojiye katkısını, belki de en kestirme biçimiyle, çok yönlü ve derinlemesine eleştirel şeklinde tanımlamak mümkün. Teknik açıdan bakıldığında; doğal seçilimin -organizmanın ve onun bir işlevi olan çevresinin karmaşık bir ürünü olduğuna dair- seçilim birimleri kavramını geliştirmiş, çok genli-etkileşimsel-dinamik evrimleşme modelini artık klasikleşmiş matematiksel biçimleriyle ortaya koymuş, 1960'ların ikinci yarısında protein elektroforezini evrimsel aksiyomlara uygulayarak evrimsel biyolojinin yönünü değiştirmiş, dünyanın pek çok yerinden gelip kendisiyle çalışan öğrencileri ve meslektaşlarının birikimlerinde modern moleküler evrimsel genetiğin yapı taşlarını oluşturmuş birinci sınıf bir bilimci Lewontin. Harvard Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden mezun olduktan sonra Columbia Üniversitesi'nde Darwin sonrası en etkili evrimsel biyologlardan T. H. Dobzhansky'nin öğrencisi olarak yüksek lisans ve

doktorasını almış olan Lewontin'in, evrimsel genetik, popülasyon biyolojisi ve evrim felsefesine katkıları devrimci nitelikte olmuştur.* Lewontin'in en çarpıcı özelliklerinden belki de en başlıcası, kuramsal bilgisini "saf bilimsel" olduğu iddia edilen konuların ideolojik ve toplumsal eleştirisini yapmakta kullanarak nitelikli bir diyalektik metodoloji geliştirmiş olmasıdır. Lewontin'in buradaki en dikkati çeken tarafı, karmaşık ve ister istemez elit bir kitleyi hedefleyen bir bilim dilini çözerken, böyle bir dilin imkânlarını (örneğin matematiksel evrimsel genetiği) ve popüler bilim çerçevesini kullanarak, daha derinde yatan ideolojik ve toplumsal önyargıları, hem uzman için hem de meraklı okur için aynı açıklıkta ortaya koyabilmesidir. Son otuz yıldan geriye baktığımızda, temelinde 1974'te yazdığı *Genetic Basis of Evolutionary Change* adlı klasiğin bulunduğu dinamik bir süreci Lewontin açısından tanımlamak yanlış olmayacaktır; organizmaları dinamik ve ayakları yere basan bir holizm perspektifiyle ele alması, özellikle gen ve çevre etkileşimlerinin Kartezyen indirgemeciliğin dar anlayışından çıkarılmasındaki etkin rolü, sosyobiyoloji uydurmacasının Stephen Jay Gould'la birlikte ipliğinin

* Lewontin onuruna son 7 yılda çıkarılan, çoğu dünya çapındaki çok sayıda öğrencisi ve meslektaşının katkılarını içeren kitaplar: *Evolutionary Genetics: From Molecules to Morphology* (Cambridge University Press, 2000), *Thinking About Evolution: Historical, Philosophical, and Political Perspectives* (Cambridge University Press, 2001), *The Evolution of Population Biology* (Cambridge University Press, 2004).

pazara çıkarılması, zekâ tanımı için yapılan IQ kavramlaştırmasının genetik ve biyolojik açıdan kof olduğunun ortaya konmasındaki birincil rolü, insan ırklarının genetik açıdan anlamsızlığının gösterilmesi. İşte Lewontin'in son otuz yıla damgasını vurmuş katkılarından belli başlıları. Lewontin ayrıca, yüksek nitelikli bir popüler bilim yazarı. Ancak onun bilimi popülerleştirmesi, bilinen anlamında olduğu gibi, karmaşık ve uzman işi konuların anlaşılır hale getirilmesi değil, neredeyse bir din olarak algılanan kaba pozitivist bilim algısına ilişkin ideolojik fonun evrimsel biyoloji ve genetiğin somut, dogmatize edilmeyen olgu zenginliğiyle açık edildiği bir popülerleştirmedir. Evrim-bilim-karşıtları tarafından olduğu kadar, akademik rutinlerin inşa ettiği güvenli kariyer basamaklarını tırmanan ve "saf bilim" yaparak "nesnelliklerini" koruyan huzur içindeki akademisyenler tarafından da pek sevilmeyen Richard Lewontin, evrimsel biyoloji ve genetikten felsefe ve sosyal bilimlere uzanan pek çok alanda belirleyici ve etkili olmaya devam etmektedir. *Üçlü Sarmal* ile birlikte, yukarıda anılan klasik kitabı ve ürettiği yüzlerce makale dışında, *Human Diversity, Dialectical Biologist, Not in Our Genes, Biology and Ideology, It Ain't Necessarily So: The Dream of The Human Genome and Other Illusions, Education and Class* gibi yarı popüler kitapların yazarı ve eş-yazarlarındandır. Yine Lewontin, belki de en itibarlı genetik ders kitabı

olan *Introduction to Genetic Analysis*'in 1976'daki ilk baskısından bugüne yapılan geliştirilmiş tüm baskılarının yazarlarından biridir. Sözü yakın zaman önce yitirdiğimiz büyük evrimci John Maynard Smith'in, arkadaşı Richard Lewontin için yazdıklarıyla bitirelim: "Richard Lewontin'in bilime katkısı yalnızca evrimsel teori ve moleküler varyasyon üzerine yaptığı çalışmalardan ve onunla çalışmış pek çok genç bilimciyi etkilemesinden ibaret değildir; o yaptığımız bilim ile yaşadığımız dünya arasındaki ilişki hakkında düşünmeye de bizi sevketmiştir."*

Ergi Deniz Özsoy

* John Maynard-Smith, "Attitudes to animal behaviour," *Evolutionary Genetics: From Molecules to Morphology* (R. S. Singh, C. B. Krimbas (editörler), Cambridge University Press, 2000) içinde; sayfa 628-641.

Teşekkür

Bu kitabın ilk üç bölümü konferanslar biçiminde Milano'da Lezioni Italiani'de sunuldu. Bu konferansları düzenleyen ve *Gene, Organismo e Ambiente* adı altında Editori Laterza tarafından yayımlanmasını teşvik eden Pino Donghi'ye (Fondazione Sigma Tau) müteşekkirim. Son bölüm, Harvard University Press'ten önerilerinden çok faydalandığım, Michael Fisher'in teşvikiyle eklendi. Dikkatli ve ayrıntılı gözden geçirimi ile özellikle IV. Bölüm'de metni ilk haline göre önemli ölçüde geliştiren Richard Burian'a çok minnettarım. Metin, Camille Smith'in hatasız tashihi ile büyük oranda geliştirilmiş oldu. Yazdığım her şeyi onun düzenlemesini dilerdim.

I. Bölüm

Gen ve Organizma

Mecazlarla yüklü bir dil kullanmadan bilim yapmak olanaksızdır. Aslında modern bilimin tamamı, insan tarafından doğrudan tecrübe edilemeyecek olguları açıklama uğraşıdır; zira bunlar, moleküller gibi çok küçük ya da bilinen tüm evren gibi çok büyük, ya da elektromanyetizma gibi duyularımızın fark edemeyeceği güçlerin sonucu veya döllenmiş yumurtanın rahme düşmesinden itibaren bir bireysel organizmanın oluşumundaki gibi son derece karmaşık etkileşimlerin ürünü olmalarından ötürü; dolaysız biçimde algılayamadığımız güçler ve süreçlerdir. Bu türden açıklamalar, yalnızca sonradan türetilen uydurulmuş teknik bir dil ile

çerçevelenmiş biçimsel önermeler olmakla kalmayıp dünyanın sıradan deneyimle edinilmiş kavrayışı olacaklarsa, ister istemez mecazi bir dil kullanılmasını gerekli kılarlar. Fizikçiler "dalgalar" ve "parçacıklar"dan söz ederler, ancak ne bu "dalgalar"ın devineceği bir ortam vardır ne de "parçacıklar" cisimleştirilebilirler. Biyologlar genlerden "mavi kopyalar", DNA'dan "bilgi" diye söz ederler. Aslında, tüm kapsamıyla modern bilim, Descartes'ın, *Yöntem Üzerine Konuşmalar*'ın V. Bölüm'ünde organizmaları anlama biçimi olarak ortaya koyduğu, ancak sonradan tüm evren üzerine düşünme biçimi olarak genelleşen dünyayı bir makine gibi görme mecazına dayalıdır. "Şu ana dek bu arzı ve genelde tüm görünür âlemi, parçalarının devinimleri ve şekilleri dışında hiçbir şeyin dikkate alınmadığı bir makineymiş gibi tarif ettim." (*Felsefenin İlkeleri*, IV).

Doğa üzerine düşünürken mecazları bir kenara bırakamayız, ancak bunu yaparken de, mecaz ile asıl meselenin özünü birbirine karıştırmak gibi büyük bir risk söz konusudur. Dünyayı makineymiş gibi görmeyi bir yana bırakıp onu bir makine *olarak* kabul ederiz. Bunun sonucunda, ilgi nesnemize atfettiğimiz özellikler ve onun hakkında sorduğumuz sorular başta kurulan mecazi tasviri kuvvetlendirir ve böylece sistemin, mecazi tahmine uymayan durumlarını gözden kaçırırız. Alexander Rosenblueth ve Norbert Weiner'ın yazdığı gibi,

"mecaz kullanmanın bedeli sürekli olarak ihtiyatlı olma zorunluluğudur."*

Biyoloji bilimcilerinin yanı sıra geneli de ilgilendiren bireysel organizmalar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların kökeni konusu, biyolojinin belli başlı sorunlarından biridir. Neden kimi kısa kimi uzun, kimi şişman kimi zayıf, kimi bereketli tohum vericisi kimi neredeyse kısır, kimi zeki kimi vasat, kimi başarılı diğerleri başarısızdır? Her bireysel organizma, ne uzun ne kısa, ne zeki ne de vasat olan bir tohum ya da döllenmiş yumurta biçiminde, tek bir hücre halinde yaşamına başlar. Bir önü ve arkası, içi ve dışı olan, birbiriyle karmaşık biçimde ilişkilenmiş organlar topluluğuna sahip tam bir organizma, hücre bölünmeleri, farklılaşmalar ve doku hareketleri silsilesi ile meydana getirilir. Büyüklük, şekil ve işlevdeki değişimler yaşam boyunca, ölüm anına dek sürer. Yaşımız arttıkça önce uzar ve sonra kısalırız, kaslarımız güç kazanır ve ardından gittikçe zayıflar, beynimiz daha çok veri alır ve sonra onu yitirmiş görünür. Bu yaşam tarihinin teknik terimi *gelişim*dir ve bu sürecin irdelenmesi *gelişimsel biyoloji* (ya da bilişsel ve davranışsal çalışmalarda *gelişimsel psikoloji*) adını alır.

Ancak *gelişim* terimi, sürecin doğasına dair zamansal açıdan öncelikli bir bağlantıya işaret eden bir mecazdır. Gelişim (İtalyanca *svillupo*, İspan-

* A. Rosenblueth ve N. Weiner, "Purposeful and non-purposeful behavior," *Philosophy of Science* 18 (1951).

yolca *desarrollo*, Almanca *Entwicklung*), harfi harfine, halihazırda var olan ya da bir şekilde önceden oluşmuş bir şeyin, katlanmış bir paket ya da tomarınki gibi açılarak ortaya çıkarılması anlamına gelir ve bu sözcük fotoğrafik bir görüntüyü elde etme süreci için kullandığımız sözcüğün aynısıdır.* Görüntü, çekilmiş filmde zaten vardır ve filmi banyo etme sürecinde yapılan şey, bu saklı görüntüyü görünür kılmaktan ibarettir. İşte gelişimsel biyolojinin bir organizmanın gelişimine bakışı da tam olarak budur. Modern gelişimsel biyoloji çevrenin yalnız fon işlevi gördüğü, tamamen genler ve hücre organelleri ile ifade edilen bir çerçeveye oturtulmuştur. Döllenmiş yumurtadaki genlerin organizmanın alacağı nihai durumu belirlediği söylenirken, gelişimin gerçekleştiği çevre, tıpkı uygun sıcaklıkta, kimyasal bir film banyosuna bırakıldığında içinde taşıdığı görüntüyü görünür kılan çekilmiş bir film için olduğu gibi, sadece uygun koşulları sağlamaktadır.

Preformasyonist ve epigenetik gelişim kuramları arasındaki mücadele modern-dönem öncesi on sekizinci yüzyıl biyolojisinin en önemli uğraşılarından biriydi. Preformasyonist görüş, ergin organizmanın minyatür halde önceden oluşmuş bir biçimde spermada varolduğunu ve gelişimin, bu minyatür varlığın büyümesi ve cismiyet kazanması olduğunu ileri sürüyordu. Modern biyoloji ders kitaplarının

* Gelişim sözcüğünün İngilizcesi "development"tır. (ç.n.)



Şekil 1.1. On yedinci yüzyıl mikroskop gözlemcisi Nicolaas Hartsoeker'in çizdiği insan sperması resmi. Resim, sperma içinde fetal pozisyonda duran bir bebeği gösteriyor. Halihazırda oluşmuş bu bebeğin fetal gelişim sırasında büyüdüğüne, bu sırada anne yumurtasının büyümek için gerekli besini sağladığına inanılıyordu.

geçmiş dönemlerin acayipliklerine örnek diye verdiği on yedinci yüzyıldan kalma bir çizimde, bir sperma hücresi içinde paketlenmiş duran minik bir homunkulus vardır (Şekil 1.1'e bakınız). Epigenez teorisi, organizmanın döllenmiş yumurta içinde oluşmuş durumda bulunmadığını, onun; embriyonik gelişim sırasında gerçekleşen karmaşık ve ayrıntılı şekil ve form değişimlerinin bir sonucu olarak ortaya çıktığını ileri sürmekteydi. Epigenetik görüşün preformasyonizmi kesin olarak yenilgiye uğrattığından genellikle söz edilir. Her şey bir yana, sperma hücresi içinde yer alan küçük bir adam resminden daha aptalca bir şey yoktur bizim için. Ancak, gerçekte zafer preformasyonizmin olmuştur. Zira, sadece mekanik bir ayrıntı olabilecek bir fark dışında, organizmayı döllenmiş yumurtada önceden oluşmuş gören bakış ile, organizmanın tam bir mavi kopyasının ve onu tayin etmeye yetecek tüm bilginin döllenmiş yumurtada bulunduğunu savunan bakış arasında temel bir farklılık yoktur. Bu bakış gelişimi inceleyen modern araştırmalara hâkimdir.

Yaşamı boyunca bir organizmanın geçirdiği değişimler için gelişim kavramını kullanmak, sadece, fikirlerin içeriğini etkileyen eldeki bir dili kullanma meselesinden ibaret değildir. Antik bir dil olan İbranice, teknik terminolojisi olan modern bir dile dönüştürülmek istenildiğinde, bir organizmanın gelişimini tarif için seçilen sözcük, *Lehitpateach*, bir filmin banyosu için seçilen sözcükle aynıydı;

ancak bu sözcük dönüşlü fiil formundadır; yani organizma "kendi kendini geliştirir". Dahası, *evrim* kelimesi katlı olan bir şeyin açılması ile aynı anlama sahiptir ve Darwin bu nedenle *Türlerin Kökeni*'nin ilk baskısında bu kelimeyi kullanmamıştır. Darwin'den önce dünya üstündeki yaşamın tamamı içte hazır durumda olan safhaların bir düzene göre ilerleyişi olarak görülüyordu. Darwin'in kuramı bu önceden belirlenmişlik öğesinden kurtarmasına karşılık, öğenin entelektüel tarihinin izi kelimede kalmıştır.

Bu terimlerin kullanılışına yansıyan şey, hem bireysel yaşam tarihleri hem de kolektif evrimsel tarihleri açısından organizmaların, içsel kuvvetler ve daha alt katmanda yer alan ve gerçek canlı varlıkların onun yalnızca dışsal tezahürleri oldukları bir program tarafından belirlendiği yönündeki görüşe yapılan derin başvurudur. Bu başvuru, Platon'un tipolojik doğa anlayışından kalan bir mirastır; buna göre, birbirinden farklı derecelerde değişiklik gösterebilen olabilen gerçek maddi olaylar, idealleştirilmiş tiplerin tesadüfi ve mükemmel olmayan sonuçlarıdır. Maddi olan şey "bir camdan bakarken bulanık biçimde" gözüken idealdir. Yirminci yüzyıla dek hâkim olan tür anlayışı budur. Her tür bir "tip" tarifi ile temsil ediliyor; gerçek bir numune tipin temsili olarak bir koleksiyonda saklanıyor, türün "tip"ten ayrılan diğer tüm bireyleri geri plandaki idealin mükemmel olmayan sonuçları olarak

görülüyorlardı. Biyolojinin temel sorunsalı, o halde, "tipler"in anatomik ve işlevsel tarifini vermek ve kökenlerini açıklamak idi. Modern evrimsel biyoloji bu Platonik idealleri reddeder ve organizmalar arasındaki maddi farklılıkları açıklanması gereken bir gerçek olarak kabul eder. Bu bakış değişikliği, organizmalar arasındaki gerçek farklılıkları evrimsel değişimin dayandığı maddi temel olarak gören Darwinci görüşün yükselmesinin bir sonucudur.

Modern Platonik gelişim kuramı ile Darwinci evrim kuramı arasındaki zıtlık, sistemlerin zaman içerisindeki değişimine dair iki açıklama biçimi arasındaki zıtlıktır. Gelişim kuramı değişime ilişkin *dönüşümsel* bir kuramdır. Dönüşümsel kuramlarda tüm nesneler topluluğu değişir; çünkü her bireysel nesne ömrü boyunca aynı yasa-benzeri tarihi süreçten geçer. Kozmos evrimleşmektedir; çünkü aynı başlangıç kütlesine sahip yıldızlar aynı termonükleer ve kütleçekimsel değişimlerden geçerek ana konumsal sıradaki tahmin edilebilir bir pozisyona doğru ilerlemektedirler. Bir grup olarak, yetmiş yaşındakiler otuz yaşındakilere oranla daha unutkan ve beyaz saçlıdırlar, zira tüm bireyler vücut ve zihince yaşlanmaktadırlar. Tersine, organik evrimin Darwinci kuramı değişimin *farklılıklar* modeli üzerine temellenmiştir. Bireyler topluluğunu değiştiren şey, her bireyin yaşamı boyunca paralel bir gelişim izlemesi değil, bireyler arasında farklılığın bulunması ve bazı

farklı bireylerin diğerlerine göre daha çok yavru meydana getirmesidir. Böylece, kendi özellikleri açısından değişmeyen birbirinden farklı bireylerin oransal temsilindeki bir değişiklikle, topluluk değişime uğrar. Eğer böcekler böcek öldürücülere karşı giderek artan bir direnç kazanıyorlarsa bunun nedeni, her bireyin yaşamı boyunca giderek daha çok direnç kazanması değil, dirençli bireyler hayatta kalır ve ürerlerken duyarlı organizmaların ölmesidir.

Bu iki değişim modeli arasındaki farkın bir sonucu olarak, bu modeller üzerinde çalışan biyolojik disiplinlerin sorunsallarında bir fark oluşmuştur. Evrimciler açısından ilgi odağı, bireysel organizmalar arasındaki farklılıklar ve birbirine yakın akraba türler arasındaki farklılıklardır. Araştırmanın birincil önemdeki nesnesi farklılıktır. Farklılığın izah edilmesi gerekir ve farklılık türün evrimi ve kökeni konusundaki açıklayıcı hikâyelerde yerini almalıdır. Organizmalar arasındaki benzerlikler, işleve dair yasaların ürünü olmalarından ziyade, çoğunlukla, yakın akrabalar arasında olması beklenen benzerliklerin ve ortak atadan çıkışın tarihi sonuçları olarak kabul edilir. Aslında, amacı türlerin atasal örüntülerini çıkarmak ve akrabalık ilişkilerini kurmak olan sistematik biliminin tamamı, veri olarak yalnızca gözlenen benzerlik biçimlerini kullanır.

Gelişimsel biyologlar için, öte yandan, bireysel organizmalar, hatta türler arasındaki farklılık ilgi

odağı değildir. Aksine, böylesi farklılıklar rahatsızlık kaynağıdır ve mümkün olan her durumda ihmal edilirler. İlgi odağında yer alan şey, tüm bireyler ve tercihen tüm türler için ortak olan mekanizmalar grubudur. Gelişimsel biyoloji, bireylerin birbirinden farkını anlamamızı sağlayan anatomi ve davranıştaki olağandışı farklılıkları, hatta aynı anne ve babanın yavruları arasındaki farklılıkları, gelişimsel biyoloji açıklanacak konular olarak görmez. Türler arasındaki büyük ölçekli farklılıklar bile bu bilimin ilgi alanı içerisinde değildir. Farklı genlere sahip olmaları açık gerçeğini telaffuz etmeleri dışında, hiçbir gelişimsel biyolog, insanların ve şempanzelerin niçin birbirinden farklı oldukları sorusunu sormaz. Döllenmiş bir yumurtanın bir ucunda kafa öbür ucunda anüs bulunan bir embriyoya nasıl dönüştüğü, vücudun ortasından sarkan altı ya da sekiz uzantıya sahip olmanın yerine, neden önde tam olarak iki kol ve arkada iki bacak bulunduğu ve neden midenin içeride gözlerin dışarıda yer aldığı konuları, günümüzdeki gelişimsel biyolojinin çalışma gündemindeki ilgi alanlarıdır.

Tüm organizmalar için ortakmış gibi gözüken gelişimsel süreçler üzerine yoğunlaşma sonucunda, yine ortak olan nedensel öğelere odaklanılır. Ancak bu tür ortak öğeler, dış çevrenin tesadüfi ve değişken kuvvetlerinden kaynaklanmaktan çok, orga-

nizmanın içinde bulunmalı, onun değişmez özünün bir parçası olmalıdırlar. Bu değişmez nitelikteki özün genlerde yer aldığı kabul edilir.

En seçkin ve ünlü moleküler biyologlardan biri olan Sydney Brenner, bir grup meslektaşı önünde yaptığı konuşmasında, eğer bir organizmanın DNA dizisinin tamamına ve yeterince büyük bir bilgisayara sahip olsaydı, organizmayı hesaplayabileceğini iddia etmişti. Bu sözdeki simgesel ironi, bunun Darwin'in yüzüncü ölüm yılının anıldığı bir toplantının açılış konuşmasında söylenmiş olmasıdır.* Benzeri bir ruh hali bir başka tanınmış moleküler biyolog olan Walter Gilbert'in, insan genomunun dizisinin tamamını çıkardığımızda "insan olmanın ne olduğunu bileceğiz"** iddiasında da görülür. Tıpkı gelişim mecazının, organizmanın genleri tarafından tavizsiz biçimde önceden belirlendiğini ima etmesi gibi, genlerin biyokimyasını tanımlamakta kullanılan dil, DNA'nın içsel olarak kendine-yeterliliğini ifade eder. DNA önce ders kitaplarında ve bilimin popülerleştirildiği durumlarda "kendini çoğaltan", her hücre ve her kuşak için kendi kopyalarını üreten bir molekül olarak tarif edilir. Ayrıca, DNA'nın enzimleri ve organizmanın

* D. S. Bendall, der., *Evolution from Molecules to Men* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).

** Walter Gilbert, "A vision of the Grail" Daniel J. Kevles ve Leroy Hood, *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project* içinde (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1991).

yapısal öğelerini meydana getiren proteinleri "yaptığı" söylenir. İnsanlardaki tüm DNA dizisini tanımlayacak olan projeye moleküler biyologlar "Kâse'nin aranması" adını takmışlardır ve Kutsal Kâse mecazı duruma tamamen uygun düşmektedir. Zira onun da, kendi kendini yenileyici ve idame ettirici (sadece Paskalya Cuma'sında olmakla birlikte) olduğu söylenirdi; ondan nimetlenenleri besleyerek "sans serjant et sans seneschal", yani hizmetkâr ya da kahya olmadan.

Sonuç olarak, katlanmış olanın açılması mecazı moleküller düzeyinden bütünlenmiş organizma düzeyine dek bütünlük arzeder. Kendilerini yeniden üreten ve organizmayı yapan maddeleri meydana getirme gücüne sahip moleküller, organizmayı bir bütün olarak belirleyen gerekli tüm bilgiye sahiptir. Standart biyolojide bir bireyin gelişimi, genetik bir program tarafından halihazırda belirlenmiş bir olaylar dizisinin katlarının açılması biçiminde açıklanır. Böylece, gelişimsel izahın temel şeması, bu programın bilgi ve emirlerini sağlayan tüm genleri bulmak ve onlar arasındaki sinyale dayalı bağlantıların oluşturduğu ağ örgüsünü resmetmektir. Gelişim biyolojisinin nihai öyküsü o zaman şöyle bir şey olur : "Hücrenin bölünmesi ile A geni açılır ve onun belirlediği bir protein B ve C genlerinin kontrol bölgelerindeki DNA'ya bağlanarak bu genleri etkinleştirir, bu genlerin protein ürünleri birbirileriyle birleşerek daha içteki hücre-

nin değil yüzeyde olanın A genini kapatır ve sonra... vb., vb."

Çok uzak olmayan bir gelecekte kurtçuklar ve meyve sineklerinin embriyonik gelişimlerinin ilk safhalarının büyük bir bölümü için olacağı gibi, bu tamamlanmış öykü sonunda hazır hale geldiğinde, şu an anlaşıldığı biçimiyle gelişimsel biyologlar tarafından topluca kabul gören gelişimin temel problemi çözülmüş olacaktır. Dahası, bu öyküde anlatılanların bir kısmı, aynı tür idealinin örnekleri olan bireyler ile sınırlı kalmayıp, benzer biçimde organize olmuş pek çok tür için de geçerli olmalıdır. Gelişimin incelenmesinde en büyük heyecanı yaratan şey, bir organizmanın parçalarının bir uçtan öbür uca düzenlenmesi ile ilgili olan ve insanlar, böcekler, kurtçuklar ve hatta bitkilerde dahi bulunabilen genlerin, yani *homeobox* genlerinin keşfi olmuştur. Böyle genlerin varlığı, kuşkusuz büyük ilgi kaynağıdır ve bu ilgi, yaşamın tarihindeki temel süreklilikleri konu edinen evrimci için özellikle söz konusudur. Bununla birlikte, gelişim biyolojisinin programı açısından heyecanın kaynağı, bu keşfin yapılan bilimin nihai programını şekillendirmesinde yatar.

Katların açılması modelinin son bir özelliği, yaşam tarihi örüntüsünün, gelişen sistemin içinden geçtiği ve başarıyla tamamlanan bir aşamanın bir sonrakine geçişin tetikleyicisi ve koşulu olduğu, bir düzenli aşamalar sırası biçiminde görülmesidir. Türler ve bireyler arasındaki örüntü farklılıkları-

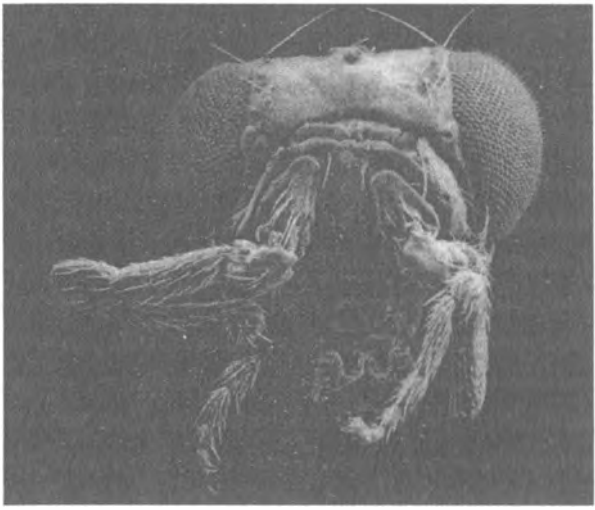
nın, böylece, yeni aşamalar eklenmesi ya da daha erken bir aşamada "gelişimin tutulu kalması" sonucu oluştuğu düşünülür. Bu kuramda dış çevrenin iki yönlü bir rolü vardır. Birincisi, süreci başlatacak bir tür çevresel tetikleyicinin gerekli olabilmesidir. Çöl bitkileri dönemsel yağmurlar uyku halini kırıncaya ve embriyo gelişimi başlayıncaya dek toprakta edilgin kalan tohumlar üretir. İkinci olarak, süreci harekete geçiren bu *déclenchement** bir kez oluştuğunda, bir filmin banyo edilmesini sağlayan, ancak son görüntüyü değiştirmeyen doğru kimyasal banyoların var olması gerektiği gibi, içsel olarak programlanmış aşamaların ortaya çıkışına izin veren minimal çevresel koşulların da var olması gerekir.

Çocuğun psikolojik olgunluğa erişmesi için geçmek zorunda olduğu Piagetci aşamalarda ve çocuk yaşta anal ya da oral aşamaların sabitlenmesini nevrotikliğin kaynağı olarak gören Freudçu teoride olduğu gibi, düzenli aşamaları normal, tutulu kalmış gelişimi anormal diye niteleyen görüşlerin psikolojik gelişim kuramlarına katkıları merkezi önemde olmuştur. Evrimsel açıklamalar da aşama teorilerinden paylarına düşeni almışlardır. İnsanlar ve maymunların ceninleri, erginlerinin birbirine benzediklerinden daha çok birbirlerine benzerler ve ergin insanlar, örneğin kafatası ve yüz biçiminde olduğu gibi, maymun ceninlerine benzemelerine yol açan morfolojik karakterlere sahiptirler.

* Tetikleme anlamındaki Fransızca sözcük. (ç.n.)

Bu tür gözlemlerin genelleştirilmesi ile *neoteni* teorisine ulaşılmıştır. Buna göre evrimde, atasal dizinin başlarında yer alan bir aşamada gelişimi kesintiye uğratarak daha erken doğma eğilimi vardır. Ancak daha erken embriyonik safhalar incelendiğinde ve birbirileriyle daha uzaktan ilişkili canlılarla bir karşılaştırma yapıldığında, zıt bir yönelimin olduğu da gözlenir. Karada yaşayan omurgalıların iyice genç embriyonlarında, gelişimin ilerisinde kaybolan, balık ve amfibilerdekine benzeyen solungaç yarıkları bulunur. Bu durum "ontogeni filogeniyi özetler" kuralına bir örnektir. Evrimde daha sonra ortaya çıkmış organizmalar, neoteni ile kaybetmek yerine, atalarının sahip olduğu erken aşamalardan geçmeyi sürdürürlerken gelişimlerine yeni aşamalar da katmış gözükmektedirler.

Evrim kuramının tarihinde geçmiş bir dönemde, on dokuzuncu yüzyılda, gözlemlenen bu düzenli oluşumların gelişim ve evrimin genel nedensel öğeleri olduğu kabul edilmekteydi. Ancak bunlar modern mekanizmacı biyolojinin yükselişiyle yaygın açıklama biçimleri olmaktan çıktılar; zira bu tür düzenli oluşumları yaratabilecek herhangi bir mekanizma bulunamıyordu. Homeobox genlerinin keşfiyle birlikte, bunlar daha sofistike bir biçimde yeniden canlanmıştır. *Drosophila*'da, homeobox genindeki mutasyonla bir antenin bir bacağa dönüşmesi Şekil 1.2'de gösterilmektedir. Pek çok eklembacaklının karşılaştırılmasına dayanılarak, antenlerin ve



Şekil 1.2. Antennapedia mutasyonunun *Drosophila*'da baş gelişimine olan etkisi. Normal sineklerde küçük segmentleri ve kıl-benzeri uzatıları olan bir anten bulunur. Mutantta, bu anten yerine oldukça iyi gelişmiş bacak benzeri bir uzantı bulunur ve bu durum aynı temel gelişimsel yolun ya anten ya da bir bacak oluşumuna yol açtığını gösterir. (Flybase/F. R. Turner izniyle.)

bacakların aynı temel uzantıların, basitçe değişmiş biçimleri oldukları uzun süre savunuldu. Şekil 1.2'de görülen mutasyon, bu çıkarsamanın, genetik düzeyde güçlü bir doğrulamasıdır. Eğer tüm hayvanlar anteriyor-posteriyor ve dorsal-ventral farklılaşmanın aynı köklü ve değişmez genetik programını paylaşıyor iseler, o zaman gen sinyalindeki değişmelerle evrimin bu ortak programa aşamalar ekleyip çıkarabilmesi kolaylıkla tasavvur edilebilir.

Gelişimi önceden belirlenmiş bir genetik programın açılması şeklinde açıklayan yapının, organizmalar arasında açıkça görünen farklılıkların izahı

açısından etkin sonuçları vardır. Farklılık gelişim biyolojisinin öncelikli konusu olmamasına karşın, gelişim üzerine ağır etkileri olan gen mutasyonlarının kullanılmasıyla, bireyler arasındaki farklılığın varlığı özel bir biçimde araştırma kapsamına girer. Bir genin, diyelim ki, bir böcekteki kanatların gelişiminde önemi olduğunu göstermenin standart yöntemi, bu genin kanatların gelişimini önleyen, ya da daha ilginç biçimde, fazladan kanat oluşumuna yol açan bir mutasyonunu bulmaktır. Ağır sonuçlar veren gen mutasyonlarını başlıca araştırma aracı olarak kullanmak, biyoloğun organizmalar arasında gözlenen herhangi bir farklılığın genetik farklılıkların sonucu olması gerektiği kanısını daha da güçlendiren bir uygulamadır. Bu güçlendirme böylece genel olarak biyolojik kuram içine taşınır.

Bireyler arasındaki doğal farklılığa dair gözlemler gelişim teorisinin yapılanmasında dikkate alınmazken, bu tür farklılığın varlığı herkes için açıktır. Özellikle insan türünde bu farklılığın önemli bireysel ve sosyal sonuçları olabilmektedir. Huy, belirli fiziksel ve zihinsel yeteneklere sahip olma, hastalık ve sağlık, toplumsal güç bakımlarından olan farkların hepsi açıklanmayı gerektirir. İkinci Dünya Savaşı'na kadar biyologlar, özellikle genetikçiler, bireyler arasındaki toplumsal, psikolojik ve anlama yetisine dair farkları şekillendiren nedensel etkiyi genlere atfeden biyolojik deterministlerdi. O zaman, Nasyonal Sosyalistlerin ellerinde ırk ve ka-

rakter teorilerinin ne hale geldiği herkes tarafından bilindiği için, biyolojik determinizme karşı genel bir tepki vardı ve determinizm yerini toplumsal gerçeklerin yaygın bir çevresel izahına bırakıyordu. Fakat bu baskın çevresellik uzun ömürlü olmadı ve savaşın bitimini izleyen yirmi yıl içinde genetik açıklamalar yeniden egemenlik kazandı. Psikoloji ve sosyoloji insanın ruhsal ve toplumsal gelişimine ilişkin tutarlı bir öngörücü şema üretemediği için, bunun etkisi ihmal edilemeyecek düzeydeydi.

Şimdiki egemen açıklama biçimi genetiktir. Bazı insan hastalıklarının, net bir biçimde tanımlanmış genlerdeki mutasyonun sonucu oldukları gözleminden güç alınarak, hemen tüm insan farklılıkları genetik farklılıklara atfedilmektedir. Tay-Sachs mutasyonu gibi gen mutasyonları ya da Down sendromuna neden olan fazladan kromozom gibi kromozom bozukluklarının, patolojik değişimlerin kaynağı olduğu tartışılmaz gerçeğinden yola çıkarak, insan genetikçileri, kalp hastalığının, şeker hastalığının, göğüs kanserinin ve bipolar sendromun da genetik değişkenlik göstermesi gerektiğini kabul etmişlerdir. Yaygın insan hastalık durumlarının altında yatan genetik farklılıkların araştırılması, tıbbi araştırmaların başlıca uğraşı alanı, kamu fonlarıyla desteklenen araştırma projelerinin başlıca kullanıcısı ve sağlık konulu yeni makalelerin başlıca kaynağıdır. Genetik olarak açıklanan sadece patolojik değişimler değildir. Seksüel tercihteki,

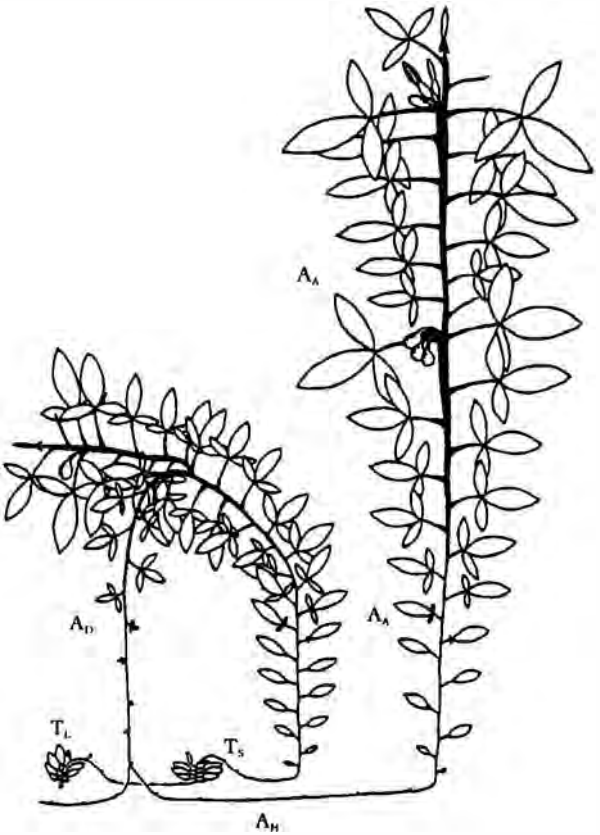
okul başarısındaki, toplumsal statüdeki farklılıklar da genetik farkların sonuçları olarak algılanır. Bir bireyin gelişmesi, döllenmiş bir yumurtada halihazırda var olan genetik bir programın açılarak ifadesi ise, o zaman gelişim ürünündeki farklılıklar bu programdaki farklılıkların sonuçları olmalıdırlar.

Gelişim mecazında içerilen genel açıklama biçiminin sorunu, yapılan işin kötü bir biyoloji olmasıdır. Bir organizmanın DNA dizisinin tamamına ve sınırsız hesaplama gücüne sahip olsaydık bile organizmayı hesaplayamazdık; zira organizma genlerinden kendisini hesaplamaz. Bir organizmanın kendi genetik "program"ından yaptığı kadarıyla yetersiz bir hesap işi yapan bir bilgisayar hemen çöpe atılır ve üreticisi satın alan tarafından dava edilirdi. Elbette aslanların koyunlardan ve şempanzelerin insanlardan farklı genlere sahip oldukları için farklı göründüğü doğrudur ve aslanlar, koyunlar ve şempanzelerle bizimle aramızdaki farkların tatmin edici açıklaması için başka nedensel etkenleri işe karıştırmamız gerekmez. Ancak iki koyunun birbirinden neden farklı olduğunu bilmek istiyorsak, genetik farklarının tanımlanması yetersizdir ve hatta bazı karakterleri açısından alakasız bile olabilir. Eğer hesaplamalarda sadece bir büyüklük sırası ile ilgileniliyorsa, hatalı bir bilgisayar dahi tatmin edici olacaktır; ancak bir ondalık hanesi düzeyine inmek başka bir makineyi gerektirir. Bir organizmanın ontogenisinin,

taşıdığı genler arasındaki benzersiz etkileşimlerin, yaşamı boyunca içinden geçmekte olduğu dışsal çevrelerin zamansal sırasının ve bireysel hücrelerdeki moleküler etkileşimlerin rastlantısal olaylarının bir sonucu olduğunu gösteren büyük bir kanıt birikimi vardır ve uzun bir zamandır var olmuştur. Bir organizmanın nasıl biçimlendiğinin doğru bir izahına dahil edilmesi gereken, işte bu etkileşimlerdir.

Bir kere, içsel olarak belirlenmiş birbirini izleyen gelişimsel evreler gelişimin yaygın bir özelliği olmakla birlikte, genellenemezler. Belirli bir tropikal yağmur ormanı sarılgan bitkisinin yaşam tarihi örüntüsü bu duruma çarpıcı bir örnektir (bkz. Şekil 1.3).* Orman tabanında tohum çimlendikten sonra, sürgün zemin boyunca büyüyerek herhangi bir kara nesneye doğru yönelir ki bu genellikle bir ağacın gövdesidir. Bu evrede bitki pozitif yere-doğrulumlu ve negatif ışığa-yönelimlidir. Eğer küçük bir kütük ile karşılaşırsa bunun üzerinde büyür, yaprak çıkarır (T_L biçimi), ama sonra yaprak çıkarmadan zemin boyunca büyüyerek (T_S biçimi) yoluna devam eder. Bir ağaç gövdesine ulaştığında negatif yere-doğrulumlu ve pozitif ışık-yönelimli olmaya başlar ve zeminden uzaklaşıp gövdeye tırmanmaya başlayarak ışığa doğru yönelir (A_A biçimi). Daha yükseğe tırmandıkça, büyümekte olan

* Thomas S. Ray Jr., "Growth correlations within the segment in the Araceae," *American Journal of Botany* 73 (1986): 993-1001.



Şekil 1.3. Tropikal sarılgan bitki *Syngonium*'un morfolojisinde büyümeyle birlikte oluşan değişimler. T_L ve T_S karasal örüntüleri, A_A bitki bir ağaca tırmandıkça ortaya çıkan örüntüyü, A_D bitki bir daldan yere doğru inerken oluşan örüntüyü gösteriyor.
T. S. Ray'in "Growth and heterophylly in an herbaceous tropical vine, Syngonium (Araceae)" adlı doktora tezinden (Harvard Üniversitesi, 1981).

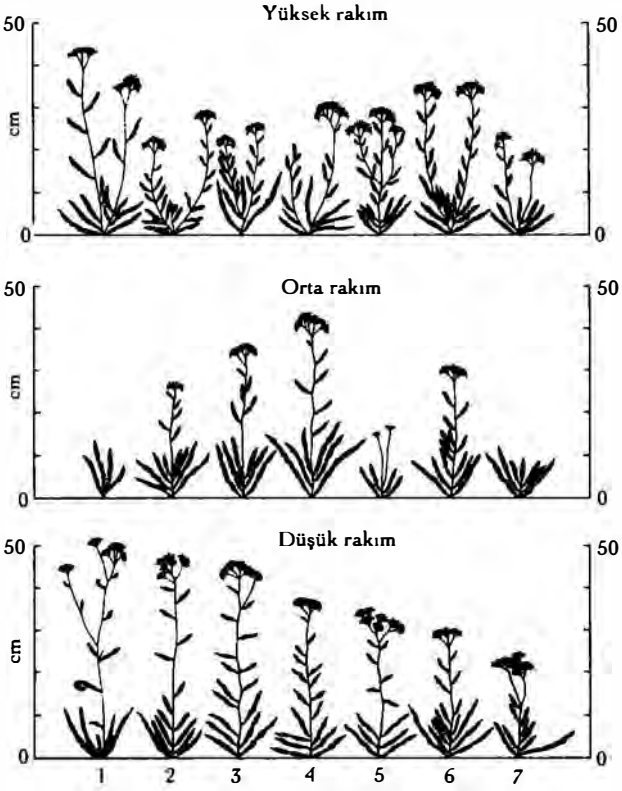
ucuna daha çok ışık ulaşır ve büyüyen gövdesinde karakteristik aralıklarla dizilen kendine özgü biçime sahip yapraklar çıkarır. Daha yükseğe doğru büyür ve sonuçta yaprak örtüsüne daha çok ışık düşerken ve yapraklar arasındaki uzaklık değişirken, yeterli bir ışık yoğunluğunda, çiçek verir. Büyümekte olan uç eğer ağacın bir dalı boyunca uzanıp gelişirse, bitki tekrar pozitif yere-doğrulumlu ve negatif ışık-yönelimli olur, yaprak biçimi ve dizilimini değiştirir ve havada sarkan zemine doğru büyüyen bir sarılgana dönüşür (A_D biçimi). Zemine ulaştığında yeniden T_S biçimine dönüşür, bu durum bir başka ağaçla karşılaşıncaya dek devam eder ve o zaman, Şekil 1.3'ün sağında görüleceği gibi, A_A biçimli olarak daha da yükseğe çıkabilir. Her bir yaprak biçimi, yaprak dizilimi, ışığa-yönelim ve yere-doğrulum örüntüsü, düşen ışık koşullarına bağımlıdır ve içsel olarak belirlenmiş bir evreler dizisi yoktur. Evrelerin tanımı bile biraz itibaridir; zira gövde ağaç boyunca yükseldikçe yaprakların biçimi ve dizilimi sürekli değişmektedir.

Büyüyen uç noktalarında tüm yaşamları boyunca embriyon dokusuna sahip oldukları için, çevre koşullarının etkisi altında büyüme örüntüleri arasındaki bu tür geçişlerin yalnızca bitkiler açısından söz konusu olduğu söylenebilirdi. Bununla birlikte, aynı olgu böceklerde farklılaşmanın düzenlenmesinde de görülebilmektedir. Bir güvenin kanadı, ergin koza içerisinde gelişirken,

bir doku yığınından, kanat ergin diskinden gelişir. Genellikle kanat ergin disklerinin kafa ya da bacaklara, karın ya da cinsel organlara dönüşen disklerden bağımsız oldukları düşünülür. Ancak, bir kanat diski yaralandığında, organizmanın tüm parçalarının gelişimi durur ve kanat diskindeki yara iyileştiğinde, bütün organizmanın gelişimi kaldığı yerden devam eder.

İkincisi, organizma kendi genleri tarafından belirlenmez, tersine, içinde oluştuğu çevreler dizisinin etkinliğine bağımlı bir ontogenetik sürecin eşsiz bir ürünüdür. Bu durum, Jens Clausen, David Keck ve William Heisey'in farklı çevrelerden alınan bitkiler üzerine yaptıkları ünlü deneyler ile gösterilebilir.* Bu deneylerde, bazı bitkilerde, bitkileri, basit bir işlemle her biri yeni bir tam birey veren parçalara ayırarak, genetik açıdan birbirinin aynı olan bireylerin kolaylıkla klonlanabileceği gerçeğinden yararlanılmıştır. *Achillea millefolium* bitkisi örnekleri alınmış ve her bitki üç parçaya ayrılmıştır. Parçanın biri düşük rakımda, deniz düzeyinden 30 metre yukarıda, biri Sierra Nevada dağlarının eteklerinde orta düzeyli bir rakımda, 1400 metrede ve bir tanesi de yüksek rakımda, 3050 metrede, dağlarda ekilmiştir. Böylece, ilk baştaki bitkiden ayrılmış üç parçadan büyüyen bu

* J. Clausen, D. D. Keck ve W. W. Heisey, *Experimental Studies on the Nature of Species*, cilt 3: *Environmental Responses of Climatic Races of Achillea*. Carnegia Institution of Washington Puplication 581 (1958): 1-129.

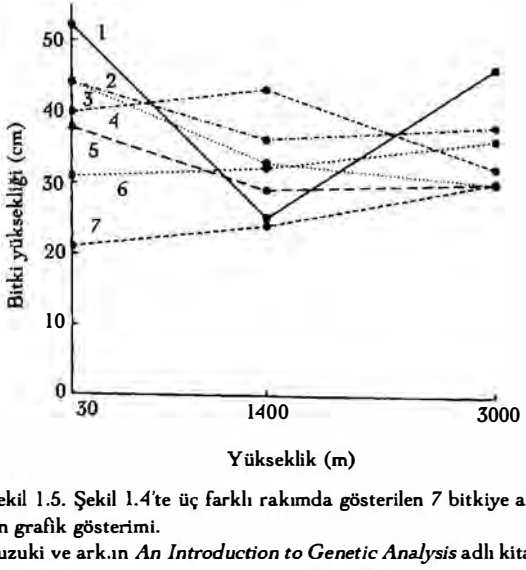


Köken olan bitki (dikilen bitkilerin kaynağı)

Şekil 1.4. Üç farklı rakımda yetiştirilen *Achillea*'nın genetik olarak farklı yedi kopyasının büyüme durumu.
Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.

üç bitki, üç farklı çevrede gelişmiş genetik klonlardır. Yedi farklı bitki için yapılan deneyin sonucu Şekil 1.4'te gösterilmektedir.

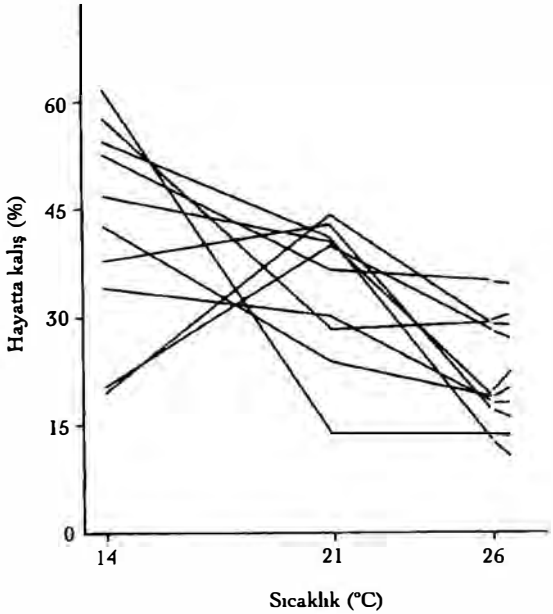
Örnek olarak alınan yedi farklı genetik soy, en düşük rakımda gerçekleşen büyüme oranı sırasıyla yatay olarak gösterilmektedir. Dikey olarak gösterilen bir sütundaki üç bitki, tek bir bitkinin klonlanmış üç parçasından üç farklı çevrede gelişen bitkilerdir. Hemen gözümüze çarpan şey, orta ya da yüksek rakımdaki büyüme sırasının, en düşük rakımdaki büyüme sırasından tahmin edilmesinin olanaksızlığıdır. En düşük rakımda en iyi büyüme gösteren bitki yüksek rakımda da en iyi büyüyen bitkidir, ama orta rakımda en zayıf gelişen odur ve çiçeklenememiştir. Yüksek rakımdaki ikinci-en iyi-büyüyen bitki, düşük rakımdaki en zayıfın bir önündedir ve orta rakımdaki büyüme sırasının ortasındadır. Genel olarak, bir çevreden diğerine geçişte büyüme sırasını tahmin etmenin bir yolu yoktur. Büyüme örüntüsünü bir çevreden diğerine ilişkilendirmek söz konusu değildir. Büyümenin gerçekleştiği çevreyi belirlemeden "hangi genotip en iyi büyümeyi sağladı" sorusunu sormak olanaksızdır. Tüm çevreler üzerinden ortalama almak bile pek bilgi vermez. Genotip 5 (ortalama = 25 cm) ve genotip 7 (ortalama = 18 cm) çevreler ortalaması bakımından en zayıf büyüyen bitkilerdir, ancak diğer beş genotip, her biri her çevrede farklı büyümesine karşın, birbirinden ayırt edilemez (32-33



Şekil 1.5. Şekil 1.4'te üç farklı rakımda gösterilen 7 bitkiye ait boyların grafik gösterimi.
Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.

cm). Şekil 1.4'ün uç bir örneği sergilemediğini akılda tutmak önemlidir. Deneylerde böyle pek çok karşılaştırma yapılmıştır ve bunların tamamı benzer sonuçlar vermiştir.

Şekil 1.4'teki deney, sonuçları özetleyen bir grafik biçiminde gösterilebilir. Şekil 1.5'te her genotipin verdiği bitki yüksekliği bitkinin büyüdüğü rakıma karşılık grafiğe geçirilmiştir. Belirli bir genotipe sahip organizmaların *fenotipini* (dış görünüme ait özelliklerini) çevrenin fonksiyonu olarak veren böyle grafiklere *reaksiyon normları* denir. Bir reaksiyon normu, çevrenin belirli bir genetik yapılanım



Şekil 1.6. *Drosophila*'da on farklı genotipin üç farklı sıcaklıktaki hayatta kalış düzeyleri.

ile tanımlanan fenotipe dönüştürülmesidir. Yani bir genotip, gelişimin eşsiz bir ürününü belirlemez; daha çok, farklı çevrelerde farklı bir gelişim ürünleri örüntüsü veren bir reaksiyon normunu belirler. Şekil 1.5'teki reaksiyon normları bu tür deneylerde görülenin tipik örneğidirler. Genotip *7* gibi, reaksiyon normları tüm çevrelerde diğerlerinin altına düşen genotiplere zaman zaman rastlanılır. Fakat çoğu genotipin önceden bilinemeyen şekillerde birbiriyle kesişen karmaşık örüntülü reaksiyon normları vardır. Genotip 3'ün reaksiyon normu artan ra-

kımla birlikte tekdüze olarak düşmektedir. Genotip 4 orta rakımda en yüksek düzeyine ulaşmışken, Genotip 1 bu rakımda çok belirgin bir biçimde en düşük düzeyini sergilemektedir.

Bu gibi sonuçlar *Achillea*'ya ya da bitkilere özgü değildir. Şekil 1.6 benzer bir deneyi meyve sineği *Drosophila melanogaster*'de göstermektedir. Aynı genotipe sahip birçok birey yapabilme amacıyla *Drosophila*'yı klonlamak şu ana dek mümkün olmamıştır, ama kromozomlarını genetik olarak işaretleyerek ve işaret taşıyan soylar arasında özel dizayn edilmiş çaprazlar yaparak, genomlarındaki büyük bölümler açısından birbirinin aynı birçok bireyin oluşturulması mümkündür. Doğal popülasyonlardan elde edilen farklı genetik soylar böylece farklı çevrelerde birbirileriyle karşılaştırılabilir. Şekil 1.6'da, doğal bir *Drosophila* popülasyonundan alınan ve ergin öncesi evreleri farklı sıcaklıklarda gelişen çeşitli genotiplerin, yumurtadan ergine hayatta kalabilme düzeyleri gösterilmektedir. Burada yine karakteristik reaksiyon normlarını görüyoruz; kimi artan sıcaklıkla tekdüze biçimde azalmaktadır, orta sıcaklıkta kimi en az düzeye, kimi en yüksek düzeye sahiptir. Koşulsuz biçimde en yüksek yaşayabilme düzeyine sahip bir genotip yoktur ve artan sıcaklıkla birlikte yaşayabilirliğin genel olarak düşmesine karşın, genotipler arasındaki sıralanma bir sıcaklıktan diğerine özel bir örüntü sergilememektedir. Bu nedenle evrimi sırasında türün

karşılaşmış olduğu sıcaklıklar tarihini belirlemeksizin, üstün yaşayabilirliği nedeniyle doğal seçilimin hangi genotipi öne çıkaracağını tahmin etmek, ya da neden belirli bir genotipin türü karakterize ettiği gerçeğini açıklamak imkânsızdır.

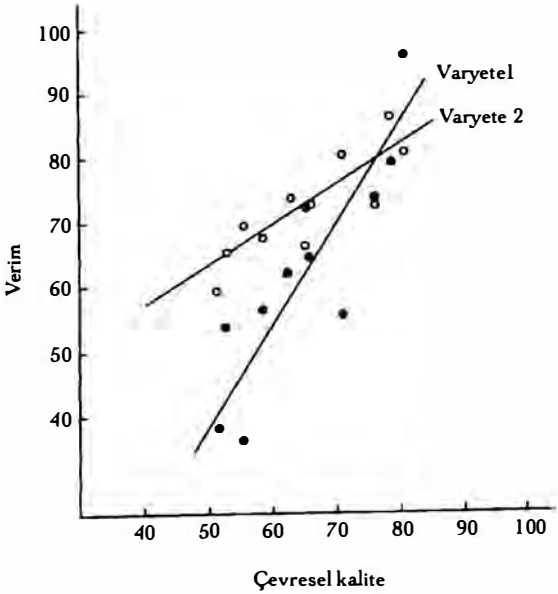
Bir genotipin reaksiyon normunu dikkate almanın önemi bitki yetiştiriciliğinde iyi bilinmektedir. Kültür bitkilerinin ticari varyeteleri, örneğin yeni mısır hibridleri, bitkilerin yetiştirileceği bölgedeki farklı alanlarda bulunan çiftliklerde birkaç yıl ürün testinden geçirilir. Çiftçiler için piyasaya verilecek varyeteler kısmen yıl ve bölge ortalama verimliliği temeline göre seçilir, ama bu seçim aynı zamanda verimlerinin zaman ve mekândaki tekdüzeliği açısından da yapılır. Belirli bir yer ve yılda yüksek derecede üstün olduğu için yüksek bir ortalama gösteren, ancak aksi durumda diğer varyetelerden biraz daha düşük bir ürün veren bir hibrid, piyasaya verilmek için seçilmeyecektir. Tohum şirketleri ürün ortalamasından daha çok, ürünün değişik çevrelerdeki güvenilirliği ile ilgilidirler; çünkü çiftçiler satın alacakları tohumu bu ölçüte göre seçeceklerdir. Bu bitki yetiştiriciliği politikasının sonucunda ticari hibrid mısırın reaksiyon normunun giderek düzleştiği ve çevresel değişimlere giderek daha az cevap verdiği bir evrimleşme gerçekleşmiştir. Şekil 1.7, 1940'ların hibrid bir mısırı (Varyete 1) ile 1960'ların ticari bir hibrid mısırının (Varyete 2) reaksiyon normlarının karşılaştırılmasını göstermek-

tedir. Bu karşılaştırma, bu farklı genotipleri ortak bir yıl ve yer kümesinde birbiriyle karşılaştıran bir deneyin sonucudur.* Aslında, en iyi çevrede eski hibridler yenilerinden daha iyi sonuç vermişlerdi, ama farklı çevrelere karşı daha hassaslaşmışlardır ve böylece yerlerine çevresel duyarlılığı daha az olan genotipler geçmiştir.

Reaksiyon normlarının aldığı gerçek biçimler, çevrenin rolünü bir ölçüde kabul eden, ancak bunu doğru olmayan biçimde yapan, genotip ve organizma arasındaki ilişkiye dair daha incelikli iki tanımın yanlışlığını da gösterir. Bunlardan biri, genlerin bir organizmanın kapasitesini, çevrenin ne oranda yeterli olduğuna bağlı olarak ulaşılabilen ya da ulaşılamayan bir sınırda belirlediği düşüncesidir. Boş kova mecazı budur. Genler kovanın büyüklüğünü belirlerken, çevre içine ne kadar dolacağını belirler. Çevre yetersiz ise, o zaman kovaların hiçbiri pek fazla içeriğe sahip olmayacaktır ve genotipler yetersiz kalacaktır; ama çevre elverişliyse o zaman büyük kovalar daha dolu olacak, küçükler ise kendi küçük kapasitelerini dolduracaklar ve sonra taşacaklardır.

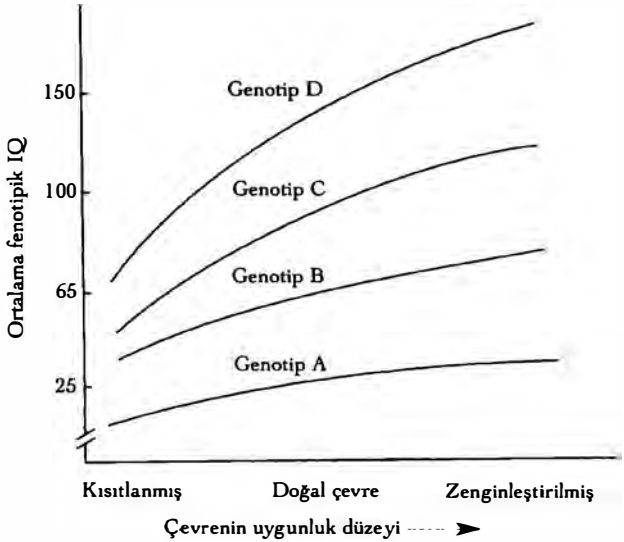
Bu kapasite mecazı insan IQ'su üzerine literatürde yaygın biçimde kullanılmıştır. IQ'nun çevrelere göre değişeceği; ancak yetersiz çevrelerde bü-

* W. A. Russell, "Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding," *Proceedings of the 29th Annual Corn and Sorghum Research Conference, Ames, Ia., 1974* içinde (Washington: American Seed Trade Association).



Şekil 1.7. ABD'de, 1940'larda kullanılan hibrid mısırın (Varyete 1) ve 1960'ların ticari hibritinin (Varyete 2) tohum verimleri. Grafik, çevresel kalite bazında seçilen farklı yıl ve yerlerdeki verimi gösteriyor. Suzuki ve arkın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.

tün genotiplerin aynı oranda yetersiz kalacakları, zenginleştirilmiş çevrelerde ise üstün içsel kapasiteye sahip genotiplerin kendilerini açığa vuracakları iddia edilir. Bu tanıma göre, çevrenin herhangi biçimde zenginleştirilmesi, genotipte zaten var olan içsel farkların sadece şiddetini artırır. A.R. Jensen'in meşhur "IQ ve okul başarısını nereye kadar artırabiliriz?" makalesinden alınan Şekil 1.8, bu argümanı kullanmaktadır.* Bununla birlikte, şekilde



Şekil 1.8. Bir karakterin çevreye duyarlı olabileceği iddiasını göstermek üzere IQ için icat edilen varsayımsal reaksiyon normları. Ancak, bu durumda, çevrenin niteliği ne olursa olsun bir genotip her zaman diğerine üstün olabilmektedir.

gösterilen reaksiyon normları tamamen Jensen'in icadıdır ve gerçekliği temsil ettiklerine dair herhangi bir kanıt yoktur. Düz manada her genotipin gerçekte kimi çevrede gerçekleşen bir en yüksek düzey metabolik hızı, büyüme hızı, etkinliği ya da zihinsel keskinliği olmalıdır, ancak reaksiyon normlarına dayanan gerçek deneysel verilerden henüz gördüğümüz gibi, bu en yüksek düzeyin gerçekleştiği çevre her genotip için farklıdır. Dahası, geno-

[9] A. R. Jensen, "How much can we boost IQ and scholastic achievement?" *Harvard Educational Review* 39 (1969): 15.

tiplerin "kısıtlı"dan "zenginleştirilmiş"e olan sıralanması genotipten genotipe değişecektir. Açıktır ki, düşünülebilen herhangi bir genotip açısından öldürücü ya da ağır biçimde güçten düşürücü kimi çevreler olacaktır, ama bunların sorunla ilişkisi yoktur.

Bir anlamıyla "kapasite" gerçekten de genler tarafından belirlenir. Yetiştirildiği çevre ne olursa olsun hiçbir meyve sineği genetik hakkında bir kitap yazamayacaktır. Genel ve önemli anlamda bir türün biyolojisi onun DNA'sı tarafından çevrelenen olanaklar ile sınırlandırılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla genetik farklılıkların bir insanın konuştuğu belirli bir dil üzerine etkisi yoktur, ama konuşabilme olasılığı her durumda doğru genlere sahip olmaya bağlıdır. Bu nedenle insanlar ve şempanzeler dil yetenekleri bakımından farklıdırlar sorusuna cevaben, farklı genlere sahip oldukları için böyledir demek tamamen uygun olurdu. Ancak iki durum arasındaki farka ilişkin soru, onlardan her birinin nedenine dair soru ile aynı değildir. İnsanlar konuşabilmektedir; çünkü doğru genlere ve doğru sosyal çevreye sahiptirler.

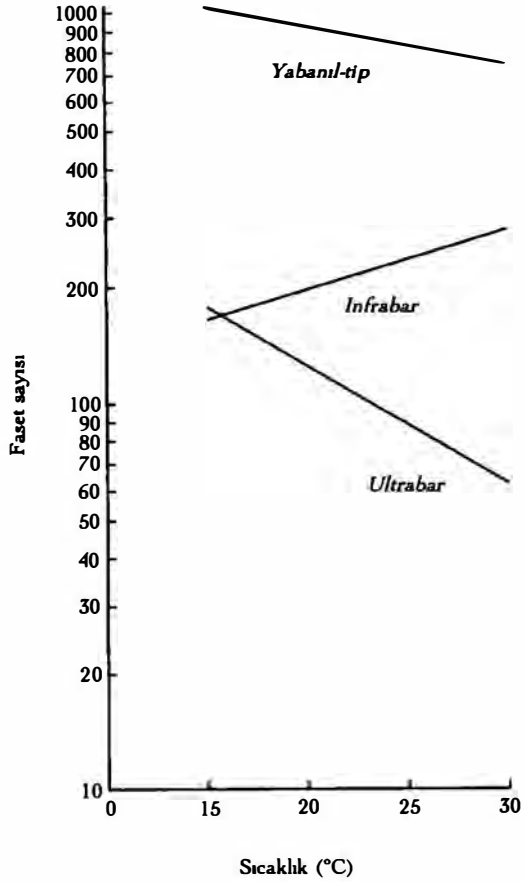
Gen ve organizma arasındaki ilişkinin bir diğer yanlış anlaşılımı, belirlenim vurgusundan başka bir adımla daha uzaklaşır ve bir genotipin bir diğerine göre, diyelim ki, daha büyük ya da daha küçük bir fenotip oluşturma yönünde bir *eğilimi* olduğunu söyler. Günlük dilde Ronald'ın "zayıf olmaya eğili-

mi" varken Bill'in "şişmanlamaya eğilimi olduğu"ndan bahsederiz, ancak bu kavramın genotipler ve çevreler açısından nasıl kullanılacağı belli değildir. Bazı çevrelerde Bill zayıf olacaktır, bazılarında şişman. Bu belirli bir beslenme biçimiyle Bill'in Ronald'dan daha şişman olacağı anlamına gelebilir, ama anlamı buysa, gördüğümüz gibi, o zaman ona karşılık gelecek reaksiyon normları bulunmaz. "Eğimlilik" kavramı, dolaylı olarak, herhangi bir dış kuvvet tarafından müdahale edilmediği sürece geçerli olan "normal" koşullar ya da temel koşullar fikrini sıkça beraberinde taşır. Newton *Principia*'da, "üzerine etkiyen kuvvetler tarafından bu durum değiştirilmeye zorlanmadığı sürece" cisimlerin durgun kalmaya ya da tekdüze biçimde hareket etmeye eğilimli olduklarını yazmıştı. Yani eğilim dilini anlamlı biçimde kullanabilmek için, fenotipin yalnızca özel durumlarda değişebilen belirli bir biçime sahip olacağı bir çevre ya da çevreler alanı tanımlamak mümkün olmalıdır. Ama genel olarak genotiplerin eğilimlerinin karşılaştırılacağı ideal "normal" çevreyi nasıl belirleyeceğimizi bilmiyoruz ve böyle idealize edilmiş bir "normal" çevrenin varlığı Newton'un kuvvetler içermeyen ideal durumunun varlığından daha fazla mümkün de değildir.

Genotipin fenotipi belirlediği görüşü, deneyler için materyal sağlamakta olan özel bir genotipler sınıfıyla olan uzun deneyimleri ile genetikçiler ara-

sında güç kazanmıştır. Bunlar, reaksiyon normu özellikleri genel olarak genotiplerinkine uymayan, *Drosophila* gibi deneysel organizmalardaki klasik "mutasyonlar"dır. Çok kullanışlı bir deneysel araç olabilmesi için bir mutasyonun, mutasyonu geniş bir çevreler dizisi boyunca taşıyan her bireyde, "yabanıl tip"ten farklı bir fenotipe karşılık gelmesi gerekir. Böylece, *Drosophila*'daki "körelmiş kanat" ya da "beyaz göz" mutasyonunun bu genotipe sahip her bireyde, diğer genlerin genetik durumlarına veya geliştikleri kültür ortamının asitlik derecesine, nemliliğine ya da sıcaklığına bağımlı olmaksızın, körelmiş bir kanada ya da renksiz bir göz oluşumuna neden olacağı kabul edilebilmektedir.

Genetikçiler bunların tipik genetik farklılıklar olduklarını iddia ederler; ancak üstünde durmadıkları şey, *Drosophila*'daki pek çok gen mutasyonunun, hatta genetikçilerin kendi deneylerinde kullanmak zorunda oldukları mutasyonların dahi, gelişimsel açıdan pek iyi davranmadığıdır. Genetik deneylerde yaygın olarak kullanılan kıvrık kanat mutasyonu, örneğin, yaygın düz biçimli kanatlardan görülebilir biçimde farklı olan kanatlara sahip sineklerde, yalnızca kültür ortamının sıcaklığı ve nemi dikkatli biçimde kontrol edildiğinde ortaya çıkar. Bilinen *Drosophila* mutasyonlarının çoğunluğu "beyaz göz"den ziyade kıvrık kanat gibidir. Geniş çevreler kapsamında güvenilir bir biçimde tanınabilen mutasyonlar bile çevreden bağımsız olarak

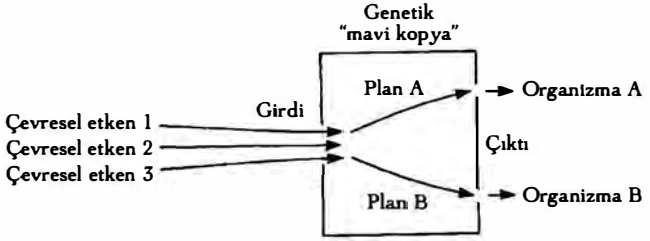


Şekil 1.9. Sıcaklığa bağlı olarak, hücre (faset) sayısı ile ölçülen göz büyüklüğü. Şekil normal yabanıl-tip *Drosophila* ve iki mutant form olan *Infrabar* ve *Ultrabar*'ın durumlarını gösteriyor.

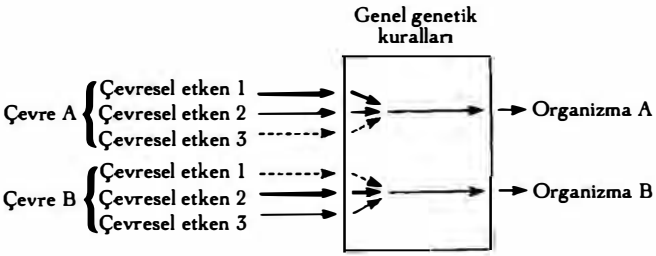
Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.

ifade edilemezler. *Infrabar* ve *Ultrabar* mutasyonları *Drosophila* gözünü belirgin biçimde küçültürler ve normal yabanıl tip ile asla birbirlerine karıştırılmazlar. Ama hem bu mutasyonların göz büyüklüğü hem de yabanıl tipinki, Şekil 1.9'da görüldüğü gibi, sıcaklıktan etkilenir. Yabanıl tipinki tüm sıcaklıklarda her iki mutasyondan ayırt edilebilirken, bu iki mutasyonun reaksiyon normları zıt eğilimlere sahiptirler ve 15 °C'de birbirileriyle çakışırlar.

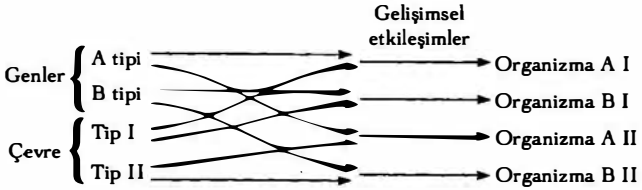
Gelişimin genetik determinist görüşü, fenotipin oluşturulması açısından, gen ve çevre arasındaki ilişkiye dair iki alternatif şema sunar. Bunlardan biri, organizmanın temel nitelikteki özelliklerini, yani morfolojisini, fizyolojisini, hücre biyolojisini ve doğal davranışını doğrudan genlerin "ürünü" olarak resmeder. Şekil 1.10a bu şemayı göstermektedir. Farklı çevresel bilgileri işleyen bir mavi kopya vardır ve bu kopya bilgileri, farklılıklarının tamamen genetik farklılıklar tarafından belirlendiği organizmalara dönüştürür. Beslenme biçimleri nasıl olursa olsun, Afrika Pigmeleri çok kısadır ve Dinkalar çok uzundur. Diğer şema, Şekil 1.10b'de gösterilmektedir ve organizmanın yüzeysel olarak kabul edilen özelliklerine ilişkindir. Bu şemada tüm bireyler için geçerli olan ve farklı çevresel bilgileri farklı fenotipik ürünlere dönüştüren temel genetik kurallar yer alır. Dinkalar ve Pigmeler aynı anatomik ve sinirsel özellikleri kullanarak anne babalarından öğrendikleri farklı dilleri konuşurlar.



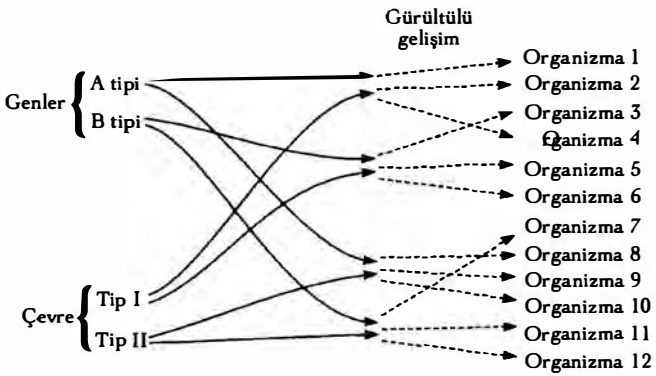
Şekil 1.10a. Organizmanın genetik belirlenimini vurgulayan şema. Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.



Şekil 1.10b. Organizmanın çevresel belirlenimini vurgulayan şema. Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından, © 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company. İzinle kullanılmaktadır.



Şekil 1.10c. Organizmayı belirlemede genler ve çevre arasındaki etkileşimleri gösteren şema.
Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından,
© 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company.
İzinle kullanılmaktadır.



Şekil 1.10d. Genlerin ve çevrenin etkileşimini ve rasgele gelişimsel gürültüyü göz önüne alan, organizma gelişiminin tamamlanmış şeması.
Suzuki ve ark.ın *An Introduction to Genetic Analysis* adlı kitabından,
© 1996, 1993, 1989, 1985, 1981, 1976, W. H. Freeman and Company.
İzinle kullanılmaktadır.

Gen ve çevre arasındaki gelişimsel etkileşimleri dikkate alan reaksiyon normunun ortaya koyduğu şema oldukça farklı bir biçime sahiptir ve Şekil 1.10c'de gösterilmektedir. Çevre ve gen arasında öylesine benzersiz etkileşimler vardır ki, fenotiplerin sıralaması, genotiplerin ya da çevrelerin birbirinden bağımsız olarak önceden düzenlenmesiyle uygunluk göstermez. Ancak Şekil 1.10c dahi ontogeniye ait gerçekliğin tamamını yakalamaz.

Böcekler çeşitli vücut parçaları üzerinde belirgin biçimli gruplar halinde düzenlenmiş çok sayıda duyu kıllarına sahiptirler. Bu duyu kıllarının her biri, biri kıl oluşumunu, biri kılın geliştiği kılıfı veren ve biri de kıl hareketini merkezi sinir sistemine ileten sinir hücresini oluşturan üç hücreden köken alır. *Drosophila*'da böyle bir grup, vücutta kanatların altında yer alır. Ortalama kıl sayısı vücudun sağ ve sol taraflarında aynıdır, yani *Drosophila* ortalama olarak simetriktir. Ancak bir bireyin sol tarafındaki sayı aynı bireyin sağ tarafındaki sayı ile aynı değildir. Bir sineğin sağında dokuz kıl solunda beş kıl olabilirken, bir başkasının sağında altı solunda sekiz kıl bulunabilmektedir. Bu değişkenlik farklı bireyler arasındaki ortalama kıl sayısı değişkenliği kadar büyüktür ve işlevsel açıdan ihmal edilebilir değildir; zira duyu kılları sineğin havadaki hareketinin algılayıcılarıdır.

Bu dalgalanan asimetri neden kaynaklanır? Sineğin sağ ve sol tarafında bulunan hücreler aynı

genlere sahiptirler ve iki milimetre uzunlukta, bir milimetre genişlikte olan, yan yüzeyi ile laboratuvarda cam bir yetiştirme kabının içine tutunurken kıllarını geliştiren bir sineğin sağ ve sol taraflarında gelişimsel çevrenin (sıcaklık, nem, oksijen derişimi vb.) farklı cereyan ettiğini söylemek gülünç gözükmektedir. Yani, bu değişkenlik ne genetik ne de çevresel bir değişkenliğin sonucudur. Bu, hücreler içerisinde moleküler etkileşimler düzeyindeki rasgele olayların sonucu olan *gelişimsel gürültüdür.*

Deney tüplerindekinin tersine, hücre metabolizmasında iş gören pek çok molekülden hücrelerde çok az sayıda vardır. DNA, örneğin, her hücrede tam olarak iki kopya biçiminde içerilir ve diğer pek çok molekülden bundan çok daha fazla sayıda bulunmaz. Dahası, moleküller hücrenin farklı bölümlerinde farklı biçimlerde yoğunlaşmışlardır ve hücre işleyişi reaksiyonların gerçekleşmesi için birbiriyle karşılaşması gereken moleküllerin hareketine bağımlıdır. Hücrenin okumakta olduğu genin ilk elden kopyası olan mesajcı RNA molekülü, proteinlerin sentezinde rol almak üzere çekirdeği terk edip sitoplazmaya geçmelidir. Sitoplazmada, RNA tarafından taşınan tanımlamaya göre bir proteini üreten asıl makine olan bir ribozom içine girdirilmelidir. Hücredeki bu ve benzeri işlemler zaman alır ve bir çözeltide zıplayıp birbirine vurarak etkileşen milyarlarca küçük molekülün bulunduğu durumdakinden oldukça farklı bir şema sunar.

Mekânsal açıdan kısıtlanmış hücre-içi makineler tarafından işlenen kimyasal birimlerin çok az sayıda olması sonucunda, sentezlenen moleküllerin sayısı ve sentez hızı hücreden hücreye önemli oranda değişir. Bu durum, hücrelerin bölünmesi ya da gelişim sırasında göçmeleri için gerekli süredeki değişkenlikte, kendini açık eder. Böyle bir değişkenlik ileri organizmalardan yapısal olarak çok daha basit olan bakteri hücrelerinde gözlenebilir. Sürekli karıştırılan sıvı üreme ortamının büyük bir miktarına tek bir bakteri hücresi katılırsa, bu hücre, diyelim ki, altmış üç dakikada bölünecektir. Ancak oluşan iki kardeş hücre altmış üç dakika sonra yine aynı anda bölünmeyecektir. Bakteri kültürleri nabız atar gibi değil, devamlı bir biçimde bölünürler; çünkü oluşan her hücrenin bölünmesi için gerekli süre biraz farklıdır. Tüm hücreler tamamen aynı kültür koşullarında üremektedir; çünkü sürekli karıştırılan kültür ortamı, lokal yoğunluğu etkin bir biçimde her yerde aynı olan küçük molekülleri yüksek yoğunluklarda içerir. Hücreler genetik olarak birbirinin aynıdır, çünkü birkaç bölünme kuşağı arasında pek çok mutasyon oluşturmaya yetecek zaman geçmemiştir. Eşzamanlı olmayışlarının nedeni, hücre bölünürken farklı molekül çeşitlerinin kardeş hücrelere rasgele ve eşit olmayan bir biçimde dağılmasıdır. Hücreler böylece, tekrar bölünebilmeleri öncesinde gerekli moleküllerin yeni bir popülasyonunu üretmek için farklı zamanlara ihtiyaç duyacaklardır.

Çok-hücreli organizmaların gelişimlerinde aynı olgu meydana gelir. Sineklerde bir duyu kılını veren üç hücre, başlangıçtaki bir öncü hücrenin geçirdiği iki bölünmenin sonucudur. Bir ergin kılını oluşturmak için, kıl-yapıcı hücrelerin gelişmekte olan sineğin yüzey kısmına göç etmeleri gerekir ki, bu yüzey giderek sertleşmektedir. Başlangıçtaki öncü hücrenin üçe bölünmesi biraz uzun bir sürede olur ve yığının göçü gecikirse, bir kıl haline gelmesi için gereken kısa sürede, sertleşen yüzeye ulaşmayacaktır. Merkezi sinir sistemlerinin değişkenlikleri de dahil olmak üzere, organizmalar arasında gözlenen birçok değişkenliğin altında bu tür rastlantısal süreçler yatıyor olmalıdır.

Beyin gelişiminin günümüzdeki önde gelen kuramı olan seçilim kuramı, gelişim sırasında rasgele büyüme ile sinirlerin rasgele bağlantılar kurduğunu söyler. Sinirsel gelişim sırasında dışsal bilgiler tarafından güçlendirilen bağlantılar kalıcılaştırılırken, diğerleri bozulur ve yiter.* Ama bağlantılar deneyim ile kalıcılaşabilmeden önce rasgele biçimde oluşacaklardır. Bu tür bir sinirsel gelişim, biyolojik ve anatomik olarak doğal olan, ancak genetik ya da çevresel olmayan anlama yetisi farklılıklarına yol açabilecektir. Eminim ki beş yaşından itibaren keman çalışsam bile, bir Paganini kapriçiyosunu Salvatore Accardo gibi çalamazdım. Accardo'da

* Gerald Edelman, *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection* (New York: Basic Books, 1987).

hiç şüphesiz benim sahip olmadığım sinir bağlantıları vardır ve onlara küçük yaştan beri sahiptir. Ancak aramızdaki böylesi anatomik farklılıkların genetik olduğu herhangi bir şekilde belirgin değildir. Rasgele sinir bağlantılarının kuşkuya yer bırakmayan varlığını müzik yeteneği gibi belli özellikler ile ilişkilendirmek büyük bir araştırma programını gerektirirdi. Ancak böyle bir program, yalnızca bu soru öncelikli olarak sorulduğunda yürütülecektir.

Gelişimsel gürültünün gelişim sürecine dahil edilmesi Şekil 1.10d'deki şemayı verir. Organizma ne genleri, ne çevresi hatta ne de onlar arasındaki etkileşimler tarafından belirlenir, ama rasgele süreçlerin önemli bir işaretini taşır. Organizma kendini, genlerindeki bilgiden ya da genlerindeki ve karşılaştığı çevreler sırasındaki bilgiden hesaplamaz. Hesaplama mecazı, Descartes'ın makine mecazının sadece yeni moda bir biçimidir. Her mecaz gibi, gerçekliğin bir kısmını yakalar ama çok fazla ciddiye aldığımızda ise yolumuzu şaşırtır.

II. Bölüm

Organizma ve Çevre

Organizmanın belirgin biçimde içinde yaşadığı âleme uyduğu inancı bilimsel biyolojiden uzun zaman öncesine dayanır. Gerçekten, canlı varlıkların özellikleri ve yaşam koşulları arasındaki olağanüstü uygunluğun Kutsal Yaratıcının gücü ve lütufunun kanıtı olduğu iddia edilmekteydi. Suda yaşayan hayvanların yüzmek için yüzgeçleri ve nefes almak için solungaçları varken, havada uçan hayvanların kanatları ve akciğerleri olmasını başka nasıl açıklayabilirdik? Türler arasındaki çeşitliliğin kökeni sorusuyla birlikte organizmaların çevresel koşullara uyumuna dair bu gözlem, Darwin'in tatminkâr bir evrim kuramı yaratmadaki gündemini

oluşturuyordu. Onun açıklaması, çevrenin taleplerine daha iyi biçimde uygun hale gelme sürecinin, çeşitliliğe götürecek süreçle aynı olması idi. Anatomisi, fizyolojisi ve davranışı çevrenin gerektirdiklerine uyanlar üreme yaşına dek yaşayabilmek ve en fazla yavru oluşturabilmek için, en yüksek şansa sahip olacaklardır. Eğer bu özellikler kalıtılabilir ise, o zaman bir sonraki kuşak daha iyi uyum sağlayan karakterlere daha yüksek sıklıkta sahip olacaktır ve sonunda türün tamamı daha uyumlu tipleri içerecektir. Ama doğal seçilim ile evrimleşme organizmaların birtakım belirgin çevresel koşullar kümesine giderek daha iyi uyumuna yol açmakta ise, o halde zaman ve mekân açısından birbirinden ayrılmış organizma grupları farklı koşulları buldukça bunlara uymak üzere evrimleşeceklerdir. Organik çeşitlilik, böylece, farklı türlerin doğal seçilimle uyum gösterdikleri farklı çevrelerin var olmasının bir sonucudur. Bu uygunlaşma süreci *adaptasyon* sürecidir.

Böyle bir evrim kuramı yaratmak için Darwin, organizma ve çevre hakkında düşünmeye dair devrimci bir adım atmak zorundaydı. Daha önce içsel süreçler ve dışsal olanlar arasında açık bir ayırım yapılmamıştı. Modern dönem öncesi doğa görüşünde canlı ve cansız, yaşayanla ölü birbirinden açık biçimde ayrılmamaktaydı. Ölüler canlanabiliyor, fildişi heykeller canlı kadınlara dönüşebiliyordu. Lamarck'ın evrim kuramı, edinilmiş karakterle-

rin kalıtıldığını kabul etmekteydi. Yani, organizma dışındaki koşullar organizmanın iradesiyle kalıcı ve kalıtılabilir bir biçimde organizmanın yapısına katılabiliyordu. Darwin, içi dışa yabancılaştırarak, organizmayı yaratan içsel süreçleri organizmanın etkinlik göstermek zorunda olduğu dışsal süreçlerden, yani çevreden kesin biçimde ayırarak, bu entelektüel gelenekte dramatik bir çatlak yarattı.

Darwin'in kuramında organizmalar arasındaki çeşitlilik, şimdi artık gen mutasyonu ve rekombinasyon olarak bilinen, çevrenin gereklerine duyarsız içsel bir sürecin sonucudur. Ardından, meydana getirilen çeşitli biçimlerin kabul edilebilirliği, bu çeşitlilikten bağımsız bir şekilde oluşmuş bir çevrede sınanır. Çeşitlenme süreci, nedensel olarak seçilim koşullarından bağımsızdır. Çevrenin tarihi ise jeolojik değişimin, meteor çarpmalarının, buzul çağlarının yükselişi ve bitişinin, deniz düzeyinin yükselmesi ve alçalmasının, iklim örüntülerindeki kısa dönemli değişimlerin bir tarihidir. Diğer organizma çeşitleri de bir türün çevresinin parçasıdırlar, ancak bağımsız tarihleriyle hep öyle kendi başlarına var olmuş gibidirler. Organizma ve çevre böylece, yalnızca seçilim süreciyle birbiri ile etkileşir.

Bağımsız çevre ve organizma arasındaki bu ilişki için birçok mecaza başvurulmuştur. Organizma bir öneride bulunur, çevre bunu reddeder. Organizma tasarımlar yapar, çevre bunları çürütür. Evrimsel çalışmaların teknik literatürünün günümüzdeki en

popüler halinde, çevre sorunlar yaratmakta ve organizma ortaya rasgele çözümler atmaktadır. Aslında böyle bir kavramsal yapıya adaptasyon mecazı uygun düşmektedir. Adaptasyon, sözcük olarak bir nesnenin önceden belirlenmiş bir talebe uyma süreci anlamına gelir. Bir anahtarı kilide uydurmak için, onu kilit yuvasına uyacak şekilde eğeleriz. Avrupa'ya seyahat ettiğimde yanıma bir adaptör alırım, böylece 110 volta göre yapılmış elektrikli diş fırçam 220 voltta da çalışır. Organizmalar çevrelerine adapte olurlar, çünkü dış dünya özelliklerini organizmadan bağımsız biçimde edinmiştir ve organizma ya adapte olacak ya da ölecektir.

Modern biyoloji Darwin'in doğal seçilimle uyumsal evrim kuramına bağlı olmakla kalmaz, Darwin'in ortaya koyduğu organizma ve çevre arasındaki ilişkiye ait orijinal modelin izlerini de taşır. *Uyum* ve *uyumsal değer*, artık bir fenotip ya da genotipin hayatta kalmasının ve çoğalma hızının sayısal olasılığı için kullanılan teknik terimlerdir. Böylece bir popülasyon genetikçisi, bir genotipin, bir başka genotipin 1,0 olan uyumu ile karşılaştırıldığında 0,78 uyuma sahip olduğunu söyleyecektir; ancak üstün genotipin gerçekte belirli bir çevreye ne şekilde "uyduğu" hakkındaki açıklama ise nadiren yapılır. Terimler fiilen kullanılırken, bu tür bir hikâyenin açığa çıkarılması ima bile edilmiyor olabilir. Böylece, normal hücre bölünmesini engelleyerek embriyonik gelişimi durduran bir etkide bulu-

nan bir genotipin düşük "uyum"a sahip olduğu hala söylenecektir. Bununla birlikte, doğal seçilimin sayısal gücü için uyum teriminin kullanılması, çevrenin belirgin gerekleri doğrultusunda biçimlenen organizma özellikleri şeklindeki imajı genellikle kuvvetlendirmektedir. Aynı biçimde, ekolojide, *ekolojik niş* belirli bir tür ile dış dünya arasındaki karmaşık ilişkileri göstermek için evrensel olarak kullanılan bir teknik terimdir. Fakat niş mecazının kullanımı, organizmaların doldurduğu delikleri olan bir tür ekolojik uzaya işaret eder ve bu organizmaların özellikleri onlara deliklere uyacak doğru "biçim"i vermektedir.

Adaptasyon ve ekolojik niş mecazları, birlikte, organizmalarda gözlenen çeşitliliğe bir açıklama getirir. Tıpkı demir talaşını bir mıknatıs üzerine konmuş bir kâğıt yaprağa serptiğimizde, bu talaşın geri plandaki manyetik alanı okuyarak bir şekil alması gibi, türlerin özellikleri de belirleyici dış dünyanın biçimini dile getirmektedir. Gariptir ki, organizmaların irdelenmesi gerçekten de çevresel uzayın biçiminin bir irdelenmesidir; organizmalar, onlar sayesinde dış dünyanın biçimini gördüğümüz edilgin bir ortamdan başka bir şey değildirler. Çevresel alanın demir talaşıdır onlar. Pek çok evrimsel biyolog, bilimlerinin bu tür tanımlanmasına karşı çıkacak ve bizzat organizmaların ilginin asıl nesneleri olduğunda ısrar edecektir; ancak özelliklerin uyumsal izahının yapısı aksi yönü işaret etmektedir.

Uyumsal açıklamaların hem ileri hem de geri-yönlü olan biçimleri vardır. Genellikle yaşamakta olan türler için başvurulan ileri-yönlü biçimde, organizma için neyin önemli olduğu bilgisi ya da varsayımı doğrultusunda, organizma açısından bir sorun tanımlanır. Ardından türün bazı anatomik, fizyolojik ya da davranışsal özellikleri, organizmanın bu soruna ilişkin çözümü olarak ortaya konur. Geri-yönlü biçim, genellikle fosil materyal ile tanınan yok olmuş türler için kullanılır; bir özelliği çözüm olarak görmekle yola koyulur ve o özelliğin çözdüğü sorunu araştırır.

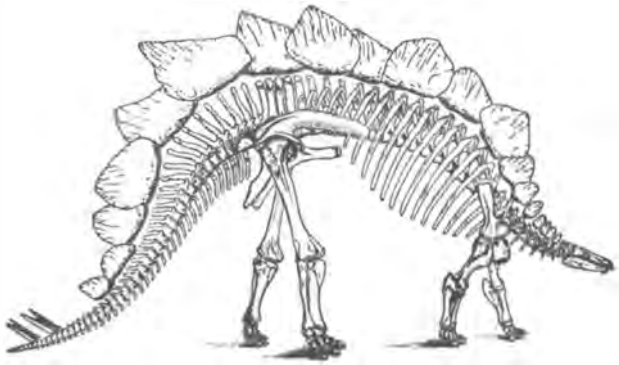
Enerji bütçesi sorunu büyük oranda ilgi konusu olmuş bir örnektir. Besini için dolaşan bir hayvan onu arayıp bulurken enerji harcar ve araştırma yöntemi, besini tükettikten sonra net bir pozitif enerji dengesi sağlayacak biçimde olmalıdır. İkinci Dünya Savaşı sırasında Fransa'da sualtı yüzücülerinin okyanusa balık avlamak için dalarak besinlerini sağlamaya çalıştıkları, ancak sualtında düşük sıcaklıkta av yaparken harcadıkları enerji yakaladıklarının kalori değerinden fazla olduğu için, giderek kilo kaybettiklerini anladıkları söylenir. "Merkezi dolananlar" diye adlandırılan kimi kuşlar yuvadan uçar, yiyecek parçalarını toplar ve onları yine yuvaya götürerek tüketir. Eğer karşılaştıkları ilk besin parçasını alırlarsa, bu belki de gidiş dönüşü karşılamayacak kadar küçük bir parça olabilir. Ancak sadece çok büyük parçaları alırlarsa, böylesi besin parçala-

rı çok nadir olabileceğinden uzun bir arama sırasında gereğinden fazla enerji harcayacaklardır. Net kalori alımını en yüksek düzeyine ulaştırmanın çözümü, bulunabilecek olanın ortalamasından daha büyük, ancak gereğinden fazla büyük olmayan besin parçalarını aramaktır ve bu, optimum besin parçalarının büyüklüklerinin doğadaki dağılımını veren bilgiyi kullanarak hesaplanabilir.

Kuşlar gözlendiğinde, gerçekte besin parçalarının ortalama büyüklüğünden daha büyük olanları seçmekte, ancak kalori bütçelerini optimize etmek için gereken büyüklükte almamaktadırlar. Bu sorun üzerinde çalışan Gordon Orians ve Nolan Pearson, kuşların kalori optimizasyonu sorununu çözme ile yavrularını korumak için yuvalarından çok fazla uzaklaşmama sorununu çözme arasında bir uzlaşma sağladıkları sonucuna varmışlardır.* Bu örnekte araştırıcılar, ileri-yönlü biçimle kalori denge sorununu göz önüne alıp arama örüntüsünü çözüm olarak tanımlayarak işe başlamışlar, ancak geri-yönlü biçime dönüş yapıp optimal-olmayan dolanma stratejisini sorunun çözümü şeklinde ele alıp, sonra da onun çözebileceği bir sorunu aramışlardır.

Paleontolojideki geri-yönlü biçimin bir örneği, dinozor *Stegosaurus*'un sırtı boyunca uzanan çift sıralı ve yaprak biçimli kemik plakalara neden sa-

* G. Orians ve N. Pearson, "On the theory of central place foraging," D. J. Horn, R. Mitchell ve G. R. Stairs, der., *Analysis of Ecological Systems* içinde (Columbus: Ohio State University Press, 1978).



Şekil 2.1. Sırt boyunca sıralanan yaprak-biçimli kemikli plakaları gösteren *Stegosaurus* dinozorunun iskeleti.
Alfred S. Romer ve ark.'ın *Vertebrate Paleontology* adlı kitabından.
© 1945, 1933. Chicago University Press. İzinle kullanılmaktadır.

hip olduğu sorunudur (Şekil 2.1). Bu plakalar hangi sorunun çözümüdürler? Birtakım yanıtlar verilmiştir, ancak bunlar arasında kesin bir karara varmak asla mümkün olmayacaktır. Hikâyenin birinde, plakalar türün eşeysel tanınma sinyalidir. Bir başka hikâyede, bu otçul hayvanın siluetini büyütürler ve böylece etçil predatörlerin saldırma cesareti kırılır. Ya da bazen, plakaların yenmeye karşı gerçek fiziksel engeller oldukları söylenir. Belki de en anlamlı önerme, bunların ısıyı düzenleyen soğutucu yüzgeç biçimli araçlar olduğudur ki bu tür açıklamalar, vücut üzerindeki yerleşimleri ve açıkça çok sayıdaki onları besleyen kan damarlarının varlığı ile uyuşmaktadır.

Bu örneklerdeki hem ileri hem de geri-yönlü açıklama biçimleri, belirli organizmaları, canlı var-

lıkların özelliklerinin, adaptasyon yoluyla çevrenin gereklerini nasıl okuduğunu gösterecek farklı bir proje için bir bahane haline getirmektedir. Bu görüşte organizma evrimsel güçlerin nesnesi; organizma açısından rasgele bir biçimde biri problemler "yaratan", diğeri çevre açısından rasgele "çözümler" üreten bağımsız içsel ve dışsal güçlerin edilgin bir bağlantısıdır.

Darwin'in dışsal olanı içşel olana yabancılaştırması, modern biyolojinin gelişiminde mutlaka atılması gereken önemli bir adımdı. Bu olmasaydı, organik ve inorganiği analiz edilemeyen bir bütün içinde birleştiren gerici bir holizmin batağında hala dolaşıp duruyor olurduk. Ancak ilerleme için tarihte bir dönem gerekli olan koşullar bir başkasında daha ileriye gidişi engellemektedir. Şimdi artık doğayı anlamada daha ileriye gitmemizin zamanı gelmiştir ki bu, dışsal ve içsel, organizma ve çevre arasındaki ilişki üzerine yeniden düşünmemizi gerektirmektedir. Kalıtılabilir farklılıkların ortaya çıkışının organizmaların kendilerini içinde buldukları dünya ile nedensel bağlantısının olmadığı yönündeki iddia, neredeyse kesin olarak doğrudur. Edinilmiş karakterlerin kalıtılabildiği ya da gen mutasyonu sürecinin tam da doğru zamanlarda doğru varyantları yeterli miktarda üreterek, doğal seçilim olmaksızın, değişen çevrelerde türün yaşamasını sağlayabileceğine ilişkin güvenilir kanıt yoktur. Fakat bir organizmanın çevresinin organizmayla ne-

densel olarak ilgisiz olduğu ve çevredeki değişimlerin özerk ve türün kendindeki değişimlerden bağımsız olduğu iddiası açıkça yanlıştır. Bu kötü bir biyolojidir ve her ekolog ve evrimsel biyolog bunun kötü bir biyoloji olduğunu bilir. Adaptasyon mecazı, bir zamanlar evrim kuramının inşasında önemli bir geliştirici işleve sahip olmuşken, şimdi evrimsel sürecin gerçek kavranışı için bir engeldir ve yerine bir başkasının geçmesi gerekmektedir. Tüm mecazların tehlikeli olmasına karşın, gerçek evrim süreci en iyi biçimde *yapılanma* süreci ile algılanabilir gözükmektedir.

Çevresiz bir organizma olamayacağı gibi, içinde organizma bulunmayan bir çevre de olamaz. Bir organizmanın dışında, türlerin yokluğunda varlığını sürdürecek fiziksel bir çevrenin varolduğu şeklindeki doğru anlayış ile, çevrenin organizma olmadan da varolacağı yönündeki yanlış iddia birbirine karıştırılmaktadır. Herhangi bir canlı varlıktan bağımsız olarak dünya, eksenine presesyon yapacak ve dönemsel buzul ve buzularası çağlar meydana getirecek; volkanlar püskürecek, okyanuslardaki buharlaşma yağmur ve kar yağdıracaktır. Fakat buzul akıntılar, volkanik kül yığıntıları ve su birikintileri çevre değildir. Çevrelerin inşa edilebileceği fiziksel koşullar bulunur. Bir *çevre*, kuşatan ya da çember içine alan bir şeydir, ancak kuşatılabilme için merkezde bulunup kuşatılacak bir şey olmalıdır. Bir organizmanın çevresi onunla ilişkili dışsal

koşulların bir *penumbra*sıdır* zira o, dış dünyanın çeşitli durumlarıyla etkin olarak etkileşmektedir.

Önceden varolan ekolojik niş kavramının, doğanın irdelenmesinde somut bir gerçekliği ve bir değeri olacaksa, fiziksel olayların hangi düzeninin potansiyel bir niş meydana getireceğini, hangisinin getiremeyeceğini belirlemek mümkün olmalıdır. Boş ekolojik niş kavramı somut bir hale getirilemez. Bir ekolojik nişi tanımlamak için fiziki dünya sayılamayacak sonsuzluktaki şekillerde düzenlenebilir ve bunların hemen tamamı, böyle bir nişi dolduran bir organizmayla daha önce karşılaşmadığımız için, saçma ya da gelişigüzel gözükecektir. Bilinen bir ekolojik nişin tarifindeki küçük bir değişiklik bile bizi daha önce hiç denenmemiş olasılıklarla karşı karşıya bırakır. Havada uçan, ottan yapılma yuvalarda ağaçlarda yaşayan ve ağaçların tepesinde büyük miktarda bulunabilen yapraklı örtüyü yiyecek olarak kullanan hiçbir hayvan yoktur. Tüneyen kuşlar yaprak yemezler. Ne ağaç kabuğu, ne mantar ne de otsu gövdeleri ya da kökleri yerler. Dahası, gözlememiş olsaydık saçma gözükebilecek olan gerçek yaşam kotarma biçimleri vardır. Karıncaların besinlerini yetiştirmek için yaprakları toplayarak ve üzerlerini örterek bir bahçe yatağı yaptıklarını ve oraya mantar sporlarını ektiklerini

* Karanlık, gölgeli bir alan ile ışıklı bir alan arasındaki kısmen aydınlık bölge anlamındaki Latince sözcük. Lewontin burada, organizmanın yarattığı, salt fiziki koşullar ile olan etkileşmeden doğan bir çevreye dikkati çekiyor. (ç.n.)

kim hayal edebilirdi? Ancak mantar bahçeciliği yapan karıncaların varlığı gerçektir.

Keyfi biçimde, organizmalar olmaksızın tanımlanan ekolojik nişlerin yarattığı sorunun fiili bir örneğini Mars üzerinde yaşam arayan araştırma vermiştir. Mars'a inecek ilk uzay aracı tasarlandığında, Kızıl Gezegen'de yaşamın nasıl saptanacağı sorusu ortaya çıkmıştı. İki temel tasarım önerilmekteydi. Birincisi uzay aracından dışarıya Mars'ın tozuna girip, sonra bir mikroskobun içine geri çekilecek olan uzun yapışkan bir dildi. Mikroskop dünyaya fotoğraflar iletecek ve bunlar bir tür canlı hücresi ya da yaşam biçimi ürününe benzeyen nesneler açısından incelenebilecekti. Buna yaşamın morfolojik tanımı diyebiliriz. İkinci tasarım, ki sonunda kabul edilen bu olmuştur, Mars tozunu mikrobik yaşam için gerekli büyüme ortamıyla doldurulmuş bir reaksiyon kabına emecek olan bir tüpten ibaretti. Büyüme ortamının karbonhidratlarındaki karbon radyoaktif olarak işaretlenmişti ve böylece hücreler karbonhidratı enerji için kullandığında, salınacak olan karbondioksit bir radyoaktivite sayacı ile saptanabilecekti. Buna yaşamın fizyolojik tanımı diyebiliriz.

Makine gerçekten de, yüzeye indikten sonra, reaksiyon kabında miktarı hızla giderek artan radyoaktif karbon sinyalleri gönderdiğinde, deneyi izleyen bilim adamlarının gösterdiği taşkın sevincin abartılı olduğu söylenemez. Sonra, aniden, makine mükemmel bir şekilde çalışıyor olmasına karşın,

karbondioksit üretimi durdu. Bu durum büyümekte olan bakteri kültürlerinde bilinmeyen bir davranıştır. Hücreler bir kap içindeki kültür ortamını tüketmeye başladığında karbondioksit üretiminin hızlı yükselişi duracak, geçici bir platoya ulaşacak ve hücreler açlıktan ölmeye başladıklarında sürekli biçimde düşecektir. Üretimdeki ani bir kesinti açıklanamaz niteliktedir. Dünya dışı yaşam sorunu üzerine çalışan bilim adamları, Mars'ta yaşamın olmadığı ve başlangıçta üretilen karbondioksitin, reaksiyonu katalizlemiş olan ince toz parçacıkları üzerindeki besin ortamı yıkımının bir sonucu olduğu konusunda fikir birliğine vardılar. Bunu takiben, ince ince ayrımlanmış kil yüzeyinde organik bileşiklerin bu tür yıkımı laboratuvarda tekrarlandı. Uzay aracının sorunu, Mars yaşamına bir ekolojik niş sunması ve bu nişin Mars'ta doldurulup doldurulamayacağını sormasıydı. Mars uzay aracını tasarlayanlar ekolojik nişlerin organizmaların yokluğunda zaten var olduklarına inanıyorlardı. Böylece Mars'ta organizmalar evrimleştiğinde gelip bu boş nişleri dolduracaklardı. Mars'ta, enerji metabolizması için karbon kaynağı ve bir miktar oksijen şeklinde bir ekolojik nişin bulunacağını varsaymaktan daha mantıklı ne olabilirdi ki? Fakat bilim adamları bu ekolojik nişin varlığını *dünyasal* yaşam hakkındaki bilgilerine dayanarak kabul etmişlerdi.

Eğer nişler organizmalardan önce gelmiyorlar da organizmaların kendi doğalarının bir sonucu

olarak varlık kazanıyorlarsa, o zaman birtakım Mars'lı organizmaları faaliyet halinde görmeden Mars nişlerinin ne olacağı hakkında en ufak bir fikrimiz olmayacaktır. Çünkü bütün bildiğimiz, Mars yaşamının tamamen farklı bir mekanizma ile enerji tuttuğudur -ya da tüm sorun belki de şekere alerjisi olmasındadır!

Geçmişteki evrimi anlamamız yolunda doğru ve kullanışlı olacak bir çevre kavramına ulaşmak ilkin koşulların yol açacağı geleceği tahmin edebilmek ve dünya dışı yaşam etkin bir şekilde araştırabilmek için, organizma ve çevre arasındaki ilişkinin bazı durumlarını açıklığa kavuşturmamız gerekir. Öncelikle, organizmalar dış dünyanın hangi öğelerinin bir araya getirilerek kendi çevrelerini oluşturacağını ve öğeler arasındaki ne tür ilişkilerin kendileriyle ilişkileneceğini belirlerler. Bahçemde ağaçlar, ağaçlar etrafında büyüyen otlar ve zeminde şuraya buraya dağılmış taşlar vardır. Ot, yuvasını kuru otla yapan bir kuşun, sinekyutanın çevresinin bir parçasıdır. Ancak taşlar, onun çevresinin parçası değildir, ortadan kaybolsalar bunun sinekyutana en ufak bir etkisi dahi olmaz. Ama o taşlar, beslendiği salyangozları kırıp açmak için taşları bir örs gibi kullanan bir kuşun, ardıçkuşunun çevresinin bir parçasıdır.* Ağaçların yukarı kısımlarında ağaçkakanların yuva yaptıkları delikler vardır, fa-

* Gerçekte, yaşadığım yerde bu tip ardıçkuşları olmamakla birlikte, diğer benzeri otsu yerlerde bulunurlar.

kat bu delikler ne sinekyutanın ne de ardıçkuşunun çevresinin bir parçasıdır. Her bir kuşun çevresinin öğelerini belirleyen, her türün yaşam etkinlikleridir.

Okur, bir kuşun çevresinin tarifini okumayı ya da bir kuşbilimciye sormayı denemelidir. Tarif şunun gibi bir şey olacaktır: "Kuş yazın etrafta bol olduklarında böcekleri yer, fakat sonbaharda tohumlara yönelir. Küçük bir ağacın çatalında yerden üç metre kadar yükseklikte, biraz çamurla birbirine tutturulmuş ot ve küçük dal parçalarından bir yuva yapar. Baharda ve yazın 55 derece kuzeye dek bulunur, fakat kışın güneye uçar ve yaklaşık 40 derecelik enlem üstünde varlığına rastlanılmaz. Baharda ilk olarak erkekler döner ve üreme alanlarını tespit ederler; bu yerler daha sonra, dönmekte olan dişiler tarafından işgal edilir." Ve böyle devam eder gider. Çevrenin bu tanımındaki her öğe, kuşun yaşam etkinliklerinin bir tarifidir. Hayvanın duyu organlarına, sinir sistemine, metabolizmasına ve biçimine ait özelliklerin bir sonucu olarak, organizmaya ilişkin olan ve organizma için bir çevre meydana getiren, dünyanın parça ve parçacıklarından yapılı zamansal ve uzamsal bir düzenleme vardır.

Organizmanın kendine ilişkin dünya parçacıklarını belirlemesi, devingen etkinlikleri bir yerden diğerine gitmelerini mümkün kılan ve fiziki dünyanın parçalarını manipüle etmelerini sağlayan hayvanlarla sınırlı değildir. Yaz sonlarında ortaya çı-

kan böcekle tozaklanan çiçekler, bahar başlarında beliren çiçeklerinkinden tamamen farklı bir böcek faunası ile döllenirler. Uzun ince taçyapraklarına sahip çiçekleri, düz biçimli, açık çiçeklerin çevresinin parçası olmayan arı kuşları ve şahin güveleri tozaklar. Bununla birlikte her iki çiçek çeşidi de yan yana ve aynı anda açıktır. Böylece, arı kuşlarının popülasyonlarındaki dalgalanmalar, bu çiçek çeşitlerinden bir tanesinin tozaklanma başarısı üzerine beli başlı etkide bulunup diğerini etkilemeyecektir, zira bu kuşlar, uzun ince çiçeklerin çevresinin parçasıdırlar, yoksa onların hemen yanı başlarındaki zamansal ve uzamsal komşularının değil.

Çevre, organizmanın kendisinin etkinlikleri ile tanımlanan alanın bir özelliğinden çok fiziksel bölgenin bir özelliği olarak tanımlandığında, türün coğrafi ve zamansal dağılımını anlamak genellikle olanaksızdır. Hayvanlar açısından bu, mikrohabitatlar denilen ve daha geniş biçimde tanımlanmış bölgeyi yansıtmayan, belirli yerlerdeki fiziksel koşulların, birey davranışı sayesinde aranması anlamına gelebilir. Nem tercihleri üzerine yapılan deneylerde, *Drosophila pseudobscura*'nın* görünüşte paradoksal olan davranışını sadece bu bağlamda anlayabiliriz. Bu sinek Kuzey Amerika'nın hem kuru hem de nemli bölgelerinde yaşar. Araştırıcılar, sinekler derece derece değişen bir nem ortamına

* Yalnızca Yeni Dünya'da bulunan, evrimsel biyolojinin gözde model organizmalarından olan *Drosophila* türü. (ç.n.)

bırakıldığında, kuru bölgeden getirilen sineklerin bu ortamın daha kuru olan ucuna doğru hareket edeceğini, nemli bölgeden getirilen sineklerin ise ortamın daha ıslak olan ucuna doğru gideceğini tahmin ediyorlardı. Fakat tam tersi gözlendi. Kuru bölgelerden getirilen sineklerin yüksek nem tercihi orta şiddette neme sahip çevrelerden getirilen sineklerinkine göre daha fazlaydı. Bu gözlemlerin izahı, sineklerin doğada fiilen yaşadıkları nemliliğin onların seçtikleri mikrohabitatlar tarafından belirlendiğinin anlaşılabilmesinde yatmaktadır. Hiçbir meyve sineği nemi çok düşük olan bir çevrede yaşayamaz, çünkü kuruyup kısa sürede ölecektir. Alanın kuru bölgelerindeki sinekler gerçekte lokal nemliliğin yüksek olduğu küçük yarıklarda ve yaprak aralarında yaşarlar. Türün dağılım alanının genel olarak kuru olan kısmında yaşama olasılıkları, onların o bölgedeki nemli mikrohabitatları arayıp bulma konusundaki üstün yeteneklerine bağlıdır. Bir organizmanın çevresinin ne olduğu sorulacaksa, bunu organizmaya sormak gerekir.

Organizma ve çevre arasındaki ilişkinin açıklığa kavuşturulması gereken ikinci bir yüzü de şudur: Organizmalar dış dünyanın hangi durumlarının kendileri ile ilişkileneceğini, biçimlerinin ve metabolizmalarının tipik özellikleri ile belirlemekle kalmazlar, etkin biçimde, kelimenin gerçek anlamıyla bir dünyayı da etraflarında inşa ederler. Kuşların ve karıncaların yuva yaptıklarından, toprak solu-

canlarının oyuklarda yaşadıklarından ve insanın elbiseler ve evler yapmasından söz etmeye değmez; ancak bunlar özel durumlar olarak gözükmektedir. Aslında, tüm karasal organizmalar, hem bitkiler hem de hayvanlar, etraflarında basit cihazlarla gözlenebilen kabuklar oluştururlar. Eğer, diyelim ki bir insanın, havanın optik yoğunluğundaki değişimleri algılayabilen *schlieren* mercekleri kullanılarak sinema filmi fotoğrafları çekilse, başın üzerinde yavaşça ileri geri hareket eden, vücudu saran, yüksek yoğunluklu bir hava tabakasının olduğu gözlenir. Bu tabaka, vücudun metabolik ısısı ve su tarafından yaratılan ılık, nemli havadır. Metabolizma yürüten herhangi bir organizmanın, hatta ağaçların bile, etrafını sararken görülebilir. Sonuç itibarıyla birey, normal olarak düşündüğümüz gibi bir atmosferde yaşamamaktadır, aksine onu dış çevreden yalıtan, kendisinin oluşturduğu bir atmosferde yaşamaktadır. Bu tabakanın varlığı rüzgâr-üşümesi denen etkenin varlığını açıklar. Bu durum, yalıtan tabakanın rüzgâr tarafından açılıp dağılması ve vücudun dıştaki gerçek sıcaklıkla karşı karşıya kalmasının bir sonucudur. Normal durumlarda organizmanın etkin olduğu en yakın plandaki alanı -tıpkı salyangozun kabuğunu taşımasındaki gibi bireyin taşıdığı bir alanı- meydana getiren işte bu ılık, nemli ve kendi kendine oluşturulan kabuktur.

Üçüncüsü, organizmalar neyin kendilerine ilişkin olduğunu belirlemekle ve dış dünyanın uygun

durumları arasında bir fiziksel ilişkiler kümesi yaratmakla kalmamakta, aynı zamanda çevrelerini sürekli bir biçimde değiştirmektedirler. Sadece *Homo sapiens* değil, her tür, yetersiz durumdaki kaynakları kullanarak ve onları türün bireylerince tekrar kullanılamayacak bir hale dönüştürerek, kendi çevresini yok etme süreci içindedir. Metabolizma yürüten her hücre, besini zararlı atık ürünlere dönüştürür. Bitkiler topraktan suyu emerler ve nefes vererek havaya karıştırırlar. Suyun toprağa geri dönmesine karşın, bölgesel yenilenme hızı bölgesel özütlenme hızından bağımsızdır ve belli bir yerdeki bitkiler bu şekilde kendi kuraklıklarını yaratırlar.

Fakat her tüketim işi aynı zamanda bir üretim işidir. Şöyle ki, canlı sistemler, madde ve enerjiyi bir biçimde alıp, başka türlerin tüketim kaynakları olacak başka bir biçimde aktaran malzeme dönüştürücüleridirler. Bir türün besini tüketmesiyle oluşturulan atıklar sonra bir başka türün besinleri olurlar. Büyük otçulların dışkısı bokböceklerine besin sağlar. Hayvanların ürettiği karbondioksit, bitki fotosentezinin hammaddesidir. Böylece tüm organizmalar sadece kendi çevrelerini değiştirmekle kalmazlar, diğer organizmalar için yaşamsal önemi olabilecek şekillerde, diğer türlerin çevrelerini de değiştirirler. Darwinciliğin basitleştirilmiş ve doğru olmayan kavranımı, yani doğanın "dişinin ve pençesinin kanlı" oluşu, tüm organizmaların sürekli bir yarış halinde bulunması, birinin yemesi gerektiği, aksi

takdirde yenilecek olması, yaşam süreçlerinin bu üretken yüzünü tamamen gözden kaçırır. Hiciv ustası yazar Mort Shal bir zamanlar şöyle demişti: "Unutmayın, bugün ne kadar bencil, zalim, duyarsız olmuşsanız olun, her nefes alışınızda bir çiçeği mutlu etmektesiniz."

Bu üretken değiştirim yalnızca bir türün diğeri üzerine etkisinden ibaret değildir. Baklagillerin köklerinde, havadaki azot gazını tutarak, toprakta çözünebilen nitratlara çeviren bakteri nodüllerinin yer aldığı çok iyi bilinmektedir. Bu nitratlar, ardından, onları yapan aynı bitkiyi beslemek için kökler tarafından alınır. Fakat kök sistemleri bundan daha fazlasını da yaparlar. Kökün daha ilerideki gelişimini kolaylaştıracak şekilde, toprağı yararak, toprak parçacıklarının biçimini, büyüklüğünü ve bileşimini değiştirerek toprağın fiziksel durumunu düzenlerler. Aynı zamanda, humik asit salgılayarak, topraktaki mantarların misellerinin kök ile ilişkilenmesi ile gerçekleşecek olan simbiyotik ilişkilerin oluşumunu teşvik ederler. Mantarların bitkinin kök dokularına girdiği bu simbiyotik ilişkiler, bitki beslenmesinin önemli mekanizmalarıdırlar.

Çevrenin "değiştirilmesi" kavramı, organizmaların ilk plandaki yerel koşullarını ne şekilde biçimlendirdiklerini tam olarak ifade etmez. İdari kayıtlarda belirtilen ve gazetelerde bildirilen, gün ışığı, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı, binaların ya da dağların tepesindeki veya açık arazideki meteoroloji is-

tasyonlarınca saptanır. Ancak bunlar mısır gibi kültür bitkilerinin tarlalarında ya da ormanlarda var olan koşulları yansıtmazlar. Yoğun biçimde ekili bir tarla ya da bir ormandaki ışık yoğunluğu, sıcaklık, nem, hava hareketi ve atmosferdeki gaz bileşiminin tamamı, yerden yüksekliğine göre değişir. Toprak yüzeyi yakınındaki mikroklima, mısır bitkisinin aşağı kısımlarında yer alan iki yaprak arasındakinden oldukça farklıdır ve yine bu da, bitkilerin büyümekte olan tepesi civarındaki mikroklimadan çok farklıdır. Bitkilerin boyu uzayıp yapraklar büyüdükçe ve komşu bitkilerin yapraklarına dokundukça bu bölgeler değişmektedir. Bu mikroklima değişiklikleri, büyüme ve üreme bakımlarından son derece önemli bir rol oynarlar; zira fotosentez hızını belirleyip mısır bitkisinin büyüme hızını ve üretkenliğini de belirleyen şey, yaprakların yüzeyindeki güneş ışığı yoğunluğu ve karbondioksit derişimidir. Böylece büyüme hızı mikroçevreyi belirlemekte, o da büyüme hızını belirlemektedir.

Sadece büyüme hızı değil, yaprakların sahip olduğu tam morfolojik örüntü de önemli bir değişkendir. Gövde boyunca yapraklar arasındaki boşluk ve onların gövde etrafındaki pozisyonları, her yaprağın biçimi, gövdeye doğru dayanma açısı, yüzeyinin tüylülük derecesi yapraklara ne kadar ışık, nem ve karbondioksit ulaştığını ve fotosentezle üretilen oksijenin ne oranda taşınıp götürüldüğünü belirler. Ve

bunların hepsi, gelişim örüntüsünün karakteristik bir özelliği olarak, bitkiyi etkiler.

Bütün bu karmaşıklığın pratik sonucu bitki mühendisliği biliminde kendini gösterir. Bitki mühendisleri, ürünlerin verimliliğini artırmaya çalışırken, bitki etrafındaki mikroklimanın ayrıntılı ölçümlerini yaparlar ve fotosentetik yüzeylere düşen ışık miktarını ve kullanılabilecek karbon dioksiti artırmak için yaprak örüntülerini yeniden düzenlerler. Ancak, seçilimle üretme yoluyla meydana getirilen bu yeniden düzenlenmiş bitkiler sınandığında, düzenlendikleri mikroklimatik koşulların, bu yeniden düzenlenmenin bir sonucu olarak değiştikleri ortaya çıkar. Böylece süreç tekrar gerçekleştirilmek zorundadır ve yeniden düzenlenme tekrar koşulları değiştirir. Bitki mühendisleri sadece hareketli bir hedefi kovalamakla kalmamaktadırlar, bu hedefin devinimlerini de kendileri yönlendirmektedirler. Göreceğimiz gibi bu süreç, doğal seçilimle evrimleşmenin daha gerçekçi bir kavrayışını veren bir modeldir.

Organizmaların evrimleri boyunca hareketli bir hedefi kovaladıkları fikri yaygın olarak kabul görür. 1973'te Leigh Van Valen, evrimsel biyolojideki, çelişkiymiş gibi gözüken bir noktaya dikkati çekti.* Eğer organizmalar sürekli olarak dış çevreye uyum gösteriyor iseler, o zaman evrim ilerledikçe türler giderek daha iyi bir biçimde çevrenin zorluk-

* L. Van Valen, "A new evolutionary law" *Evolutionary Theory* 1 (1973): 1-30.

larını aşabilmelidirler ve böylece giderek daha uzun süreler ayakta kalmaları da gerekir. Ancak Van Valen fosil kaydını incelediğinde, formların ilk ortaya çıkışları ile yok oluşları arasındaki zaman diliminin evrimsel zaman boyunca artmadığını buldu. Vardığı sonuç, çevrenin sürekli değiştiği ve böylece dünkü çevreye yapılan uyumun yarınki çevrede hayatta kalma şansını artırmadığıydı. Buna *Aynanın İçinden*'deki,* ayakları altındaki zemin hareket ettiğinden, aynı yerde kalmak için hep koşması gerektiğini anlayan satranç vezirine ithafen "Kızıl Vezir Hipotezi" adını verdi. Kızıl Vezir, bununla birlikte, organizma ve çevresine dair oluşturulan yapılandırmacı görüşle aynı değildir. Dış çevre organizmalardan tümüyle bağımsız olarak değişse bile, geri kalmamak için organizmalar hâlâ koşmak durumunda olacaklardır. Yapılandırmacı görüş, organizmalar *değiştiği* için dünyanın değiştiğini söyler. Kızıl Vezir'in koşusu sadece sorunu daha da kötüleştirir.

Organizmanın kendi öz çevresini yeniden yapılandırmasının bir diğer sonucu olarak, kuşaklar arasında bir tür mücadele meydana gelir. Vermont ya da kuzey New York Eyaleti gibi Birleşik Devletlerin kuzeydoğusundaki kırsal bölgelerde, en yüksek insan nüfusuna 1850 civarında ulaşılmıştı. O dönemde toprak yüzey alanının hemen tamamı çiftlikler tarafından işgal ediliyordu. Toprakların

* Lewis Carroll'un *Through the Looking Glass* adlı kitabı. (ç.n.)

ince olduğu, kısa süren yetiştirme zamanına sahip bu bölgelerde çiftçilik güç bir işti ve böylece hükümet politikası Orta Batı'da, tarla bitkileri için yetiştirme koşullarının ideal olduğu yerde yeni arazilerin açılmasını yüreklendirdiğinde, kitlesel bir nüfus göçü oldu. Bunun bir sonucu olarak, Kuzeydoğu'daki çiftlik arazilerinin çoğu doğal bir biçimde ormanlaştı. New England'da bu dönüşüm otsu bitkilerin ve kısa boylu odunsu çalılıkların büyümesiyle başladı; fakat kısa süre sonra bunların yerini yoğun sarf meşcereler biçiminde beliren beyaz çam aldı. Yirminci yüzyılın başlarında bu beyaz çam ağaçları olgunlaştı, kereste ve kâğıt için yoğun biçimde hasadı yapıldı. Çoğu büyük kâğıt firmaları olan toprak sahipleri çam ormanlarını tekrar yetiştirmeye çalıştılar, fakat doğal olarak gelişen sert odunlu ağaçların çam fidelerini sıkıştırıp yer bırakmamaları yüzünden daima başarısızlığa uğradılar.

Bu sürecin aynısı doğal olarak gerçekleşmektedir. New England'da, beyaz çamlar olgunlaşıp ölmeye başladığında ya da rüzgârla sökülüp devrildiğinde, yerlerini kendi fidanları değil, sert odunlu ağaçlar almaktadır. İkinci kuşak çamların başarısızlığı kısmen, sert odunlu ağaç fidanlarının toleranslı oluşuyla karşılaştırıldığında, çam fidanlarının düşük ışık yoğunluklarına duyarlı olmalarının bir sonucudur. Doğal olarak olgunlaşanlardaki gibi, kesimi yapılmış ormanlarda sert odunlu ağaçların fideleri olgun çamların gölgesinde yaşamlarını

sürdürebilirler ve olgun ağaçlar ortadan kalkar kalkmaz, bu baskılanmış sert odunlu ağaçlar hızla büyüyerek civardaki çam fidelerini gölgeler. Yetişmiş çamlar, kendi öz yavrularının gelişimini engelleyen koyu gölgeli bir çevre yaratırlar. Çam ormanlarının meydana gelmesini sağlayan koşullar bu ormanlar tarafından değiştirilmiştir ve bu nedenle bunlar kendilerini çoğaltamamışlardır. Terk edilmiş açık arazilerle başlayıp otsular ve çalılıklar ile devam eden, beyaz çamla, ardından sert odunlu ağaçlarla süren ormanın bu gelişimsel tarihi, ekologların üzerinde çalıştığı yabani ot süksesyonu olgusunun biyolojik *locus classicus*'udur.

Yabani otlar tam olarak, müdahale görmüş koşullarda; yol kenarlarında, bahçelerde, yanmış alanlarda, hasat edilmiş ormanlarda yetişen türlerdir ve yetişmiş olmalarıyla alanın koşullarını değiştirdikleri için ikinci bir kuşağı meydana getiremezler. Böyle türler sadece, müdahalelerin bir yerde ya da diğerinde sürekli olması ve yabani ot türlerinin geniş rasgele yayılım mekanizmalarına sahip olmalarından ötürü varlıklarını devam ettirebilirler. Yabani ot olgusu herhangi bir sistemin tarihi gelişimine dair genel bir kuralın; sistemin bir halinin varlık kazanmasını mümkün kılan koşulların bu hal tarafından yok edilmesinin açığa vurumudur.

Çevrenin yapılandırılmasının dördüncü özelliği, koşullar çevrelerinin bir parçası haline geldiğinde organizmaların dış koşulların istatistiksel özellikle-

rini modüle etmeleridir. Canlı sistemleri hem zamanın ortalamasını alabilirler hem de oransal değişimi algılayabilirler. Başka bir deyişle, matematikçiler gibi, integrasyon* ve diferansiyon hesabı yapabilirler.

Zamansal ve uzamsal olarak değişen koşullarda, organizmalar yaşamları boyunca karşılaştıkları değişkenliğin etkisini yumuşatmaya gereksinim duyarlar. Dışarıdan enerji kaynaklarını her zaman bulmak mümkün değildir. Bitkiler gündüz fotosentez yaparlar ama gece değil, bahar ve yaz boyunca yaparlar ama kışın değil. Zaman zaman sağanaklar olduğunda, çöl bitkileri çimlenmek için gerekli suyu alabilirler ve sadece beş yılda bir gelişebilirler. Ilıman bölgelerde otçul hayvanlar için yılın yarısında besin üretimi yoktur. Üretim olmadığında kullanılabilmeleri için, verimli yıllardan malzeme ve enerji depolanarak, bu periyodik dalgalanmaların ortalanmasının mümkün olması gerekir. Yani, organizmanın çevresinin inşa edildiği malzemeleri üreten dış çevrede dalgalanmalar olsa bile, çevrenin ilgili durumlarının organizmanın fizyolojisi açısından görece değişmez bir biçimde var olması gerekir.

Hayvanlar, yoğun beslenme dönemlerinde biriken ve sonra kıtlık dönemlerinde metabolize edilebilen yağları içeren belirli dokulara sahiptirler. Bu yağ deposunun özel bir biçimi, böcekler, sürüngenler ve kuşlarda, gelişmemiş hayvanın bağımsız olarak beslenemediği gelişim döneminde enerji sağla-

* Metnin devamında "bütünleme" terimi kullanılmıştır. (ç.n.)

yan, yumurtalardaki sarımsı besin maddesidir. Bu durum, ergin formun bir pupa kılıfı ya da koza içinde geliştiği böceklerde bir adım daha ileriye götürülür. Larva ya da tırtıl, basitçe, doymak bilmeden yiyerek yağ depolayan bir beslenme makinesidir. Ardından pupa oluşur, embriyonik doku hariç tüm larva yapıları yıkılır ve depolanmış yağdaki enerji kullanılarak ergin yeni baştan inşa edilir. Bitkiler enerjiyi toprak altında yumru köklerde ya da tohumdaki karbonhidrat ve proteinlerde depolarlar ve böylece sonraki yılın ürünü ya da kuşağı, içsel olarak depolanan enerji ile başlatılabilir.

Geri dönüşsel bir biçimde, bir tür, kendi amaçları doğrultusunda başka bir türün enerjisinin zaman bütünlenimini kullanabilir. Meşe ağaçları palamutlar yaparak fotosentetik enerjiyi depolarlar ve sincaplar palamutları kendilerine ayırırlar ve depolarlar. İnsan kültürü bu tür durumlar için özel araçlar yaratmıştır. Pasifik Kıyısı Yerlilerinin *potlatch*'ı gibi ayinsel ziyafetler ve armağanların verildiği törenler, kaynakların bol olduğu dönemlerde, verimsiz dönemlere karşı önlem olarak gerçekleşir. Mısır tohumları depolanmış enerjidir, ardından yağ biçiminde enerji depolayan domuzlar bunlarla beslenir, sonra domuzlar kesilir ve bu domuzlar, mal pazarları verimli ve verimsiz dönemler arasındaki fiyat dalgalanmalarını eşitlediklerinden dolayı, yılın tüm mevsimlerinde domuz etine kabaca aynı fiyatı ödeyen tüketiciler için enerji depolamak üzere tüt-

sülenir ya da dondurulur. Para, tasarruflar, yatırımlar ve borçlanmalar yoluyla hazır kaynak bulundurmanın bir zaman bütünleyicisidir.

Zaman üzerinden bütünlenen yalnızca zaman değildir, fiziksel dünyadan gelen sinyaller de bütünlenir. Pek çok bitki, belli bir sıcaklığın üzerinde biriktirilen derece-günlerin toplam sayısı kritik bir eşiğe ulaştığında, çiçeklenir. Ayı gibi memelilerde kış uykusunun başlaması ya da uykudan çıkış, kandaki belirli bazı bileşiklerin birikmiş düzeyi kritik bir düzeye ulaştığında gerçekleşir. Birkaç yağmurlu ya da soğuk gün, kuşların güneye doğru göç etmesine ya da yaprakdöken ağaçlardan yaprakların dökülmesine neden olmayacaktır. Bütün bu durumların hepsinde, dış sinyallerin, kritik eşiklerde fizyolojik ve davranışsal değişiklikleri tetikleme işini yapan depolanmış kimyasal bilgiye fiziki olarak iletilmesi (transdüksüyonu) söz konusudur.

Organizmalar mekân ve zamana göre de faklılaşırlar ve böylece dış koşullardaki değişim oranlarını algılar ve tepki verirler. Kimi organizmaların yaşam süreçleri açısından, çevrenin parçası olan ve organizmanın doğası ile çevreye katılmış olan şey, belirli bir fiziksel etkenin mutlak düzeyinden çok, değişim oranıdır. Eşeyli ve eşeysiz üreme biçimlerinin birinden diğerine geçiş omurgasız hayvanlarda yaygındır. Parazitlerde orijinal bir konakçı türden (birincil konakçı) parazitin evriminde daha yakın bir geçmişte kazanılan bir ikincil konakçıya doğru

kayma, eşeyli-olmayandan eşeyli olana doğru değişimin sinyalidir. Üremedeki değişimin makul izahı; orijinal konakçısında, hayatta kalış olasılığını yükseltmek üzere, parazitin evrimi sırasında belirli genotiplerin seçilmiş olması, ancak bir konakçıdan diğerine kaydığında yeni genotiplerin gerekmesidir. Eşeysiz üreme orijinal genotiplerin değişmeden devamını sağlarken, eşeysel rekombinasyon, kimileri yeni konakçıya iyi bir biçimde uyabilecek geniş bir genotipler kümesi meydana getirir.

Şu an tarif edilen durumda, üreme biçimi ile konakçının kimliği arasında doğrudan bir uygunluk söz konusudur ve bir türün "daha kötü" bir çevreye yanıt olarak üreme yöntemini nasıl değiştirebileceğini göstermektedir. Daha ilginç bir durum, değişim yönünün önemsiz kaldığı yerde ortaya çıkar. Küçük bir tatlısu eklembacaklısı olan *Cladocera*'da, sıcaklık, suda çözünmüş oksijen, besin bulunabilirliği ve kalabalıklaşma derecesi koşulları sabit kaldığı sürece, üreme eşeysiz olarak kalır. Sonra, bu koşullarda ani bir değişiklik oluştuğunda, bu ister besini, sıcaklığı, oksijeni ya da yer bolluğunu artırsın ya da azaltsın, *Cladocera* eşeyli üremeye geçiş gösterir. Eşey için tetikleyici olan, bu etkenlerin düzeyi değil, düzeydeki bir değişimdir. Organizmalar bir verideki bir değişim oranını algılıyorlar, mutlak değeri değil. Matematiksel diferansiyel hesabı yapıyorlar.

Son olarak, organizmalar dıştan gelen sinyallerin gerçek fiziksel doğasını biyolojileriyle belirler-

ler. Bir fiziksel sinyali oldukça farklı olan bir diğerine dönüştürürler ve işte bu dönüşümün sonucu, organizmanın işlevleri tarafından çevresel bir değişken olarak algılanır. Bir memeli açısından, havanın sıcaklığı yükseldiğinde, moleküllerin artan termal ajitasyonu, hayvanın içinde moleküllerin buna karşılık gelen bir termal ajitasyonuyla sonuçlanmaz. İç sıcaklıktaki başlayan en küçük bir değişiklik, hipotalamus tarafından bir endokrin sinyaline çevrilir, ki bu da hormon derişimleri, kan şekeri, soluma hızı, ter bezlerinin kimyasal etkinlikleri, derideki kas iplikçiklerinin kasılması gibi pek çok içsel kimyasal, sinirsel ve anatomik özellikte değişikliklerle sonuçlanır.

Bir sinyal çeşidinin bir diğerine dönüştürülmesi türün içsel biyolojisinin bir sonucudur ve farklı türler bu bakımdan birbirinden farklı özellikler taşırlar. Böylece, hava moleküllerinin termal ajitasyonundaki aynı artışa maruz bırakılan bir çıngıraklı yılan, içsel moleküllerinin termal ajitasyonunu önemli oranda artıracaktır ve sonuçta bir kayanın ya da çalının altına sürünerek etkin bir biçimde çevresini değiştirecektir. Çölde yürüyorsam ve çıngıraklı yılanı rahatsız edersem, sinyaller retinam üzerine düşen fotonlar ve kulak zarıma üzerine düşen sıkıştırılmış hava titreşimleri biçiminde bana ulaşırlar. Bu fiziksel sinyaller fizyolojim tarafından hemen kan dolaşımımdaki adrenalin derişiminde büyük bir artışa dönüştürülecek ve terlemeye, kan

basıncında, kalp hızında ve soluma hızında artışlara yol açacak ve beni kaçmaya sevk edecektir. Buna karşılık, bir çıngıraklı yılanın varlığına işaret eden aynı fotonlar ve sıkıştırılmış hava titreşimleri bir başka çıngıraklı yılana ulaşsaydı, oldukça farklı bir iç kimyasal değişim oluşacak, belki de çiftleşmeyle sonuçlanacaktı.

Bunlar, bir organizmanın biyolojisinin, aslında genlerinin, dış fiziksel sinyallerin işlevsel süreçlerine dahil edildiği biçimi meydana getirerek onun etkin çevresini belirlediği genel durumun, basit ve açık örnekleridir. Fiziksel ve biyotik dünyanın ortak olguları, her türün biyolojisinin yarattığı dönüştürücü bir filtreden geçmektedir ve bu dönüşümün ürünü organizmaya ulaşmakta ve onunla ilişkilenmektedir. Platon'un mağara mecazı buraya uygun düşmektedir. Dış dünyanın özerk süreçleri ne olurlarsa olsunlar, organizma tarafından algılanamazlar. Yaşamını, kendi bizatihi yaratısının dönüştürücü ortamından geçen, duvara düşen gölgeler belirler.

Organizma ve dış dünya arasındaki ilişkiye dair böyle bir görüşe, hiçbir organizmanın kaçınamayacağı bazı evrensel fiziksel güçler ve ilkeleri göz ardı ettiği söylenerek karşı çıkılabilir. Her şey bir yana, yerçekimi yasasını organizmalar icat etmemiştir. Gerçekten de, içlerinde organizmaların çevrelerini inşa etmelerini gerektiren fiziksel ilişkiler vardır, ancak "evrensel" olan fiziksel sınırlamalar sıklıkla yalnızca bazı organizma sınıfları için etkin bir hal alır-

ken, diğerleri için almazlar. Makroskopik bir düzeyde, farklı türler fiziksel güçlerin farklı etki alanlarında yaşarlar.

Evrensel yerçekimi yasası örneklerden biridir. Bir organizmanın çevresinde yerçekiminin etkili bir faktör olup olmadığı, organizmanın büyüklüğüne bağlıdır. Omurgalılar gibi orta ya da büyük vücutlu hayvanlar çekim gücünün sınırlaması altında anatomik olarak yapılandırılırlar. Bu nedenle, büyük dinozorların, filler gibi, oldukça yüksek bir kalınlık-uzunluk oranına sahip kemiklere ihtiyaçları vardı. Kemiklerin dayanıklılığı enine-kesit alanı ile artar ve bu nedenle doğrusal boyutların karesi ile orantılı biçimde artar, ama kemiklerin desteklemek zorunda olduğu ağırlık doğrusal boyutların küpü biçiminde artar. Tersine, sıvı bir ortamda yaşayan bakteriler, sıvı bir ortamda yüzen böylesi küçük cüsseli nesneler için önemsiz bir güç olan çekim etkisine etkin olarak kapılmazlar. Ancak filler ve bakteriler arasındaki büyüklük farkı genlerinde kodlanmaktadır ve böylece, bu anlamıyla, organizmaların genleri, yer çekiminin onlarla ilgili olup olmadığını belirlemiş olmaktadır. Gerçekte, taşıdıkları genlerin ortaya koyduğu bir başka sonuç olarak, en büyük dinozorlar kısmen suya gömülü yaşayarak yer çekiminin etkilerini azaltmaktaydılar.

Bakteriler, çok küçük olduklarından yapılanmalarında yer çekimini göz ardı edebilseler dahi, boyutlarından ötürü farklı bir "evrensel" fiziki gü-

cün kuvvetli bir biçimde etkisi altına girerler. Bir mikroskop ile sıvı kültür içindeki bakteriler gözlendiğinde, kültür ortamındaki moleküllerin ısısal kızışması -Brown hareketini oluşturan güç- nedeni ile, onların ileri-geri atılır biçimdeki hareketleri izlenebilir. Bizler, tersine, hava molekülleri tarafından sürekli bir biçimde ileri geri savrulmayız, çünkü Brown hareketinin bizi etkilemesi için fazla büyüğüz. Büyüklük ve organizmaların içinde yaşadığı ortam farklılıkları organizmanın çevresel ilişkilerinin tamamını belirlemede büyük öneme sahiptir, ama bu etkenler türün içsel biyolojisinin bir sonucudur.

Bir bütün olarak yaşamın, yine bu yaşamın biyolojik etkinliklerinin sonucu olan dışsal koşullarda evrimleşmekte olduğunun da anlaşılması gerekir. Dünyanın atmosferi şu an yüzde 20 oksijen ve yüzde 0,03 karbon dioksit içermektedir ve bu miktarlar türlerin evrimine önemli kısıtlamalar koymaktadır. Ama havanın şu anki bileşimi eski yaşamın biyolojik etkinliklerinin doğrudan bir sonucudur. Yaşamöncesi atmosfer, öbür gezegenlerin atmosferi gibi, hemen hiç serbest oksijen içermiyordu; çünkü çok reaktif olan bu element yalnızca kimyasal birliktelik içinde var olmaktaydı. Gerçekte oksijenin çoğu, atmosferde ve suda o zaman yüksek derişimde bulunan karbondioksitin yapısı içindeydi. Şimdi havada var olan oksijen yeşil bitkilerin fotosentezi ile oraya kondu. Aynı bitkiler, karbon dioksidi, kireçtaşında

algler tarafından bırakılan kalsiyum karbonatta ya da fosil yakıtlardaki gibi, katı halde tuttular. Modern organizmaların evrimini kısıtlayan dışsal koşullar onların ataları tarafından inşa edildi.

Organizmaların, yaşam etkinlikleri ile onu "inşa etmek"ten daha çok, dışsal olarak dikte edilen bir çevreye "uyum yaptıkları"nın söylenebileceği herhangi bir durum var mıdır? Çiftçiler, böceklere dışsal bir meydan okuma anlamına gelen böcek ilaçlarını tarlalarına püskürtür. Büyük volkanik püskürmeler, kısa süreyle olsa dahi, bitkilerin büyümesini her yerde etkileyecek düzeyde toz ile dünyanın tamamındaki atmosferi doldurabilir. Eğer, uzaydan gelen büyük kütleler zaman zaman dünyaya çarpmış iseler, yarattıkları atmosfer düzensizlikleri tüm yaşamı uzun bir süre boyunca etkilemiş ve çok büyük sayıdaki türlerin ortadan kalkmasına yol açmış olabilirler. Dünyanın güneşe göre olan dönüş ekseninin açısında tedrici değişmeler, dünyanın yörüngesinin dışmerkezliliğinde ve kıtasal kara kütlelerinin hareketlerinde değişmeler olmaktadır. Bunların bir sonucu, dünyanın tüm yüzeyinin dönemsel olarak soğuması ve ısınmasıdır. Bu şekilde buzul çağları dönemsel olarak gelip gider ve organizmalar onlara uyum yapmak zorundadırlar.

Ancak bu durumlarda bile dışsal meydan okumanın belirlenmesine biyoloji karışır. Böcekler giderek daha dirençli olarak böcek öldürücülere uyum sağladıkça, çiftçiyi püskürtme sıklığını artır-

maya ve kimyasalı değiştirmeye sevk ederler. Böylece kendi düşman çevrelerini kendileri inşa ederler. Büyük ölçekli küresel değişimlerde dahi, bir mücadelenin bir türle ilgisi, kısmen o türün biyolojisinin bir sonucudur. Karasal bitkiler ve onlara bağımlı büyük yapılı otçullar, sucul türlere oranla çok daha fazla bir biçimde volkanik püskürmelerden ve meteor çarpmalarından etkilenirler. Organizmaların uyum yaparak içlerine girmek zorunda olduğu "nişler"den kurulu özerk bir dışsal dünya öngören bir evrim resmi, yaşamın tarihinin en karakteristik durumunu gözden kaçırır.

Organizmaların kendi çevrelerini inşa ettiklerini ve organizmasız çevre olmadığını takdir etmenin birincil önemde bir politik sonucu vardır. En iyi ihtimalle rahatsız edici, en kötü ihtimalle insan varlığı için yıkıcı olacak olan doğal dünyadaki değişiklikleri önleme amacıyla, giderek büyüyen çevreci hareket, "Çevreyi Koru" biçimindeki yanlış slogan altında rasyonel olarak ilerleyemez. "Çevre" korunmak için var değildir. Canlı organizmaların bulunduğu dünya, sadece insan etkinliği ile değil, *bütün* bu organizmaların etkinlikleriyle sürekli değişmektedir ve yeniden yapılandırılmaktadır. Hareket "Yok Oluşları Durdurun!" sancağı altında da ilerleme kaydedemez. Şimdiye dek ortaya çıkmış türlerin yüzde 99,99'u yok olmuş durumdadır ve şu an var olan bütün türler, başka hiçbir nedenden dolayı olmasa bile, yaklaşık iki milyar yıl sonra güneşin

sonunda genleşip dünyayı yakacak olmasından ötürü bir gün yok olacaklar. Yaşam iki milyar yılı aşkın bir süre önce ortaya çıktığı için, yeryüzündeki yaşamın yarıyaşına ulaştığını güvenle söyleyebiliriz. Organizmaların evrimleşirken, dünyaya bir şekilde daha iyi uyum göstermiş hale geldiklerinin bir kanıtı bulunmamaktadır. Türlerin ortaya çıkışlarından yok oluşlarına kadarki ortalama zaman, buzul çağları, kıtaların ayrılıp sürüklenmesi, meteorlarla zaman zaman olan çarpışmalar nedeniyle devirden devire dalgalanmış olmasına karşın, herhangi bir uzun dönemli artış eğilimi göstermemiştir. Türlerin birbirleriyle ya da dış çevre ile bir çeşit armoni ya da denge içinde oldukları savlarının maddi bir temeli de yoktur. Çevresel değişikliği ya da tür yok oluşunu önleyemeyiz. Doğal dünyadaki değişimin yalnızca yönünü ve hızını etkilemek bile toparlanabilecek politik gücün tamamını gerektirir. Bütün yapabileceğimiz, yok oluş hızını ve çevresel değişim yönünü insanlar için nezih ve makul bir yaşamı olanaklı kılacak bir şekilde etkilemeye çalışmaktır. Nesnelerin olduğu gibi kalmasını sağlamak ise elimizden gelmez.

III. Bölüm

Parçalar ve Bütünler, Nedenler ve Sonuçlar

Önceki iki bölüm yaygın bir konuya ait iki durumu ele almaktaydı. Nesnelerin ve süreçlerin doğal dünyası, doğal olguların tarihinin ve işleyişinin doğru bir anlayışını sağlayacak şekilde parçalara nasıl ayırılabilir? Dünyanın uygun parçalara nasıl ayrılacağı sorunu modern bilimin on yedinci yüzyıldan miras aldığı analitik geleneğin bir sonucudur. Descartes'ın *Yöntem Üzerine Konuşmalar*'ın V. Bölüm'ünde iddia ettiği gibi, canlı bir tür makine ise, açıkça görülebilen parçalardan ve küçük kısımlardan yapılıdır ve bunların her biri belirgin biçimde diğer küçük kısım ve parçaların hareketi ile nedensel bir ilişki içindedir.

Fakat Descartes'ın makine modeli dünyanın nasıl işlediğinin bir tanımı olmakla kalmaz, doğal olguların nasıl irdeleneceğinin bir manifestosudur da. Eğer parçalara ayrılması sorun çıkarmayan bir hayvanı bir makine olarak irdelemek istersem, hayvan, bütünün özelliklerini üretmede birbirileri ile açık bir nedensel bağlantılar zincirine sahip olan parçalara ayrılabilirmiş gibi davranırım. Mekanik bir saatin işleyişini incelemek isteyerek onu açarsam, saatin parçaları biçimindeki statülerinden asla kuşku duyulmayacak dişliler, manivelalar ve zembereklerin bir topluluğunu görürüm. Bir dişlinin nerede başlayıp nerede bittiğine, ya da bu hemen algılanan farklı parçaların, bir saatin bütünsel işleyişinin izahı açısından, işlevsel ilişkileri bilinmesi gereken elementler olduğuna dair bir sorun yoktur. Dahası, her bir dişli ve manivelayı ayrı ayrı sökerek, değiştirerek ya da işleyişine müdahale ederek, saati işleten ve düzenleyen güçler zincirini çözümleyebilirim. Açıklamanın tamamı, yayın devindirici bir gücü bir dişliye nasıl ilettiği ve onun da ikinci bir dişliye güçler iletip bunun da bir üçüncüye devam ettiği ve tüm bunların her bir dişlideki diş sayısıyla belirlenen ve rakkas çarkı tertibatının mekanizması ile sınırlanan hızlarda gerçekleştiği sözleriyle şekillendirilecektir. Makinenin önceden tanımlanmış fiziki elementleri arasında, açık bir nedenler ve sonuçlar zinciri bulunmaktadır.

Bir makineye uygun düşen, biyolojik sistemleri anlama ve irdelemenin böyle bir analitik biçimi, ilk kez on sekizinci yüzyılda kullanılan *organizma* sözcüğünün kendisinde anlam bulur. Burada benzerlik, değişik nihai işlevler yerine getirmek üzere birlikte çalışan ayrı parçalardan kurulu müzik enstrümanı ile canlı vücudu arasındadır. Bu, Alexander Pope'un teşbihinde yankılanan, doğal sistemleri, küçük kısımlara ve parçalara ayırarak anlamanın mümkün olmadığı parçalanamaz bütünler olarak gören Aydınlanma-öncesi holistik görüşten, kökten bir kopuştu:

> Parçalara ayırdığın yaratıklarda hayatı takip eder gibi,
> Bulduğun an onu kaybedersin.

Son üç yüzyılın ardından analitik model, onu manipüle etmemizi ve öngörmemizi sağlayacak bir biçimde doğayı açıklama konusunda büyük başarı kaydetmiştir. Dünyaya holistik bakışın doğal olguları pratik olarak anlamanın herhangi bir ihtimalinin önünü tıkadığı, bize çok açık gözükmektedir.Ancak, gerici holizmin başarısızlığı karşısında, saat modelinin başarısı, parçaların bütünlerle ve nedenlerin sonuçlarla ilişkilerine dair aşırı basitleştirilmiş bir görüşe yol açmıştır. Naif indirgemeciliğin ve basitleştirici analizin başarısının bir kısmı bilimsel çalışmanın fırsatçı doğasından kaynaklanır.

Şehirleri bir süre boyunca kuşatan, savunması zayıf olanları ele geçiren, fakat geride hâlâ fethedilmemiş direniş adaları bırakan bir ortaçağ ordusu gibi, bilimciler, tamamen, kendi yöntemlerinin işlediği sorunları ele alırlar. Pratiğini yaptığımız bilim kendi yöntemleri ve kavramlarının elverişli olduğu sorunları çözer ve başarılı bilimciler sadece çözülmesi muhtemel sorunlar önermeyi kısa sürede öğrenirler. Görece kolay olan sorunlarla uğraşılarındaki kuşku vermeyen başarılarına işaret edip, sonra da, aynı yöntemlerin daha zor olanlar üzerinde sonunda zafer kazanacağına bizi ikna ederler. Eğer DNA dizisinin belirlenmesi protein yapısı hakkındaki bilginin hücrede nasıl saklandığı sorununu çözmüşse, o zaman bazı moleküllerin yapısının belirlenmesi, belki de DNA'nın kendisi, sosyal yapıya ilişkin bilginin beyinde nasıl depolandığı sorununu kuşkusuz çözecektir.

Elbette, protein yapısına ilişkin bilginin tamamı DNA dizisinde depolanmaz; çünkü polipeptidlerin katlanıp proteinlere dönüşmesi tamamen onların aminoasit dizileriyle belirlenmez. Bu gerçek yaygın olarak göz ardı edilir, çünkü normal hücrelerin fizyolojik koşulları altındaki katlanma emsalsiz bir olaydır. Bununla birlikte, hücreler normal dışı durumlara sahip olduğunda ya da insan genleri sıvı kültürde büyüyen mikroorganizmalara konulduğunda, katlanma süreci farklı ürünler verebilir; çünkü bir proteinin "doğru" olan nihai yapısı, dış-

sal koşullar elverişli olmadığında oluşmayacak olan, doğru katlanma ara-moleküllerinin meydana gelmesine bağlıdır. Aslında, protein katlanması kurallarının ne olduğunu bilmemekteyiz; bu yüzden şu ana dek hiç kimse bir polipeptidteki aminoasit dizilimini alıp molekülün katlanmasını tahmin edecek bir bilgisayar programı yazmayı başaramamıştır. Hatta, proteindeki bölgelerin alfa-heliksler ve beta-pileliler gibi belli başlı yapısal sınıflara katlanmasını son derece kaba biçimde karakterize etmeye çalışan programların güvenilirliği yüzde 75'ten fazla değildir. Buradaki güçlük, onlardan yapılmış olsa bile, bir proteinin, aminoasitlerden ibaret bir sicim olmamasıdır. Kısmi katlanma sürecinde değişen kendine has titreşimsel ve üçboyutlu sterik özelliklere sahip, benzersiz bir moleküldür o. Sonuç olarak, katlanma sırasında serbest enerjiyi düşüren süreç, hareketli bir hedefi kovalamaktadır. Moleküler biyologlar protein yapısının saptanmasına ilişkin bu ihmale genellikle dikkati çekmezler, onun yerine, DNA'nın proteinleri yaptığı *mantra*•sını tekrarlayıp dururlar.

Analitik ve indirgemeci biyolojinin olağanüstü başarısına karşın, en ilginç sorular, yani zihin ve şekile ilişkin sorunlar beklemektedir. Depo edilmiş belirli anıların nörofizyolojisi ve nöroanatomisi nedir? Aynı anılar farklı zamanlarda aynı "yerlerde" mi bulunurlar? En basit bilgisayar bile yeni bilgi

• Hinduizm'deki gibi, mistik bir efsun ya da büyü. (ç.n.)

eklendiğinde hafızadaki bilginin yerini değiştirir. Peki, bilinçli dikkate ne demeli? Bu bölümü yazarken bir an yazmakta olduğum cümleyi düşünüyorum, fakat sonra karımın hangi sonatı çalacağını merak ediyorum, sonra su tesisatçısının yaptığı iş aklıma geliyor ve sonra da dikkatimi tekrar metne veriyorum. Her bir anda beynimde depolanmış olan bilginin hangisinin "zihnimde" olduğunu belirleyen nedir? Sorundaki güçlük, kimi can alıcı bilgiye sahip olmayışımız değil, fakat soruları nasıl belirleyeceğimizdir. Makine modeli tarafından esir alınmış bir vaziyette, farklı teknolojik alanlardan gelen modaya uygun bir mecazlar silsilesinden geçtik. Bir defasında beyin bir telefon santralıydı, sonra bir hologram, ardından bir basit dijital bilgisayar ve sonra da bir paralel işlemci bilgisayar oldu ve şimdi de bir dağıtıcı-işlemci bilgisayar haline geldi.

Gelişimin moleküler düzeyde araştırılması sonucu ulaşılan ilerlemeye karşın, organik biçimin yaratılmasına ilişkin ihmalimiz de çok derindir. Gelişim genetiğinin yapmış olduğu şey, cevaplayamayacağı bir sorunun yerine cevaplayabileceği bir soruyu geçirmektir, fakat bunu, açıkça itiraf etmeden yapmıştır. Başlangıçta soru, başımın iki yanında gelişen nesnelerin ayaklarınkinden ziyade neden kulaklara ait şekil ve yapı olduğu ve bir filin kulaklarına değil de neden bir insanın kulaklarına benzediği yönündeydi. Gelişim genetiğinin cevapladığı soru, hangi genlerin bir embriyonun baş kısmında-

ki hücreler ve hangilerinin arka kısımdakiler tarafından okunmakta olduğudur. Fakat hangi genlerin okunduğu biçim sorununun cevabı değildir; bu soru nihai olarak, içsel hücresel yapıların oluşturulmasının belirlenmesi (bir başka biçim sorunu), hücre bölünme düzleminin oluşturulması, hücre bölünme sayısının belirlenmesi, doku tabakalarının kayıp hareket etmeleri ve katlanmalarının belirlenmesi yönünden ve bütün bunların ötesinde, bu süreçlerin vücutta nerede cereyan edecekleri üzerine belirleyici etkisi olan, "durumsal bilgi" bakımından cevaplandırılmalıdır.

Organizmaların irdelenmesine makine modelinin uygulanmasının zorluğu üç kaynaktan köken alır. Organizmalar orta dereceli vücut büyüklüğüne sahiptirler, işlevleriyle ilişkili olacak şekilde içsel olarak heterojendirler ve diğer heterojen sistemlerle karmaşık nedensel ilişkilere girerler. Bu özelliklerin, basit makine modelini bir anlama ya da analiz yolu olarak elverişsiz kılan bazı sonuçları vardır. Birincisi, organizmaları, farklı işlevlerin nedensel analizi için uygun olacak "organlar"a bölümlemenin, tek ve belirgin bir yolu yoktur. İkincisi, organizma, hiçbiri bir diğerine baskın olmayan, zayıf nitelikte belirleyiciliğe sahip çok sayıda gücün bağlantılı birlikteliğidir. Üçüncüsü, nedenlerin ve sonuçların ayırılması sorun yaratır. Son olarak, organik süreçler genel-geçer izahları engelleyen, tarihi bir bağlama sahiptirler.

Biyolojideki en ihtilaflı anlaşmazlıkların pek çoğunun temelinde, bir organizmayı ve işlevlerini parçalara ayırmanın uygun yollarının ne şekilde belirleneceği sorunu yatar. Günümüzde, canlıların nihai izahına sadece onların moleküllerinin yapısı ve kimyasal özelliklerinin tarifi ile erişilebileceğinde ısrar eden moleküler biyologlar ile, özellikle yaşamın evrimini anlamak konusunda, asıl ilgi nesnesinin organizmanın bütünü olduğunu söyleyen organizmik biyologlar arasında ciddi bir ayrılık vardır. Yaşayan ya da ölen, şu ya da bu şekilde çoğalan, bütün bir organizmadır. Bu nedenle doğal seçilimin nesnesi de bütün bir organizma olur.

Fakat bireysel molekül ile bütün bir organizma arasındaki, uygun bir gözlem ve açıklama düzeyi açısından beliren bu zıtlık, aldatıcıdır. Moleküler biyolojinin, indirgemeciliğinin en aşırı olduğu durumda, bir molekülün tek başına büyük bir izah gücüne sahip olduğunu iddia eder gözüktüğü doğrudur. DNA "kendi kopyasını yapar" fikrinin anlamı budur. Fakat moleküler biyolojinin fiili çalışmasında gerçek araştırma nesnesi, örneğin eski iplikçikleri kalıp olarak kullanarak yeni DNA iplikçiklerinin sentezlenmesi mekanizmasının ya da DNA dizilerinde içerilen bilgilerin kullanılarak proteinlerin sentezlenmesinin aydınlatılmasındaki gibi, bir molekülün diğerleri ile olan etkileşimidir. Hücre işlevi ya da gelişiminin moleküler araştırmalarına ait programın yürütülmesi için, moleküller arasındaki

nedensel ilişkilerin oluşturduğu yolun haritasını çıkarmak gerekir, zira anlamlı bir işlevsel birim oluşturmak üzere bir araya gelmiş, *a priori* olarak bilinebilecek bir moleküller topluluğu yoktur. Biyolojiye ilişkin moleküler yaklaşımlar, bir anlamda, "doğal" nedensel ilişkilerden yapılı birimleri bireysel öğelerden inşa etme çabalarıdırlar.

Öte yandan, organizmacı biyologlar organizmanın bütünsel yapısını çalışma ve açıklama birimleri olarak asla kullanmazlar; ancak, nasıl yapılacağına ilişkin açık bir ölçüt ortaya koymadan, onu hep, bir şekilde parçalara ayırırlar. Evrimciler bir elin, beynin ya da dolaşım sisteminin, yaprak biçiminin ya da çiçek morfolojisinin evrimini açıklamaya çalışırlar. Bunu yaparken, hayvanlar ve bitkilere ait parçalar arasındaki gerçek bağlantılardan daha çok, insani algının psikolojisi hakkında bir şeyler söyleyen sezgisel bir süreci kullanarak organizmaları parçalara ayırırlar. El hangi koşullar altında bir parmağın ya da parmak ekleminin olduğundan daha çok evrimsel ve işlevsel bir birimdir?

Bir organizmayı keyfi biçimde parçalara ayırmaktan kaynaklanan güçlüklerin bir örneği insan çenesinin evrimi sorunudur. İnsan anatomisi genellikle, *neotenik* gelişim olgusuna ait bir örneği oluşturur. Yani, erginleşmiş insan, erginleşmiş maymundan çok, fetal maymuna benzerlik gösterir. Maymunun fetal gelişiminin ileri dönemlerinde yüz ve kafatası parçaları, örneğin kaş kemerleri ve ka-

fatasının üst kısmındaki sagittal tepe, farklı biçimde büyüyerek genişlerken, insanlar ise erginleşmemiş maymun karakterleri ile doğuyor gözükmektedir. Çene bu kuralın bir istisnasıdır. Fetal maymunlar ve fetal gelişimin başlarındaki insanlarda çene geriye doğru çekilmiştir. Fakat insan fetusu gelişimini sürdürdükçe çene daha belirgin bir hale gelir. Doğal seçilimin insanlarda, neoteni kuralına bir istisna oluşturarak, öne doğru çıkan bir çeneyi neden ön plana çıkardığı hakkında birçok spekülasyon yapılmıştır. Bununla birlikte, öyle görünüyor ki cevap çenenin özel bir uyumu olduğu değil, fakat onun var olmadığı!

Çene olarak tanıdığımız yüz özelliği, birbirinden bağımsız iki kemiğin, alt çene dişlerinin yerleştiği kemiğin ve çene kemiğinin kendisini oluşturan mandibuların büyümesinin bir sonucudur. İnsan evriminde bu kemiklerin her ikisi de kafatasının geri kalanına oranla kısalmaktadır ve her ikisi de neoteni gösterirler. Bununla birlikte, altçene dişlerinin yerleştiği kemik, evrim sırasında mandibulardan daha hızlı biçimde geriye çekilmekte ve sonuç olarak belirgin bir çıkıntı, "çene", böylece ortaya çıkmaktadır. Bu nesne ne gelişimsel ne de işlevsel açıdan bütünün bir birimidir; alelade algı ile adlandırılmış olan ve sonra da bilimsel bir araştırma öznesi haline gelen rastlantısal bir biçimdir. Keyfi bir araya getirişten kaynaklanan hata, uyum temelli izahların pek çoğunda, özellikle insan sosyal davra-

nışına evrimsel açıklamalar getirmeye çalışan girişimlerde, derin biçimde gömülüdür. Böylece, sosyobiyologlar, Klasik Yunan dahil pek çok kültürde modern Batı kategorisi "din"e karşılık gelen bağımsız bir sosyal işlev (ya da sözcük) bulunmamasına karşın, dinleri meydana getiren evrensel bir insani eğilime yol açan, doğal seçilimi anlatan uyarlanmış hikâyeler anlatırlar.

Belki de uygun çalışma birimleri işleve ait olan birimlerdir denebilir; ancak bu bakış açısı belirsizlikleri daha keskin olarak öne çıkarmaktan başka bir işe yaramaz. Organizmanın parçaları arasında "doğal" dikiş yerleri bulabilmenin temel zorluklarından biri, farklı bir araya geliş düzeylerinde işlevlerin bulunmasıdır. Kan dolaşımı oksijen getirip atık maddeleri uzaklaştırarak hücre solunumunun yaşamsal işlevini yerine getirir, böylece kalp doğal bir anatomik birim olarak gözükür. Ancak kasların kasılması kalbin çarpması işlevini yerine getirir, böylece kas hücrelerinin yapısı ve onların sistemine bağlanma örüntüsü uygun bir çalışma düzeyi olur. Ama bireysel kas iplikçikleri kısalarak kas kasılma işlevini yerine getirir ve bu aktin ve miyozin proteinlerinin kimyasına bağlıdır. Kendinden sonraki işlevlere hizmet eden hiyerarşik bir işlevler çağlayanı vardır ve bu düzeylerden hiçbiri organizmanın işlemesine ya da evrimsel tarihine ilişkin analiz açısından, tek başına doğru değildir. İşleve ait bir başka sorun, işlevlerin dikey hiyerarşili olmasının ya-

nında, farklı topolojiler doğrultusunda parçaları tanımlayan işlevsel yollara ait bir yatay çeşitliliğin bulunmasıdır. Kemikler vücuda sağlamlık sağlama ve kaslar için tutunma yerleri olma işlevini görürler. Ama aynı zamanda kalsiyumun depolandığı yerlerdir ve kemik iliği yeni kan hücrelerinin üretildiği dokudur. İlgilenilen nedensel yola bağımlı olarak, "kemikler" ya makroskopik yapısal birimler ya da kalsiyum salgılayan hücre yığıntıları veya dolaşım sisteminin embriyonik dokusudurlar.

Parçaların tanımlanmasına ilişkin bu işlevsel yaklaşım, tanımlamanın fiili sürecini açıklar. Nesnelerin "parçalar" olabilmeleri için *bir şeyin* parçaları olmaları gerekir. Yani, bölümleri oldukları bir bütün olmadan parçalar olmaz. Biyolojik sistemler açısından, parçaların belirlenimi, işlevler hiyerarşisinden dolayı ve nedensel yolların çoklu çakışmasından ötürü, ancak uygun bir "bütün"ün tanımlanmasından sonra yapılır. Bu bütün, güneş etrafında dönen gezegenler gibi basit fiziksel sistemlere benzemeyen şekilde, kapladığı alanla değil, işlev ve bu işleve hizmet eden nedensel yollarla tanımlanır. Aristo beynin işlevinin kanı soğutmak olduğunu düşünüyordu ve gerçekten de, beyin yüzeyinde bulunan oldukça kapsamlı kan damarı ağı vücuttan ısının salınmasında önemli bir rol oynar. Isı düzenlenimi açısından bakıldığında, beynin temporal, parietal ve frontal lobları olan bir beyincik ve bir büyük beyine bölümlenmesi anlamsızdır. Ancak beyin sensor, motor ve

kavrayışa ilişkin işlevlere hizmet eder biçimde algılandığında, alışılmış nöroanatomik bölümlemeler bu bütünün uygun parçaları haline gelirler.

Doğayı araştırma biçimimize hâkim olan indirgemeci dünya görüşü bu araştırmanın genellikle iki aşamada yürütülmesine yol açar. Önce bütünü onun bileşen parçalarına ayıran aşağı yönlü bir analitik süreç vardır, ardından parçalar arasındaki nedensel yolların keşfedildiği sentetik bir aşama gelir. Bu araştırma yöntemi, bütün tanımının açık olduğu ve sistemin bariz bir anatomisi bulunduğu sürece işler. Güneş sistemi, güneş, gezegenler ve onların uydularının oluşturduğu bir kümedir. Bu sistemin tüm dinamiği mekânsal olarak tanımlanmış nesnelerin kütleleri, uzaklıkları ve hızları ile, onlar üzerine etkiyen güçler cinsinden ifade edilebilir. Biyolojik araştırma aksine, sıkça nesnelerin ve olguların parçalar olarak düşünüldüğü ileri yönlü bir sentetik süreçle başlar, ama parçası oldukları bütün henüz tanımlanmamış durumdadır. Pirandello'nun bir oyununda olduğu gibi, yazarını arayan karakter durumundadırlar.

Hedefi (aslında birçok farklı insanın bir bileşimi olan) bir insan genomundaki DNA'nın tamamının dizisini çıkarmak olan İnsan Genomu Projesi tam da bu yapıyı gösterir. İlk adım bu DNA'daki üç milyon nükleotidi oluşturan A, T, G ve C'nin sıralı dizisinin tamamını tanımlamak olacaktır. İkinci aşamada, bu dizinin işlevsel birimlere -genlere ve

düzenleyici elementlerine- karşılık gelen parçalara ayrılması gerekecektir. Dizi içerisinde bulunan ve proteine çevrilen genin sınırları hakkında tahmin yapmayı sağlayan sinyaller vardır. Ancak bunlar sadece tahmindirler ve ancak bir protein gerçek ten organizmada saptandığı zaman doğrulanabilirler. Dahası, düzenleyici dizilerin sınırlarının neresi olduğu söyleyebilmek gerçekten olanaksızdır ve her durumda zahmetli bir süreçle DNA'da değişiklikler meydana getirilmesi ve bu değişikliklerin fizyolojik ve gelişimsel sonuçlarının ortaya çıkarılması gerekir. Yani, protein yapım sürecinde hücrenin DNA'nın farklı bölümlerini nasıl okuduğunu bilmeden, DNA dizisinin ne şekilde parçalanarak genlere ayırılabileceğini bilmek olanaksızdır. Ancak bu, yalnızca birinci adımdır. Genlerin tamamını proteinlerin üretilmesinde işlevsel birimler olarak tanımlasak bile, o proteinlerin işlevlerinin ne olduğunu bilemeyiz. O zaman, genleri ve proteinlerini, nedensel bağlantılar yaratan yolları olan işlevsel altsistemler halinde nasıl gruplandıracağımızı da bilemeyiz. Daha ziyade, *Stegosaurus*'un sırtı boyunca uzanan kemik plakaları olduğunu bilen, fakat "Bunlar ne için?" sorusunu sorması gereken paleontoloğun durumuna düşeriz.

Biyolojide, bu "ne için" sorusu, bir otomobilin ya da bir saatin parçalarının analizindeki ile aynı değildir. Bu ikinci durumda bütün işlevler önceden bilinir ve bütün iç parçaların bu işlevlerden biri ya

da ötekini yerine getirdiği bellidir. Organizmanın durumunda ise, elbette, hareket, solunum ve üreme gibi genel işlevler vardır, ama farklı yaşam biçimlerine özgü ve önceden bilinemeyen pek çok özel işlevler de bulunur. Üstelik, her parçanın bir işlev yerine getirdiği de hiçbir şekilde doğru değildir. Organizmalara ait pek çok özellik gelişimsel değişimlerin dolaylı sonuçlarıdır ya da uzak geçmişteki atalardan kalan işlevsiz kalıntılardır. Yalnızca dünyadaki her şeyin bir amacı olduğu inancı ile kurulan dinsel bir bağlantı, bizi parmak izi çizgilerinin, kaşların ya da erkek göğsündeki kıl yumağının işlevsel bir izahını yapmaya götürecektir. Biyolojide, parçalar ve bütünler arasındaki diyalektik ilişkiden kaçamayız. Anlamlı parçaları görebilmeden önce onların yapı taşları oldukları bütünü işlevsel olarak tanımlamamız gerekir. Ondan sonra, açıklamaya çalıştığımız şeye bağlı olarak, organizmayı parçalara ayırmanın oldukça farklı yollarını görebiliriz. Fiziksel olarak tutma işiyle ilgiliysek el araştırma için uygun bir birim olur, ama göz ile birlikte el, tutulan bir cismi nasıl kavrayabildiğimizin anlaşılmasında, indirgenemeyen bir birimi oluşturacaktır.

Organizmayı ayrı ve etkin biçimde birbirinden bağımsız açıklayıcı sistemlere nasıl ayırabileceğimiz sorunu oldukça düşük tanımlama düzeyleri için de söz konusudur. Buna bir örnek, tek bir genin evrimini o genin farklı durumlarının etkileri temelinde tanımlamanın olanaklı olup olmadığı ya da

bu bağlamda, gen gruplarının eşzamanlı biçimde ele alınmasının mı gerektiği sorunudur. *A* ve *a* diye iki alternatif biçiminin, farklılıklarından ötürü, organizmanın fizyolojisi üzerine önemli etkileri bulunduğu bir geni düşünelim. Böylece üç genotip, *AA*, *Aa* ve *aa*, sayısal olarak onların *uyumları* biçiminde ifade edilen ve genellikle W_{AA}, W_{Aa} ve W_{aa} diye gösterilen farklı hayatta kalış ve üreme olasılıklarına sahip olurlar. Bu üç genotipin herhangi oranlarına sahip bir popülasyon için -her genotipin uyumunu o genotipin popülasyondaki bağıl frekansı ile çarpıp böylece üç genotipten çıkan sonuçları toplayarak-ortalama uyum, W, bütün bireyler üzerinden hesaplanabilir. Farklı genotiplerin frekanslarının bu ortalamayı her kuşakta artıracak şekilde değişmesi ve sonuçta ortalamanın bir en yüksek değere ulaşması evrimsel genetiğin temel bir ilkesidir. Uyumu daha yüksek genotipler daha çok yavru bırakırlar ve sonraki her kuşakta daha büyük bir oranla temsil edilirler ve böylece popülasyonun ortalama uyumu artar.

Varsayalım ki, *B* ve *b* diye iki alternatif alleli olan ikinci bir gen popülasyonda bulunsun. Onun *BB*, *Bb* ve *bb* şeklindeki üç genotipinin de farklı uyumları olacak ve bu genotiplerin frekansları da popülasyondaki ortalama uyumu artıracak biçimde değişecektir. Fakat popülasyondaki her birey *A*,*a* geni açısından üç genotipten birine ve *B*,*b* geni açısından üç genotipten birine sahip olacak ve böyle-

Tablo 3.1. Genler nedensel olarak birbirinden bağımsız olduğunda sahip olunan genotip uyumlarına ait varsayımsal değerler.

	AA	*Aa*	*aa*
BB	0,60	0,70	0,80
Bb	0,75	0,85	0,95
bb	0,80	0,90	1,00

ce popülasyonda, her biri kendi üreme uyumuna sahip dokuz farklı genotip bulunacaktır. Böyle bir durumda gen evriminin dinamiği neye benzer? Cevap bu dokuz genotipin uyumunun birbiriyle nasıl ilişkilendiğine bağlıdır. Olasılıklardan biri, her genin genotipleri arasındaki uyum farklılıklarının diğer gen tarafından etkilenmediğidir. Tablo 3.1'de aşırı basitleştirilmiş bir durum gösterilmektedir. *Aa*'nın uyumu *B,b* lokusundaki genotipe bakmaksızın, *AA* ve *aa*'nın uyumlarının tam olarak arasında bir değerdedir ve öte yandan, *Bb* genotipinin uyumu *A,a* lokusundaki durumdan bağımsız olarak, *BB* ve *Bb*'ninkilerin tam olarak ortasında bir değerdedir. Böyle bir durumda her gen diğerinden bağımsız biçimde evrimleşir ve *A,a* lokusundaki *A* allelinin frekansı, *B,b* lokusundaki *B* allelinin frekansı gibi her kuşakta artar.

Bununla birlikte, eğer bu iki gen arasında bir tür fizyolojik etkileşim varsa, o zaman bir lokustaki uyum farklılıkları diğer lokustaki genotipe bağlı olarak, yön bile değiştirebilir. Böyle bir durum, bir

Tablo 3.2. Avustralya çekirgesi *Moraba scurra*'da, CD kromozomunun bl,BL ve EF kromozomunun td,Td kromozom polimorfizmlerine ait dokuz genotipin uyum değerleri.

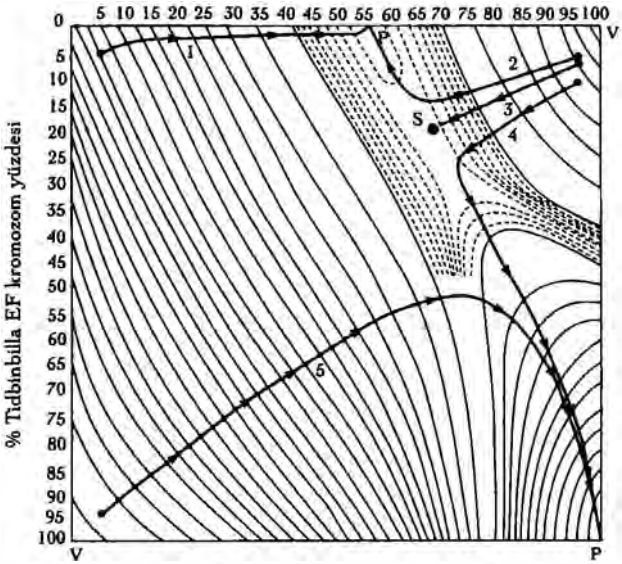
	CD kromozomu		
EF kromozomu	*bl/bl*	*bl/BL*	*BL/BL*
td/td	0,791	1,000	0,834
td/TD	0,670	1,006	0,901
TD/TD	0,657	0,657	1,067

Avustralya çekirgesi olan *Moraba scurra*'da CD kromozomundaki *bl,BL* ve EF kromozomundaki *td,TD* şeklindeki iki farklı kromozom değişkenliğinin genetik polimorfizmine ilişkin gerçek verilere dayanarak Tablo 3.2'de gösterilmektedir. Tablonun gösterdiği gibi, bu genetik değişkenliklerden biri için olan uyum farklılıkları, diğerindeki genotip tarafından büyük oranda etkilenmektedir. Diğer kromozom *bl/bl* olduğunda, EF kromozomunda uyumu en yüksek genotip *td/td*'dir, fakat diğer kromozom *BL/BL* olduğunda, EF kromozomunda uyumu en yüksek genotip *TD/TD* olmaktadır. Evrimleşen bir popülasyonda durumun ne olacağını analiz etmek için, her iki genetik birimi aynı anda değiştirirken, popülasyonun ortalama uyumunun ne olacağını düşünmemiz gerekir.

Bu iki farklı kromozom sisteminin herhangi bir frekans kombinasyonu için popülasyondaki ortalama uyumu hesaplayabiliriz ve bu ortalama uyumu,

boyutları BL ve TD kromozom tiplerinin frekansları olan bir düzlemin üstündeki yükseklik olarak ifade edebiliriz. Şekil 3.1'de bu durum coğrafyacının topoğrafik haritasına benzeyen bir diyagramda gösterilmektedir. *BL* ve *TD* kromozom tiplerinin frekansları enlem ve boylam olarak iki eksen üzerinde verilmektedir ve her popülasyon bileşiminin ortalama uyumu, eşit yüksekliklerin birleştirilmiş olarak gösterildiği bir dağ sırasının topoğrafik haritasındaki gibi, sayfa düzlemi üstündeki yüksekliktir. Biri aşağıda sağ köşede ve *TD* ve *BL* kromozomlarının popülasyonda yüzde 100 olduğu, diğeri üstteki kenarda ve *TD* kromozomlarının bulunmadığı ve *BL* kromozomlarının yaklaşık yüzde 55 olduğu, uyumların "pik" (P) yaptığı iki nokta bulunmaktadır. Uyum "vadileri" (V) zıt köşelerde, aşağıda solda ve yukarıda sağdadır.

Dinamik kural, popülasyonun bir "pik" tırmanacak şekilde değişmesidir. Fakat hangi "pik"e? Bu evrimsel sürecin olası iki nihai ürünü vardır ve hangisinin gerçekleşeceği popülasyonun başlangıçtaki genetik bileşimine bağlıdır. Oklu çizgiler farklı başlangıç noktalarından itibaren popülasyonun tahmin edilen evrimini göstermektedir. Üstte sağ köşede (yol 2 ve 4), başlangıç koşullarındaki oldukça küçük bir farklılığın nihai üründe aşırı farklılıklarla sonuçlanabildiğine dikkat edin. Yol 3, bu uyumsal dağ sırasını tırmanırken iki pik arasında bir sırta nasıl ulaşılabileceğini ve topoğrafinin tam bu



Şekil 3.1. *Moraba*'daki iki kromozom sisteminin uyum topografisi. Yatay eksen CD kromozomundaki BL formunun frekansını, dikey eksen EF kromozomundaki TD formunun frekansını gösteriyor. Topografik hatlar eşit ortalama uyumu olan genetik yapıları birbirine bağlıyor. Uyum "pikleri" P ile, vadileri V ile ve bir coğrafi boyun ise S ile gösteriliyor. Oklar, farklı noktalarda başlayan tahmini genetik evrim yollarını gösteriyor.

noktada düzleşmesi nedeniyle orada karaya oturulabileceğini göstermektedir. Yol 5 daha ileri bir karmaşıklığı ifade ediyor. Ortalama uyumun her zaman arttığı, bu yol boyunca ilerleyen ve uyumsal yüzeyi yumuşak biçimde tırmanmak demek olan evrim süresince, *TD* kromozomunun frekansı önce yüzde 95 civarından yüzde 55 civarına düşmekte ve sonra tersine dönerek yüzde 100'e yükselmektedir. Eğer *bl,BL* sisteminin varlığını bilmeseydik, *td,TD*

sistemindeki uyumların tersine döndüğünü ve buna bakarak, çevrede bir değişiklik olmuş olması gerektiğini söylerdik. Bir bakıma bu doğrudur, çünkü *bl,BL* sistemi *td,TD* çifti için bir *genetik* çevre oluşturmaktadır; *bl,BL* sistemindeki genotip frekansları değişirken, *td,TD* çiftinin çevresi sürekli değişmekte ve böylece bu polimorfizmin genotipleri için olan uyumlar da değişmektedir. Ayrı genetik birimler olan *bl,BL* ve *td,TD*'nin bu karmaşık davranışı, çekirgelerin genomunu sorun açısından uygun olmayan biçimde kesip biçmemizin bir sonucudur. Genetik tanı açısından *bl,BL* ve *td,TD* polimorfizmleri birbirinden ayrı olmasına karşın, birlikte, her biri kendi karakteristik uyumu olan dokuz alternatif biçimli tek bir fizyolojik birim oluştururlar. İki kromozom sistemi için ayrı ayrı hesaplanmış uyumların biyolojik gerçekliği yoktur.

Bu durumdan çıkaracağımız ders hakkında çok dikkatli olmalıyız. Bu, bir organizmanın genomunun bölümlerinin birbirinden bağımsız elementler olarak asla ele alınamayacağını göstermiyor. Bazen ele alınabilirler bazen de alınamazlar; bu durum türe, onun hangi genetik farklılıklara hangi koşullarda sahip olduğunun dikkate alındığına bağlıdır. Organizmaları parçalara ayırmanın evrensel nitelikte kuralları yoktur. Amerika Birleşik Devletleri farklı yasaları olan ayrı eyalet hükümetlerine ayrılmıştır ve sorunun hangi eyalette ortaya çıktığını bilmeden hangi yasanın geçerli olduğunu söylemek

pek mümkün değildir. Kendisine sorulduğunda bir Amerikalı avukat "yargılama yetkisine bağlıdır" diye yanıt verecektir. Bu biyolojide de böyledir; yargılama yetkisine bağlıdır.

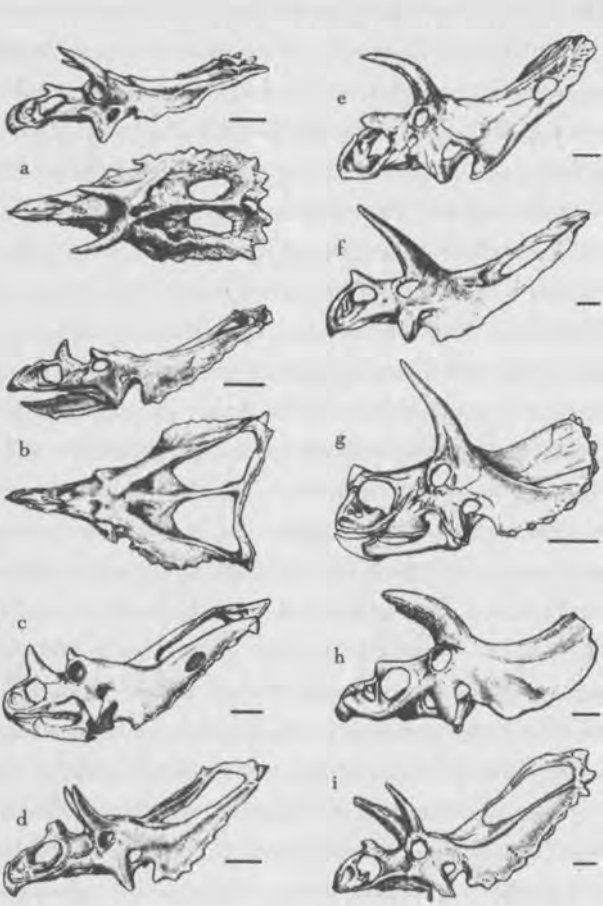
Evrimsel sürecin *Moraba* kromozom değişkenlikleri ile gösterilen alternatif olası ürünleri, belli bir gruba özgü istisnalar olmayıp evrimsel değişimin genel özellikleridirler. Yaşamın makine modeli, biyologların pek çok fiziksel sistemin ortak özelliklerinden birini, yani onların başlangıç koşullarına bağımlı oluşlarını göz ardı etmelerine neden olmuştur. Eğer seksen mil batıya ve yirmi mil kuzeye seyahat ettiğimi söylüyorsam, Boston'dan yola çıktığımı bilmeden, Brattleboro'ya vardığını saptamak olanaksızdır. Bu başlangıç koşullarına bağımlılık, bununla birlikte, işleyişi bireysel gelişiminden ve icadının tarihinden genellikle bağımsız olan tipik bir makinenin özelliği değildir.* Makine ustasının, bir arabanın neden yakıt pompasına sahip olduğunu bilmesi için, bir montaj fabrikasının nasıl çalıştığını ya da içten yanmalı motorun icadının tarihini ve gelişimini bilmesi gerekmez. Fakat biyolog bir makine ustası değildir. Geçmişlerini göz önüne almaksızın canlı organizmaların durumunu anlamak olanaksızdır.

Varolan tüm türler, yaşamın kökenlerinden bu yana gelen ve geçmişte, gerçekte izlediği yoldan

* Bununla birlikte, ironik olarak, bireysel tarih bir saatin ana işlevi açısından kritiktir; zira saat, başlangıçta yalnızca doğru zamana ayarlanmışsa, doğru zamanı gösterecektir.

başka diğer pek çok yolu takip edebilmesi muhtemel bir sürecin, eşi olmayan bir tarihi sürecin sonucudurlar. Evrim katlanmış bir şeyin açılması değil, geçmişe bağımlı olan ve olasılıklar uzayından geçilerek yapılan bir dolaşmadır. Geçmişe bağımlılığın bir kısmı, yaşamın evrimleştiği fiziksel koşulların da geçmişe bağımlı olmuş olmasından kaynaklanır, fakat evrimdeki belirsizliğin çoğu, dış koşullar değişmeden kalsa bile, çoklu olası yolların varolması nedeniyledir. Türler arasındaki her farkın, onlar üzerine işleyen farklı seçici güçlerin bir sonucu olması gerektiği, organizmaların özelliklerine uyumsal açıklamalar getiren evrimcilerin bir önyargısıdır. Bununla birlikte, *Moraba* kromozom değişkenliklerini gösteren basit durumda bu doğru değildir. Dokuz genotip arasındaki uyum farklılıkları değişmeyen sabitlerdir ve yol 2'yi izleyen bir popülasyon ile yol 4'ü izleyen biri arasında farklılık göstermezler. Ancak ortaya çıkan ürünler son derece farklıdırlar. Aynı seçici koşullara maruz kalan popülasyonlar oldukça farklı evrimsel son-noktalara ulaşabilmektedirler ve böylece, iki türün farklı olması, uyumsal biçimde farklılaşmış olmalarının *prima facie* kanıtı değildir. Yakın tür gruplarının, aynı temel özelliğin çok sayıda değişken biçimlerine sahip oldukları, ancak her biçime özgü bir seçilim hikâyesi sağlamanın herhangi bir yolunun bulunmadığı pek çok örnek vardır.

Örneğin, kerotopsiyen dinozorların başlarının üzerinde -modern gergedanlarınkine çok benze-



Şekil 3.2. Farklı boynuz ve fırfır büyüklüklerini gösteren çeşitli keratopsiyen dinozor kafatasları.
Weishampel ve ark.'ın *The Dinosauria* adlı kitabından. © 1990, Regents of the University of California and the California University Press. İzinle kullanılmaktadır.

yen- kemiksi boynuzları vardı ve kafataslarının arka kısmının uzantıları büyük kemiksi bir fırfırlı yaka meydana getiriyordu (Şekil 3.2.). Bu kafatası süslerinin otobur olan keratopsiyenlerde, etobur avcıların saldırılarına karşı ya da kerotopsiyenlerin birbiri ile olan agresif çatışmalarında koruyucu cihazlar olarak iş gördüğünü düşünmek mantıklıdır. İzahı bu kadar kolay olmayan şey, boynuzların büyüklük ve sayısındaki ve kemiksi yakanın derecesindeki bir türden diğerine olan büyük değişkenliktir. Bu özelliklerin büyüklüğünü artırmak için genel zamansal bir eğilim bulunmuyordu ve küçük-boynuzlu kerotopsiyenler büyük-boynuzlu türler ile aynı zamanda yaşamaktaydılar. Bu durumun çağdaş eşleniği Afrika'da iki-boynuzlu gergedanların ve Hindistan'da tek-boynuzlu gergedanların varlığıdır. Afrika ortamındaki bir şeyin burun üstünde iki uzun narin boynuzu avantajlı kılarken, Hindistan'daki seçici koşulların tek, kısa ve küt boynuzu avantajlı kıldığı gibi bir tartışmayı gerçekten yapmak istiyor muyuz? En basit açıklama bunların, çekirgedeki durumda olduğu gibi, biraz farklı başlangıç genetik koşulları ile başlayan aynı seçici sürecin alternatif ürünleri olduğudur.

Seçilimle ortaya çıkan ürüne ilişkin belirsizlik, daha da temel olan bir süreçten, değişkenliğin kendisinin kökeninden kaynaklanır. Evrimin Darwin mekanizması, bazı genotiplerin frekansları artarken diğerlerinin frekanslarının azaldığı, varolan

genetik değişkenliğin seçilmesi işidir. Belirli bir özellik için seçilim, eğer popülasyonda o özellik yönünde bir miktar genetik değişkenlik bulunmuyorsa, gerçekleşemez. Doğal seçilimin bir omurgalıda onun dört ayağına ek olarak iki tane kanat oluşumu yönünde ilerleyeceği fikrini yürütmek yararsızdır; çünkü ilk segmentleşmeyi kontrol eden genlerde bu türden bir değişkenlik ortaya çıkmamıştır ya da çıkmışsa bile normal gelişimin ilerlemesine izin verecek bir türden olmamıştır.

Genetik değişkenlik mutasyon sürecine bağımlıdır ve mutasyonlar ender olaylardır. Her yeni bir DNA mutasyonu yaklaşık olarak 100 milyon gametten sadece birinde oluşur. Dahası, bir mutasyon tek bir yenidoğanda oluştuğunda, avantajlı bir mutasyon olsa bile, bir sonraki kuşakta temsil edilmeyecek olması pekâlâ mümkündür; çünkü onun tek taşıyıcısı, tesadüf eseri olarak, onu az sayıdaki yavrusuna geçiremeyebilir. Bir türün ortaya çıkışı, doğru türde bir mutasyonun oluşması ve seçici süreçte önemli olacak yeterli yükseklikte bir frekansa ulaşması arasındaki zaman, on milyon yıl civarında olan türün toplam hayatta kalış süresi ile aynıdır. Böylece, oluşmuş olsalardı seçilebilecek olan pek çok mutasyon asla gözlenememektedir. Bir tür gerçekte sahip olduğu değişkenlik ile yetinmek durumundadır.

Üstelik, bir türde oluşabilen mutasyonlar onun hali hazırdaki genetik durumu ile belirlenirler. Her mutasyon DNA'da tek bir yerine geçme olayıdır.

Mevcut DNA dizisinde seçici açıdan kullanışlı bir genetik değişiklik meydana getirmek bir tek mutasyonu değil, her biri tam olarak doğru çeşitten olan birkaç tanesini gerektirebilir. Omurgalıların dört kol-bacak uzuvlu hayvanlar olduğu düşünülürse, bacakları muhafaza ederken kanatlar eklemenin temeli olabilecek bir genetik değişikliğe ulaşmak için, kendi başına hiçbirinin kullanışlı olmadığı pek çok mutasyonun varlığı gerekebilir. Shakespeare'in *IV. Henry*'sinin birinci bölümünde gururlu Owen Glendower güçleriyle övünür: "Engin derinliklerden canavarları çağırabilirim." Hotspur cevaplar, "Ben de yapabilirim ve herhangi bir adam da. Fakat çağırdığında gelirler mi?" Seçilim çağırabilir, fakat cevaplayacak herhangi bir mutasyon olmayabilir.

Canlı organizmalar, orta büyüklükte olmalarının ve içsel heterojenlik göstermelerinin bir sonucu olarak, zayıf belirleyiciliğe sahip güçlerin bağlantılı bir toplamıdırlar. Gezegenlerin eliptik hareketlerini kütleleri, hızları, birbirlerinden ve güneşten olan uzaklıkları belirler. Büyüklük ölçeğinin öbür ucunda, atomların kimyasal ve fiziksel özellikleri, atomların yapıldığı elektron ve nükleonların sayılarının sonuçları olarak yer alır. İşlevsel açıdan homojen olan çok büyük ve çok küçük sistemlerin özellikleri ve hareketlerini, etkileşim gösteren az sayıdaki güç belirler ve bunların her biri düzeninden çıkarıldığında sistem üzerine önemli etkide bulunur. Böyle sistemlerin incelenmesi fizik biliminin modeli ola-

gelmiştir ve fizik ile kimyanın dünyaya ilişkin tahmin ve manipüle etmedeki engin başarısı, etkenlerin tekli olarak önemli nedensel etki oluşturmalarının bir sonucudur. Bilim adamları, manipüle edilebilen birkaç değişkenin sabit değerlerini yaratarak, sistemlerin davranışlarını etkin biçimde tekrarlayabilmektedirler. Son durum başlangıç değerlerindeki küçük farklılıklardan bazen büyük oranda etkilenebilir; ancak bu, nedenselliğin karmaşıklığından çok, bir ölçüm doğruluğu sorunudur. Böylece, Satürn'e insansız bir uzay aracı gönderilirken, kat edilecek uzaklık çok büyük olduğu için bir yarı-yol düzeltmesi gerekebilir, fakat çekim güçleri, momentum ve atalet, aracın yolunu kolaylıkla tahmin ve manipüle edilebilir hale getirmeye yeterlidir.

Biyolojinin sorunu, bilimin paradigması olarak kabul edilen fizik modelinin -kütle, hız ve uzaklık analogları organizmalar açısından var olmadığı için- uygulanamaz olmasıdır. Organizmalar orta büyüklüktedirler ve şekilleri kendilerine özgüdür. Dolayısıyla, onlara çok daha uygun olan, Newton'un *Principia*'sının boşluktaki idealize edilmiş sistemlerle uğraşan birinci kitabı değil, sürtünmeyi, suda yüzebilmeyi ve gerçek nesnelerin gerçek ortamlardaki hareketlerini tartışan ikinci kitabıdır. Organizmalar viskoz bir ortamda hareket ederler; sürtünmeden muzdariptirler; kütleçekimsel etkileşim için çok küçük ve birbirilerinden çok uzaktadırlar; çarpışmaları elastik değildir; şekilleri, kütle-

leri ve ağırlık merkezleri değişim içindedir; suda yaşıyorlarsa yüzüyorlardır; izledikleri rotalar dışsal ve içsel kuvvetler tarafından sürekli etkilenmektedir. Yaşayan bir nesnenin özelliği dışsal saiklere tepki vermesidir, edilginlik içinde onlar tarafından itilmesi değil. Bir organizmanın yaşamında sürekli biçimde yarı-yol düzeltmeleri bulunur.

Organizmalar aynı zamanda içsel olarak son derece heterojendirler. Durumları ve hareketleri birbiriyle kesişen pek çok nedensel yolun sonuçlarıdır ve bu yollardan herhangi birindeki normal değişimin son ürünü güçlü biçimde etkilemesi olağan bir durum değildir. Hasta olmak tam olarak tek bir nedensel zincirin etkisi altına girmek demektir. Birinin onun tüm eylemlerini yönlendiren bir *idée fixe**'e kapılması ya da ayrım yapmaksızın başkaları tarafından yapılan tüm davranışların düşmanca olduğuna kendini ikna etmesi bir zihinsel hastalık biçimidir. İşleyişi bozulmuş bir karaciğer ya da böbreğin ya da büyüyen bir tümörün kurbanı olmak, hatta yaşamı tehdit etmeyen bir solunum enfeksiyonundan muzdarip bulunmak, tek bir normal dışı fizyolojik elementin etkisinde olmak demektir. Aslında, *normalliği,* herhangi tek bir nedensel yolun organizmayı kontrol etmediği durum olarak tanımlayabiliriz.

Normal durumlarında her biri zayıf bireysel etkiler yapan nedensel zincirlerin çok katmanlılığı, yaşam süreçlerini anlama uğraşısı açısından özel

* Sabit fikir. (ç.n.)

bir güçlüğü ifade eder. Nedenleri anlama uğraşılarının hepsi, değişkenliklerin gözlenmesiyle kaçınılmaz olarak ilgili olmak durumundadır. Varsayılan neden ve onun sonucunun birlikte değişkenlik gösterdiği gözlenemiyorsa, bir nedeni bir sonuca bağlamak olanaksızdır. Örneğin, genetikteki standart analiz yönteminde, gen mutasyonlarının yarattığı gelişimsel ve fizyolojik değişkenlikler kullanılarak genlere nedensel roller atfedilir. Değişkenliğin irdelenmesi için açık olan iki alternatif yol vardır. Biri, sistemleri doğal durumlarında izlemek ve durumlarının değişik özellikleri arasındaki korelasyonları gözlemlemektir. Bu aslında, modern gökcisimleri mekaniğinin kurucuları Galileo, Kepler ve Newton tarafından kullanılan yöntemdir. Kepler Yasaları gezegenlerin yasa-benzeri davranışları hakkında, farklı gezegenlerin yörüngelerindeki farklılıklardan türetilen genellemelerdir ve bu, evreni, her şeye rağmen, buldukları gibi almak durumunda olan modern kozmologların kullandığı ana teknik olarak varlığını devam ettirmektedir.

Bu, biyolog açısından, doğa tarihinin karşılaştırmalı yöntemi anlamına gelir. Yakın akraba olan sıcakkanlı hayvanların, sıcak bölgelere oranla soğuk bölgelerde daha büyük vücutlu olduğunu söyleyen Bergmann Kuralı gibi, sağlam ilişkilerden çok sadece eğilimlerin ifadeleri olan, değişkenliğe ilişkin ünlü "yasalar" ya da "kurallar"ın kaynağıdır. Önerilen nedensel açıklama, yüzey alanının hacime

oranının büyüklük arttıkça küçüldüğü, vücut ısısının korunmasının çok soğuk bölgelerde yaşayan hayvanlar için sorun oluşturduğu ve böylece bağıl yüzey alanının küçülmesinin daha iyi olacağıdır. Büyük hayvanlar, düşük metabolik hıza sahip olduklarından küçüklere oranla genellikle daha uzun yaşarlar; fakat bu her zaman böyle değildir. Türler dağılım merkezlerinin yakınındaki coğrafi bölgede daha değişken olma eğilimindedirler, ancak bu durumun pek çok istisnası bulunur. Biyolojide, gözlenen doğal değişkenlikten yola çıkılarak sadece korelasyon temelinde kurulan bu tür kuralların sayısı çok fazla değildir ve genel eğilimler gözlendiğinde, eldeki tüm verinin genelleme yapılırken emilip tüketilmesi yüzünden, nedensel açıklamaları kesin olarak sınamak kolay değildir.

Doğal gözlemlerden Keplervari düzenlilikler bulup çıkarmadaki başarısızlık, çoklu nedensel yollar bulunmasının sonuçlarından biridir. Öne sürülen nedenler genellikle *ceteris paribus*'tur, ancak biyolojide diğer bütün şeyler hemen hiçbir zaman eşit olmaz. Organizmalar arasında gözlenen, nedenlere ilişkin doğal farklılıklar, tek başına etkin nedenlere ait doğal değişkenlik göz önüne alındığında, yeterli düzenliliğe genellikle sahip değildirler; çünkü, tek başına etkin nedensel olarak birbirine bağlı bu değişkenlerin her biri, etkinlik açısından, diğer çok sayıdaki değişkenlerin etkisini bastıramayacak oranda zayıftır. Sonuç olarak biyolog-

lar, diğer bilimciler gibi, iyi hesaplanmış düzensizliklerin kullanıldığı deneylere başvururlar. Bununla birlikte, bu tür deneylerde, basit fiziksel sistemlerin incelendiği durumun tersine, ciddi bir ölçekleme etkisi vardır. Eğer normal bir organizma çok sayıdaki zayıf etkili güçten ibaret bir birlik ise, o halde, güvenilebilir bir neden göstermek için tek bir nedensel sapma ile yeterli biçimde düzensizleştirilen deneysel organizma, anormal bir organizmadır. Biyolojinin her iki durumda da sorunu, anormal orandaki büyük deneysel düzensizliklerin, daha küçük orandaki doğal farklılıkların nedenlerini gerçekten ortaya koyup koyamadığıdır.

Bu sorun genetikte ağır ve ciddidir. *Drosophila*'da homeobox genlerindeki etkisi ağır bir mutasyon, bu genin böcekteki kanatların gelişiminde merkezi bir rol oynadığını belirgin biçimde ortaya koyar. Ama bu, böyle bir değişkenliğin gerçekte homeobox genlerinin DNA dizisindeki küçük ölçekli değişikliklerle ilişkili olduğu ve önemli diğer değişkenlik kaynaklarının var olmadığı gösterilmeden, kanat büyüklüğündeki normal değişkenliği açıklamaz. Homeobox genlerinin DNA dizisindeki değişikliklerin, kanat büyüklüğündeki doğal değişkenliğin bir bölümünü gerçekten de açıkladığı yönünde artık kanıt bulunmasına karşın, bunların farklı *Drosophila* popülasyonlarındaki değişkenliğin çoğunu ya da tamamını açıkladığı saptansaydı, bu şaşırtıcı olurdu.

Normal morfolojik değişkenliğin genetik nedenlerini keşfetmekte bir zamanlar kullanılan önemli bir teknik, seçilim deneyiydi. Bu yöntemde, üreyen iki organizma soyu meydana getirilir; birinde, en büyük ölçüme sahip bireyler, diyelim ki bu en uzun kanatlılar olsun, izleyen her kuşağın anne ve babasını oluşturur. Bir diğerinde ise en kısa kanatlı bireyler anne ve babadır. Yeterli sayıda kuşak geçmesinin ardından "yüksek" soy ve "düşük" soy, kanat büyüklüğü açısından oldukça farklı olacaktır. Bunlar, daha sonra, bu iki soyu farklılaştıran genlerin kromozomlarda nerede bulunduklarını saptamak üzere, değişik özellikteki özel genetik stoklarla çaprazlanır. Bu genler "kanat büyüklüğü genleri"dir. Bu tür deneylerin yaygın bir karakteri, bağımsız deneylerde tekrarlandıklarında, "kanat büyüklüğü genleri"nin her deneyde farklı kromozom bölgelerinde ortaya çıkıyor olmasıydı.

Bu deneylerin çağdaş eşleniği, şizofreni ya da bipolar sendrom gibi zihinsel durumların genlerinin yerini, bu fenotiplerin soy ağaçlarında bilinen kromozom işaretleriyle birlikte iletildiği biçimi gözleyerek saptama çabasıdır. Sonuçlar aynı şekilde tutarsızdır. Büyük aile soy ağacının birinde "bipolar sendrom geni" belirgin olarak bir kromozoma yerleştirilirken, bir başka ailede farklı bir kromozomda ortaya çıkacaktır. Gözlemlerle ilişkili deneysel ve istatistiksel sorunlar bir yana, karakterin eksik tanımı ve merkezi sinir sisteminin oluşumuna kat-

kıda bulunması gereken çoklu genetik yollar göz önüne alındığında, bu açık tutarsızlık tamamen anlaşılır bir şeydir. Deneysel olarak yaratılan ya da doğal olarak meydana gelen mutasyonların kötü tesadüfü ile oluşturulan, tek başına ve ağır etkili genetik değişimlerin, doğada gördüğümüz normal değişkenliğin çoğunu, hatta herhangi birini özel durumlarda açıklayabileceğini beklememeliyiz.

Genetik düzensizlikler açısından doğru olan, kimyasal, sıcaklığa ilişkin ya da başka herhangi bir dışsal değişiklik açısından da doğrudur. Normal durumlarında organizmalar, homeostatik düzenlenim mekanizmaları ile pek çok içsel ve dışsal değişikliğe karşı tamponlanırlar. Kalp atım hızı, kan şeker düzeyi, hormon düzeyleri, kan damarları ve deri yüzeyi kaslarının gevşemesi ve kasılmasındaki değişikliklerle, memelilerde vücut sıcaklığının kontrol edilmesi iyi bilinen bir örnektir. Bir başka örnek, hücrelerin içinde yer alan, düzensizlik yaratma eğiliminde olan genetik ve çevresel etkenlerin varlığı karşısında, onların bölünme zamanlarını ve metabolik hızlarını dar sınırlar içinde tutan, sabit bir gelişimsel örüntü yaratan geri besleme mekanizmalarıdır. Ama bütün bu homeostatik mekanizmalar, düzensizliğin belirli sınırları içinde iş görür ve eğer düzensizlik fazla büyük ise, organizma buna karşı bir yanıt verecektir. Görece kısa süreli bir donma ya da aşırı sıcak bir su içinde tutulmanın ardından vücut sıcaklığının kontrolü kaybolur. Aynı

sınırlama, gelişimsel düzenleme için de söz konusudur. Bütün normal *Drosophila*'ların sırtlarında dört büyük kıl, *scutellar* kıllar yer alır. Etkisi ağır olan bir mutasyon sineğin genomunda yaratılırsa, scutellar kıl sayısı azalır, fakat bireyler arasında önemli oranda değişkenlik ortaya çıkar; kiminde hiç kıl yoktur, kiminin bir tane, kiminin iki tane vardır. Seçilim deneyleri, bu değişkenliğin büyük oranda, normal sineklerde zaten var olan genetik farklılıkların sonucu olduğunu, fakat bunların gelişimsel sistem ağır etkili mutasyonla ciddi biçimde strese sokulmadan gözlenemediğini göstermiştir. Gelişim, izlediği normal yoldan düzensizlik yaratan başka güçler tarafından saptırılmamış ise, genlerdeki bu değişkenliğin herhangi bir gelişimsel etkisinden söz edilemez.

Sınırlı biçimde çalışan homeostatik mekanizmaların varlığı, biyolojik sistemlerin nedensel değişkenliklerin etkimesi açısından eşiklere sahip oldukları anlamına gelir. Nedensel yollar boyunca oluşan küçük ölçekli doğal değişimler etkisiz kalacakken, aşırı ölçekteki deneysel müdahaleler organizmayı kendi normal işlerliği ile ilgisiz koşullara götürecektir. Evrimsel genetikçiler, doğal seçilimin türlerde gözlenen belirli genetik değişiklikleri birbirinden ayırt edip etmediğini bilmeyi çok isterler. Eğer durum bu ise, popülasyonların yapısında meydana getirilen değişimlerin, deneyi yapanın yaşamı boyunca gözleyemeyeceği oranda küçük olması he-

men hemen kesindir. Genotipler arasındaki fizyolojik farklılıklar uygun dışsal koşular yoluyla büyük oranda şişirilebilir, ama bu bize doğadaki bir popülasyonun genetik yapısı hakkında ne söyleyecektir?

Deneysel biyolojinin büyük ölçekli düzensizlikler yaratarak bir ya da az sayıdaki nedeni manipüle etmekle sınırlandırılmasının, biyologların önerdiği açıklamalar üzerine derin etkileri olmuştur. Deneylerin metodolojik sınırlamaları ile olguların doğru izahları birbirine karıştırılmaktadır. Genlerin organizmaları belirlediği iddiasının sürekli tekrarlanması, büyük ölçekli genetik değişimlerin deneylerde meydana getirilebilmesi ve bu değişimlerin denekler üzerinde büyük ölçekli etkiler yaratabilmesi kolaylığının bir sonucudur. Üstelik, sadece yöntemin işlediği olgular göz önüne alınmaktadır. Gelişim genetikçileri, hayvanların ön ve arka uçlarının farklılaşması ve aradaki belli başlı vücut segmentlerinin oluşumu hakkında sorular sorarlar zira bu süreci değiştiren tek başına etkin, büyük ölçekli gen bozuklukları bulunabilmektedir. Farklı bireylerin, hatta farklı türlere ait bireylerin, farklı büyüklükte kafalara ve bacaklara neden sahip oldukları sorusunu nasıl soracaklarını bilmiyorlar. Bu nedenle de asla sormuyorlar.

Klasik makine modelinin biyolojideki bir diğer başarısızlığı, nedenleri sonuçlardan ayırmanın bazı güçlüklerinden kaynaklanır. Geri besleme ilmekle-

ri kavramı, sibernetik ve kontrol teorisinin gelişiminin bir sonucu olarak, fiziksel sistemlerin ele alınış biçimlerine artık güçlü bir şekilde girmiş bulunmaktadır. Bağlantılı bir sistemin bir parçasındaki düzensizliğin bir başka parçaya olan etkinin nedeni olabileceği, ardından bunun ilk parçada bir değişime yol açabileceği fikrine alışkınız. Bu açıklama biçimi, hücresel fizyoloji ve metabolizmanın çoğunda, gelişimin erken dönemlerine ilişkin genetik modellerin bazılarında ve nörobiyoloji ile genel fizyolojinin bakış açılarında bir kural haline gelmiştir. Biyolojide böyle bir izahın karşılık geldiği alan, tam da eski basit makine mecazının bir zamanlar çoğunlukla uygulandığı alandır. Artık hücre ya da vücut, dişli ve manivelaların bir toplamı olarak görülmemektedir. Bunun yerine, geri beslemenin kararlı durumlar, hızlar ve akış zamanlarını devam ettirmesine olanak tanındığı, birbirini sinyalleyen yollardan oluşan bir sistem olarak görülmektedir. Her zaman bir model vardır. Bir zamanlar saatti; şimdi ise bir servomotordur.

"Düzenleme" işlevsel biyolojideki en yaygın sözcüklerden biridir. Bununla birlikte, biyolojinin diğer dallarında, özellikle ekoloji ve evrimde, sisteme model sağlayan basit bir elektro-mekanik çerçeve bulunmaz. Sonuç olarak, eskinin makine mecazının soyut karakteristikleri, neden ve sonuçları anlama işine egemen olmayı sürdürmektedir. II. Bölüm'de, organizmanın çözmesi gereken "sorunlar" dikte

eden bir dış gücün, önceden var olan bir çevrenin, ve "sorunlar"a karşı organizmanın "çözümler"ini üreten içsel değişkenlik güçlerinin olduğu bir dünya modelini tartışmıştım. Organizmalar dünyadaki özerk dışsal değişimlerin haritasını çıkarırlar. Böylesi bir görüşte dışsal çevre neden, organizmanın evrimleşmiş morfoloji, fizyoloji ve davranışı sonuç, doğal seçilim ise özerk dışsal nedenin sonuca dönüştürüldüğü mekanizma anlamına gelir. Fakat, II. Bölüm'de gösterdiğim gibi, bu tek yönlü neden-sonuç çerçevesi, organizmalar ve çevreleri arasındaki ilişkiye dair gerçeği yakalamaz. Organizmalardaki ilk plandaki değişimlerin, verili bir ilk plandaki çevrede işleyen doğal seçilimin sonuçları olması gibi, bu değişimlerin kendileri de o çevredeki değişimlerin nedenleri olurlar. I. Bölüm'de bir organizmanın genlerinde kodlanmadığını, çünkü gelişimin meydana geldiği çevrenin hesaba katılması gerektiğini tartışmıştım. Fakat II. Bölüm'ün argümanı, çelişkili biçimde, organizmanın etkinliklerinin çevreyi inşa ettiğini söyleyerek, *çevre*nin organizmaların genlerinde kodlandığını ima etmektedir.

Bütün olarak ele alırsak, genler, organizmalar ve çevrelerin ilişkileri, bu tüm üç elementin hem nedenler hem de sonuçlar olduğu karşılıklı ilişkilerdir. Genler ve çevrenin her ikisi de organizmaların nedenleridir ve bunlar da sırayla çevrelerin nedenleri olurlar; böylece genler organizma yoluyla çevrelerin nedenleri haline gelir.

Klasik evrimleşme çerçevesi bir çift diferansiyel eşitliğin zamana bağımlı biçimiyle formel olarak ifade edilebilir:

(1) $dÇ/dt = f(Ç)$
(2) $dO/dt = g(O,Ç)$

Eşitlik (1), geçen zaman boyunca, tamamen çevresel değişkenlerin bir fonksiyonu olan bir çevresel değişimi ifade eder ve eşitlik (2), organizmadaki değişimin organizmanın hem mevcut halinin hem de çevrenin bir fonksiyonu olduğunu söyler. Eşitlik (1) yalnızca çevrenin bir fonksiyonu olduğundan, çevrenin zamansal tarihinin tamamını verecek biçimde çözülebilir. Bu çözüm, eşitlik (2)'de yerine konduğunda ise, organizmanın evrimsel tarihini tamamen özerk bir çevre tarafından belirlenen biçimiyle verecektir. Gerçek durumda ise, buna karşın, evrimleşme bir çift birleşmiş diferansiyel eşitlikten ibarettir:

(3) $dÇ/dt = f(O,Ç)$
(4) $dO/dt = g(O,Ç)$

Ve böylece, hem çevrenin hem de organizmanın tarihi, hem çevrenin hem de organizmanın fonksiyonu olur. Eşitlikler, her ikisinin de hem nedenler hem de sonuçlar olarak davrandıkları, çevre ve organizmanın *birlikte evrimleşmesini* tanımlayan birleşmiş bir çift olarak, birlikte çözülmelidir.

Nedenler hakkında, biyolojik sistemlerdeki çoklu nedensel yollardan ve onların işlevsel olarak koordine olmuş sistemler biçimindeki maddi yapılarından kaynaklanan, son bir mesele daha bulunmaktadır. Bu, *nedenler* ve *aracı durumlar* arasındaki ayırımdır. Nedenler ve aracı durumların birbirine karıştırılması tıp biliminden başka hiçbir yerde daha bariz değildir. Endüstriyel toplumlarda başlıcaları kalp hastalığı, felç ve kanser olan ölüm nedenlerinden konuşmak yaygındır. Önlenebilecekleri ya da insanların bunlardan ölmeleri önlenecek oranda iyileştirilebilmeleri umuduyla, bu hastalıkların mekanizmalarını bulmak için büyük çaba sarf edilmektedir. Ama varsayalım ki kardiyovasküler hastalığın ve kanserin bütün biçimleri başarıyla tedavi edilebilsin ya da önlenebilsin. Bu ölmeyeceğimiz anlamına gelir mi?

Alışılmış nedensel analizde, temel ve yeterli nedenler arasında ayırım yaparız. Eğer bir şey bir sonucun temel nedeni ise, nedenden sakınırsak sonuçtan da sakınmış oluruz. Bunun tersine, yeterli bir nedeni sonucu önlemeden eleyebiliriz, çünkü bir başka neden onun yerini alabilir. Fakat yeterli neden ortada varsa, sonuç kaçınılmaz biçimde ondan kaynaklanacaktır. Bununla birlikte bu basit analizde, kardiyovasküler hastalık ve kanser ölümün ne temel ne de yeterli nedenleridir. Bu hastalıklardan birine sahip olmak birinin bunlardan öleceğini garantilemez, bu hastalıklardan bağışık ol-

mak da ölümsüzlüğü sağlamaz. Onlar ölümün temel ya da yeterli nedenleri değildir. En yakın ölüm nedenleri alternatiflerini oluşturan büyük bir nedenler grubundan yalnızca ikisidir. Bu alternatiflerin herhangi birinden sakınmak olanaklıdır; ancak hepsinden sakınmak mümkün değildir. Nedenlerden bir tanesinden ölüm söz konusu olmazsa, bir başkasından olabilir.

Fakat durum niye böyle olsun ki? Eğer bu ölüm nedenleri işlevsel anlamda birbirinden bağımsızsa, o zaman bunların hepsinden sakınabilmenin mümkün olması gerekir ve gerçekte tıbbın iddiaları, açıkça söylemeksizin, bu olasılığı ifade eder. Tıp bilimcileri hastalığı tedavi ederek ölümü "önlemek"ten söz ederler; ancak kanıtlar gösterir ki ölüm önlenemez, en iyisinden ertelenebilir. Daha sı erteleme, fizyoloji, hücre biyolojisi ve tıptaki son elli yıllık ilerleme boyunca kimi zaman iddia edildiği oranda etkili olmamıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bir erkeğin doğumdaki yaşama beklentisi 1947'den bu yana yedi yıl artmıştır. Ancak bu, insanlar daha ileri yaşlara kadar yaşadıklarından dolayı değildir. Ömür uzunluğu artmamıştır ve yetmiş yaşında bir beyaz erkek olan bu kitabın yazarı için, beklenen daha fazla yaşama yılı sayısı yalnızca iki yıl kadar artmıştır. Öyle anlaşılıyor ki, ölümün en yakın nedenlerinin üstesinden gelinebilmesine karşın, ölümün kendisinden sakınılamıyor.

Yani, "aracı durumlar" şeklinde düşünülmesi daha yerinde olan bireysel durumlardan farklı biçimde, bir olgu olarak ölümün bir nedeni olmalıdır. Aracı durumlar, farklı yollarla olsa bile, her zaman işler durumda bir neden olan kimi esas nedenin etkinleştiği, alternatif yollardır. Aracı durumlardan biriyle etkinleşmeyen neden, bir başkası aracılığıyla etkinleşmek durumundadır. Bu şekilde bakıldığında, ölümün nedeni, canlı organizmaların, birbiriyle bağlantılı inşa edilmiş fiziksel parçalardan yapılı, salt termodinamik nedenlerden ötürü sonunda aşınıp işlevi bozulan elektro-mekanik cihazlar olmasıdır. Farklı parçalar farklı bireylerde farklı zamanlarda aşınır ve bazı parçalar diğerlerine göre bozulmaya daha yatkındır ya da işlevsel bağlantı noktasında daha kritik bir yerde bulunmaktadır. Arabam eninde sonunda hurdalığa gidecektir, çünkü ya motor ya transmisyon ya da elektrik sistemi aşınma ve bozunmadan dolayı bozulacaktır. Elbette ki her parçayı defalarca değiştirerek onu sonsuza dek elimde tutabilirim, fakat her parça değişiminden sonra aynı araba olacağı şüphe götürürdü. Vermont kırsalında yaşayan ve ailesinde 150 yıllık bir balta olduğunu söyleyen bir adama dair bir hikâye vardır. Bunun nasıl olduğu sorulduğunda, ailesinin yedi yeni sap ve üç yeni baş sağlayarak onu çok iyi koruduğunu söylemekteydi.

Nedenler ve aracı durumlar arasındaki ayrımın, insani olaylara müdahale etmek için yapılan eylem-

ler üzerine önemli etkileri olabilmektedir. On dokuzuncu yüzyılda Avrupa'daki başlıca ölüm "nedenleri" kardiyovasküler hastalık ya da kanser değil, bulaşıcı hastalıklardı. Ölüm istatistikleri en önemli öldürücülerin difteri, çiçek hastalığı, verem, bronşit, zatürree ve çocuklarda kızamık olduğunu göstermektedir. 1800'lerde, bu ölüm kaynaklarının ilk sistematik kaydının yapıldığı dönemde, bu hastalıklardan ölme oranları düşmekteydi ve Birinci Dünya Savaşı'na gelindiğinde düşüşün yüzde 90'ı zaten gerçekleşmiş durumdaydı. Bu çarpıcı değişimin sebebi neydi? Patojenlerin keşfinden ötürü değildi; zira hastalığın germ teorisinin 1876'da Robert Koch tarafından ileri sürülmesinin, ölüm oranları üzerine herhangi bir hissedilir etkisi olmamıştı. Modern ilaç tedavisinin uygulanmaya başlaması da değildi; zira bu "nedenler"e dayanan ölümlerin oranlarındaki düşüşün yüzde 90'dan 95'e olan kısmı, İkinci Dünya Savaşı'nın ardından antibiyotiklerin uygulanmaya başlandığı dönemde, zaten gerçekleşmişti. Temizlik koşullarındaki iyileştirmeler de değildi; zira asıl öldürücü olanlar, suyla değil, havayla bulaşan hastalıklardı. Değişim tamamıyla, hastalığın yayılmasını engellemek üzere hazırlanmış önlemlerden dolayı gerçekleşmiş de olamazdı. Kızamık on dokuzuncu yüzyıldaki başlıca ölümcül çocuk hastalığıydı. Fakat benim çocukluğumda, her çocuk yakalanmasına karşın, kimse kızamıktan ölmemekteydi.

Elimizdeki en makul açıklama, on dokuzuncu yüzyıl sırasında reel ücretlerde genel bir artış eğiliminin olması, Avrupa'da yaşayan halkların gıda alımlarının artması ve çalışılan saat miktarında bir düşüş olmasıdır. İnsanlar daha iyi beslendikçe, daha iyi ve temiz biçimde giyinebildikçe ve ağır çalışma koşullarını telafi etmek için daha fazla dinlenecek zaman buldukça, böylece daha az stresli bir fizyolojik durumda olan bedenleri, enfeksiyonun yarattığı ciddi sıkıntıları daha kolay atlatabilmekteydi. Böylece, hastalığa yakalanmalarına karşın, hayatta kalıyorlardı. Bulaşıcı hastalıklar ölüm sebepleri değil, ona katkıda bulunan aracılardı. Erken dönemlerde Avrupa'da ölüme yol açan nedenler, bugün Üçüncü Dünya'da hâlâ ölümlerin nedenleridir: Aşırı çalışma ve kötü beslenme. Bu izahtan çıkarılacak sonuç, Afrika'daki ölüm düzeyinin ağırlıklı olarak ilaç durumuna bağlı olmadığı, ancak, tıbbi bakımın konuyla ilgisi olmadığını söylemenin saçma olmasına karşın, uluslararası üretimin ve mübadelenin durumuna bağlı olduğudur.

Nedenler ve aracı durumlar arasındaki aynı tür ayrım, kirlenme sorunları ve atıkla başa çıkabilme açısından da geçerlidir. Popüler ve yasal bir eylem, işçileri zehirleyen ya da kaynakları tüketen, ya da parçalanamayan atıklar biriktiren bir endüstriyel işleme biçimini engellemede başarılı olduğunda, endüstri başka zehirlerin ya da atığın üretildiği ve başka kaynakların tüketildiği farklı bir işleme biçi-

mine kayar. Kâğıt yapımı ağaçları tüketir, toprak ve havaya sülfitleri zerk eder. Yerine plastiğin geçmesi petrolü tüketir ve parçalanamayan bir son ürün meydana getirir. Kömürün yerini petrol aldıkça, artık madenciler kömür madenlerinde akciğerlerinin kararmasından ölmemektedirler. Onun yerine, rafineri ürünlerinin yol açtığı kanserden ölmektedirler. Sülfitler, ormansızlaşmış dağ etekleri, parçalanamayan çöp yığınları, insanın yaşam koşullarının bozulmasının sebepleri değil, sadece aracılarıdırlar. Neden, endüstriyel kapitalizmin geliştirdiği ve endüstriyel sosyalizmin benimsediği anarşik bir üretim programının dar açılı rasyonelliğinde yatmaktadır. Bunda ve diğer her şeyde, nedenlerin ve aracı durumların birbirine karıştırılması, insan hayatına dair koşullar ile gerçekçi bir biçimde yüzleşmeyi engellemektedir.

IV. Bölüm

Biyoloji Araştırmalarında Tutulacak Yönler

Bu kitaptaki ilk bölümler açıkça olumsuz bir ton taşımaktadır. Bu ilk bölümler, canlıların incelenmesine dair indirgemeci bir yaklaşımla; biyolojiye ilişkin sorulara eksik yanıtlar formüle edilmesine, biyolojik süreçlerin temel özelliklerinin gözden kaçırılmasına ya da baştan yanlış soruların sorulmasına yol açan yönteme ilişkin açıklamalara ayrılmıştır. Eleştirmek kolay. Yapılması gereken tek şey, dünyanın karmaşık herhangi bir özelliği üstüne kafa patlatmaktır ve bunun hemen ardından şu ya da bu yaklaşımın niye yetersiz olduğu hemen açık hale gelir. Pratik açıdan, daha iyisini nasıl yapacağımızı ortaya koymak ise çok daha güç

bir iştir. Genel terimlerle daha sentetik bir yaklaşıma başvurmak ya da bir şekilde yeni bir bakışa ihtiyacımızı olduğu söylemek bir işe yaramaz.

Canlı sistemlerin karmaşıklıkları ile baş etmenin bir alternatif yolu, katı indirgemecilikten çıkıp zıt yöne gitmek ve dünyanın bütün halinde tek, analizi yapılamaz bir etkileşimler yapısına sahip olduğunu ve onun, esasını yok etmeden parçalarına ayrılamayacağını iddia etmektir. Ekoloji hareketinin bir kısmında bu tür holizmden bir miktar bulunur ve bu, biyosfer, atmosfer ve jeosferin "bu gezegen üzerindeki yaşam için optimal fiziki ve kimyasal çevreyi arayan bir geribildirim ya da sibergenetik sistemden oluşan bir bütünsellik" oluşturduğunu söyleyen "Gaia" hipotezinde en aşırı ifadesine ulaşır.* Ancak aşırı holizm bir biyoloji programı olarak iki nedenden ötürü başarısızdır. Birincisi, her şeyin her şey ile güçlü biçimde bağlantılı olduğu doğru olsaydı bile bunun, bir şekilde parçalara ayırdığımızda dünyayı anlama ya da manipüle etmede hiçbir şekilde başarılı olunamayacağı biçimindeki metodolojik iddia ile birbirine karıştırılmaması gerekir. Böylesi sert bir metodolojik iddianın yanlışlığını tarihten gelen tecrübe dolayısıyla biliyoruz. İndirgemeciliğin hatası ne olursa olsun, indirgemeyi metodolojik bir strateji olarak kullanmakla büyük işler başardık. İkincisi, dünyanın bir tasviri olarak holistik iddia yanlıştır.

* J. Lovelock, *Gaia* (New York: Oxford University Press, 1987), s. 11.

Her şey etkin bir biçimde her şeyle bağlantılı değildir. Yerçekimsel düzensizlikler gerçekten de tanımlanamayacak uzaklıktaki noktalara yayılırlar; ancak, yerçekimi nesneler arasındaki uzaklığın karesi ile azalan bir zayıf güç olduğundan, bir yıldıza sorun çıkarmadan bir çiçeği sallamak hâlâ mümkündür. Dünya, içlerinde etkin etkileşimlerin geçekleştiği ama aralarında açıkça görülebilir ilişkilerin bulunmadığı, hemen hemen bağımsız alt sistemlere bölünmüştür.

Bilimin sorunsalı bu alt sistemler arasındaki sınırları bulmaktır. Söz konusu olan, tek bir türün ortadan kalkmasının etkilerinin canlı dünyasının tamamına yayılacak olması değil, o türün yok olmasının, besin için ona bağımlı durumdaki diğer başka türler üzerine kesinlikle önemli bir etkisinin olacağıdır. Dahası, içlerinde önemli etkileşimlerin gerçekleştiği alt sistemler arasındaki sınırlar koşullara göre değişirler. Sol serçe parmağımın ucunu yitirmem hayatımı önemli oranda değiştirmezdi; ama bir konser piyanisti olsaydım durum tamamen farklı olurdu. Primatlarda daima serçe parmağın var olması -karasal omurgalılar arasında dijit örüntüsü açısından büyük bir değişkenlik bulunmakla birlikte- bu dijitin insan evriminin erken dönemlerinde önemli olmuş olan etkin tutma-kavrama birimine dahil edildiğine kesin biçimde işaret eder. Etkin alt sistem sınırlarının belirgin hale getirilmesi, biyolog için tüm koşullarda gerçekleştirilecek baş-

lıca bir pratik görevdir. Dünyanın bir tasviri olarak gerici holizm hem verimsiz hem de yanlıştır.

Bir diğer alternatif, biyolojik olgu çeşitliliğinin özel durumlar olarak belireceği genel açıklama sistemleri aramaktır. Geçen son otuz beş yılda, biyolojik olguları, zamanla değişen sistemlerin son derece genel özelliklerinin zırhı altına almak amacıyla üç girişimde bulunuldu. Bunlar Üç K'lardır: Katastrofi teorisi, kaos teorisi ve karmaşıklık teorisi. Bütün bunlar, dinamik sistemlerdeki son derece basit ilişkilerin, ilk bakışta tahmin edilemez değişimler ve sıra dışı bir sonuç çeşitliliği olarak gözüken duruma yol açacağını gösterme girişimleridir.

1960'larda matematikçi René Thom tarafından geliştirilen katastrofi teorisi, oldukça basit matematiksel yasalar çerçevesinde zamanla değişen bazı sistemlerde, gözlenen değişimlerin var olan halin bir önceki andaki sürekli ve tedrici bozunumları olabileceğini, fakat kritik bir noktada sistemin tüm biçiminin "katastrofik" bir değişim geçireceğini ve gelişimine tamamen yeni bir yolda devam edeceğini gösterir. Klasik örnek kırılan dalgadır: Bir kabarma, biçimin sürekli bir bozunumu ile derin bir dışbükey eğri haline gelir ve sonra bunun tüp gibi olan yapısı, çökmenin olduğu kritik bir noktada aniden yitirilir. Hemen akla gelen biyolojik analoji, bir embriyonun gelişimi sırasında gerçekleşen karmaşık biçim değişimidir. Belki de, doku açılmaları, kaymaları, ayrılmaları ve kaynaşmalarının, basit

bir değişim yasasının kesintisiz olarak kendini göstermesi olduğu keşfedilebilir. Katastrofi teorisinin biyolojideki uygulayıcıları, onun, diğer şeylerle birlikte, türlerin yok olmasına açıklama getireceğini umuyorlardı. Şimdiye dek yaşamış olan tüm türlerin yüzde birinin yüzde birinden daha az sayıdaki tür, halen hayattadır ve bütün türler sonunda yok olurlar. Katastrofi teorisinin bir beklentisi, yok oluşun, türün ilk andaki dağılımını sağlayan aynı demografik ve ekolojik yasaların basit bir sonucu olduğunu göstermekti. Ancak biyolojide şu an bu teoriden hiç iz kalmamıştır ve gerçekten de "katastrofik" dışsal olaylar, meteor çarpmaları, türlerin ortadan kalkışının önemli bir bölümünden muhtemelen sorumlu olmuşlardır.

1980'lerde kaos teorisi meteorolojide geliştirildi; bunun amacı, bazı çok basit dinamik sistemlerin, belirli parametreler açısından denge durumuna geçebileceğini ya da düzenli gel-gitler gösterebileceğini, fakat kimi diğer parametreler için de tamamen rasgele olarak gözüken bir biçimde, bir durumdan diğerine geçeceğini göstermekti. Bu açıkça rasgele olan durum değişimleri, bununla birlikte, sistemin hareketine ilişkin basit eşitliklerden eksiksiz biçimde tahmin edilebilmektedir. Böylece, belirsizliğin ve değişkenliğin hâkim olduğu dünya, önemsiz, basit bir eşitliğin gerçekten de determinist çözümü haline gelir ve eğer sadece eşitliği ve parametrelerin alacağı değerleri bilseydik sistemin tüm tarihini tahmin

edebilirdik. Ekologlar, türlerin bolluğunda oluşan ve rasgele görünen değişimleri açıklama biçimi olarak, zaman içinde kaotik davranış sergileyen basit popülasyon büyüme modelleri geliştirmişlerdir. Böylece, New England'da zaman zaman ve önceden tahmin edilemeyen biçimde ortaya çıkan devasa çingene güvesi popülasyon patlamalarını açıklamak için, çevrenin özel koşullarını ya da diğer türlerin bolluklarını göz önüne almak gerekmeyecektir. Bunlar, basit bir deterministik sürecin görünürde kaotik olan ürünüdürler. Salt spekülasyon ve basit popülasyon modellerinden çıkan parametre türlerinin duruma uydurulmuş düzeltimleri bir kenara bırakılırsa, kaos teorisi, doğada işlerin nasıl yürüdüğünü anlamamıza yardımcı olmamıştır; zira, eğer varsalar popülasyon büyüme "yasaları"nı nasıl keşfedeceğimizi bilmiyoruz. Kaotik durumları tahmin edebilen basitleştirilmiş popülasyon büyüme modelleri ortaya koymakla, kendimizi popülasyon sayılarındaki zamansal değişkenliğin diğer nedenlerini de araştıracak herhangi bir programdan uzaklaştırmaktayız. Çingene güveleri zaman zaman, açıklanamayan patlamalar mı gösteriyorlar? İyi de ne bekliyordunuz ki? Şöyle ya da böyle, kaotik popülasyon büyümesine maruz kalıyorlar tabii.

Biyolojik olguları anlama mücadelesinin en son cephesi, karmaşık sistemlerin çok sayıdaki parça arasındaki etkileşimlerin çokluğundan köken alan özel yasaları olduğu yönündeki beklentiye, yani

karmaşıklığın kendi yasalarına* dayanır. Bu karmaşık-bütün yasaları, canlı sistemlerin elemanları arasındaki, organik olmayan fiziki ilişkilerden farklı biçimde gerçekleşen yeni etkileşim biçimlerinden değil, temel nitelikte olan ve etkileşen parçaların salt sayısından dolayı ortaya çıkar. Böylece, bir organizmanın kimi özelliğinin gelişimiyle ilişkili pek çok gen varsa ve bu genlerin transkripsiyonu basit "açma-kapama" sinyallerinden oluşan çoklu yollardan yapılı bir ağ ile birbiri ile bağlantılı ise, birtakım gelişim yasaları ortaya çıkacaktır. Karmaşıklığa ilişkin bu yaklaşımın biyoloji problemlerini aydınlatıp aydınlatmayacağı ileride görülecek. Şu an elimizde, sadece spekülasyondan oluşan bir girişim var.

Biyolojinin anlama ve manipüle etmeye dair programını gerçekleştirmek için ihtiyacı olan şey, organizmaları incelemenin radikal biçimde farklı yollarını ya da canlılarda kendini gösterecek yeni doğa yasalarını aramak yerine, halihazırda doğru olduğunu bildiğimiz şeyleri ciddiye almasıdır. İhtiyacımız olan yeni ilkeler değildir. İhtiyacımız olan; biyolojik sistemlerin, fiziki ilişkiler uzayının daha basit fiziko-kimyasal sistemlerinkine göre farklı bir bölgesini işgal ettiğini, bu bölgede nesnelerin öncelikle oldukça büyük bir içsel fiziki ve kimyasal heterojenlikle ve sonra da, nesnelerin içsel süreçleri

* Örneğin bkz. S. Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-organization and Complexity* (New York: Oxford University Press, 1995).

ile onları çevreleyen dünyaya ait olan süreçler arasındaki dinamik değiş-tokuş ile tanımlandığı gerçeğinin sonuçlarını kabul etmeye istekli olmamızdır. Başka bir deyişle, organizmaların içsel olarak heterojen, açık sistemler olduğunu görmemizdir.

İçsel heterojenliğin bir sonucu, biçim ve forma ilişkin bilgi olmaksızın işlevin anlaşılamayacağıdır. Popülasyonların, bireylerin, hücrelerin ve moleküllerin biçimlerinin ve uzamsal ilişkilerinin işlev incelenirken dikkate alınması, yaşamı araştırmanın bir gerekliliğidir. Biyoloji, bitki ve hayvanların biçimlerinin incelenmesi olarak başladı ve organizmaya ait parçaların işlevleri, biçimleri ile yakından ilişkili olarak algılandı. On dokuzuncu yüzyılın frenoloji ve kriminal antropoloji bilimleri, karakterin ve anlama yetisinin izlerini, burun ve kafanın biçimlerinde bırakacağı inancına dayanıyordu. Yakın zaman öncesine dek evrimsel biyoloji ve organizmaların sistematik sınıflandırılması öncelikle biçime dayanıyordu ve bu durum büyük oranda, biçimin, fosil kaydında ya da toplanan örneklerde korunmuş bulunabilen tek organizma karakteri olmasından kaynaklanıyordu. Ancak, on dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru kimya biyolojiye girdikçe ve sonuçta organizmalar moleküllerin oluşturduğu birlikler olarak görülmeye başlandıkça, forma ilişkin sorunlar moleküler reaksiyonların incelenmesi yönündeki tercihle önemlerini yitirdiler. Makromolekül biyokimyasının geçtiğimiz son yüzyıldaki gelişimi ile

form, indirgemeci biyolojik açıklamada rol oynamak üzere tekrar gündeme geldi. Açıktır ki, enzimlerin ve substratlarının biçimleri kimyasal tepkimeleri için hayati önemdedir ve yine, ilgili moleküllerin boşlukta nasıl yer kapladıklarını ve birbirileriyle ilişkili olarak nasıl konumlandıklarını göz önüne almadan, kas kasılmasını, zarların işlevini ya da hemoglobin ile oksijen taşınmasını anlayamayız.

Forma ilişkin bu ilgi, DNA'nın üçboyutlu yapısının ve bu yapının DNA eşlemesi ve kodlamadaki sonuçlarının keşfi ile en yüksek noktaya ulaştı. Ne var ki, ironik bir biçimde, DNA'nın biyolojideki rolünün anlaşılması, moleküler yapıya ve moleküllerin uzamsal ilişkilerine çok az başvuru yapan bir açıklama çerçevesine yol açmıştır. Moleküler biyolojinin merkezi dogması, DNA'daki nükleotidlerin kimyasal dizisinin proteinlerdeki aminoasitlerin kimyasal dizisini belirlediği ve bunun da tek başına proteinin işlevini belirlediği yönündedir. Gelişim genetiğinin yeni merkezi dogması, organizmanın biçim gelişiminin, genler arasındaki sinyalleşme yollarının tamamı ile, hangi genin hangi başka genleri "açması"yla anlaşılabileceğidir. Elbette bu açıklamalar biçimi tamamen ihmal etmez. Bir genin transkripsiyonunun engellenmesi ya da teşvikinin, kromozomlardaki DNA'nın halkamsı kıvrılmasına ve DNA-bağlanma proteinlerinin çift sarmalın büyük oluğuna nasıl uyduğuna bağlı olduğunu biliyoruz. Bir proteinin katlanmış üçboyutlu yapısının onun

işlevi açısından hayati önemde olduğu, biyokimyayı anlamamızın dayandığı temelin bir parçasıdır. Ancak bu anlayış, biyolojik açıklamaya bütünleştirici biçimde dahil edilmemektedir.

Gen ve organizmaya uzanan yolun tam izahı, genin kodladığı aminoasit dizisinin bir protein, yani katlanmış üçboyutlu bir yapı, olduğu yolu etkileyen bilinen olguların göz önüne alınmasını gerektirir. Aminoasitlerin oluşturduğu dizi bu katlanmayı açıklamak için yetersizdir. Herhangi bir dizi açısından, pek çok alternatif katlanmış, kararlı durum vardır ve bunlardan yalnızca biri fizyolojik açıdan etkin proteindir. Proteinlerini üretirken hücrenin ortaya koyduğu belirli katlanmış durum, aminoasit dizisini kodlayan DNA'daki diziye kısmen bağımlıdır. DNA kodu çifte standart taşır. Yani, aynı aminoasite karşılık gelen farklı DNA kodları bulunur. Aynı aminoasiti kodlayan farklı kodlar protein üretimini etkilerler. Gen transkripsiyonu sürecinde DNA kodu bir RNA, mesajcı RNA biçiminde kopyalanır ve bu da protein üretim sürecine girer. Bu mesajın tam nükleotid dizisi, dizinin farklı parçalarının protein yapım süreci sırasında aminoasitlerden oluşan dizinin bölümlerine dönüştürüldüğü hızı etkiler ve hızdaki bu değişkenlikler, protein üretilirken onun katlanmasını etkilerler. Yani, bir genden hangi proteinin üretildiğini anlamak istiyorsak, bütün uzamsal ve zamansal ayrıntısıyla tüm üretim zincirini incelememiz gerekir.

Proteinlerin katlanması hücresel çevreye de bağımlıdır. İnsan insülini, farmakolojik amaçlar için fermantasyon tanklarında, insan insülin geni taşıyan bakterilerce üretilmektedir. Bu gen bakteriye ilk aktarıldığında, üretilen protein, doğru aminoasit dizisine sahip olmasına karşın fizyolojik etkinliğe sahip değildi. Sonunda, bakteri hücresi tarafından proteinin yanlış biçimde katlandığı ortaya çıktı ve bu sorun kültür koşullarının değiştirilmesiyle çözüldü. Bu durum, organizma gelişirken çevrenin genotiple etkileşme biçiminin bir modelidir.

Üçboyutlu moleküler yapının biyolojik açıklamaları nasıl aydınlatabildiği, çok sayıda örnekle çarpıcı biçimde gösterilmiştir: Örneğin, dairesel hareketleri sırasında bakterilerin sillerini çalıştıran moleküler motorun yapısının tamamen ortaya çıkarılması ya da nezle-grip virüslerindeki proteinin üçboyutlu formunun, konakçılarının ürettiği antikorlardan sakınmak için nasıl evrimleştiğinin gösterilmesi gibi. Kısa bir süre önce, bir enzimdeki aminoasit yer-değiştirmesinin, enzimin iş gördüğü substratın türünü ve kırdığı kimyasal bağ çeşidini tamamen değiştirdiği bir durum keşfedildi. Bu değişim, diğer aminoasitler arasındaki açılarda olan oldukça küçük değişimler ile açıklanmaktadır. Böylece bir su molekülüne bağlanılmakta ve o da yeni enzimatik reaksiyonda rol almaktadır. Bu değişim, enzimin taşıyıcısı olan si-

nek türünde böcek öldürücüye karşı bir direnç neden olmaktadır.*

Bununla birlikte, bu kavrayışlar, biyolojik izahın ana yapısına dahil olamamışlardır. Örneğin, gelişim genetiği literatürünü, yapısal değişim üzerine olan böylesi gözlemlerin, gen, protein ve organizma arasındaki ilişkilenmeyi konu alan araştırmaların ana gövdesine uzak düştüğünü ve az sayıdaki moleküler yapı uzmanının ilgilendiği bir konu olarak kaldığını görmeden okumak olanaksızdır. Gereken şey, yapı konusunu birkaç özel durumun temsil ettiği kenarda kalmışlıktan alıp, moleküler düzeydeki araştırmanın merkezi bir ilgi alanı haline getirmektir.

Benzer şekilde, hücrelerin biçimi ve içsel düzenlenimi gelişime ilişkin açıklamaların merkezi bir özelliği haline gelmelidir. Hücrelerin iç yapısı ve çeşitli moleküllerin onların içindeki ve zarlarındaki yerleşimleri hakkında büyük bir bilgi birikimi vardır. Bununla birlikte, tanımsal düzeyin dışında, özelleşmemiş bir hücrenin, gelişimini tamamlamış özelleşmiş bir hücreye farklılaşma süreci anlaşılmış değildir. Ne var ki, tüm gelişimin temelinde hücre farklılaşması yatar. Hücre bölünmesinin zaman-

* Molekül, glisin yerine aspartik asidin geçtiği tek bir amino asit değişimi ile bir esterazdan organofosforlu bir hidrolaza dönüşmektedir. Bakınız R. D. Newcombe, P. M. Campbell, D. L. Ollis, E. Cheah, R. J. Russell ve J. G. Oakshott, "A single amino acid substitution converts a carboxylesterase to an organophosphorus hydrolase and confers insecticide resistance on a blowfly" *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 94 (1997): 7464-68.

laması, bu bölünmenin gerçekleştiği düzlem ve oluşan hücrelerin göç edip birbirilerine tutunması, gelişim için temel nitelikte olan süreçlerdir. Hücre farklılaşması, bölünmesi ve hareketine ilişkin sorunlar, hücre içindeki moleküllerin uzamsal dağılımı ve organizasyonunu bilmeden ve bir hücrenin durumunun civardaki komşu hücrelerden, onu saran çevreden nasıl etkilendiğini anlamadan çözülemez. Eskinin "durumsal bilgi" sorununa dönüş yapmamız gerekmektedir. Belirli genlerin belirli hücrelerde, diğer genlerin transkripsiyonlarının etkisi altında kopyalarının yapılageldiğini söylemek çok iyi, ama formun meydana getirilmesine ilişkin asıl sorun, hücrenin embriyonun neresinde olduğunu nasıl "bildiği"dir. Bu amaca yönelik olarak, biyolojinin yasalarına devrimci bir anlayışla bakmaya değil, daha çok çalışmaya ihtiyacımız var.

Organizmaların içsel heterojenliğinin ikinci sonucu, birkaç kullanışlı örnekten yola çıkarak bütün biyolojiye genelleme yapmanın çok tehlikeli olmasıdır. III. Bölüm'de tartışıldığı üzere, heterojenliğin bir sonucu, organizmanın bireysel olarak zayıf, çok sayıdaki etkileşen güçlerin birliği olduğudur. Zayıf ve etkileşen güçlerden oluşmuş bir sistem üzerinde çalışmak için, mümkün olduğu kadar çok sayıdaki nedensel yolu sabit tutmak ve onlardan birini etki düzeyini belirlemek amacıyla düzensizliğe itmek, yapılan yaygın bir uygulamadır. Gözlem yoluyla yapılan bilimin zıttı olan deneysel bilimin doğası bu-

dur. Burada ortaya çıkan sorun, normal dışı güçlü bir düzensizliğin, sebep durumundaki bir unsurda oluşan zayıf etkili normal bir değişkenliğin yarattığı normal bir sonuç ile -değişkenlik gösteren diğer tüm nedensel yolların oluşturduğu bir fon üzerinde- örtüşüp örtüşmeyeceğidir. Basit fiziki sistemlerde örtüştürme kuralları anlaşılabilirlik düzeyindedir; ancak, meteoroloji ve areodinamik gibi biyolojinin ölçülerine göre basit olan karmaşık inorganik durumlarda bile, genelleme yapmak kolay değildir. Biyolojideki kavrayışa ilişkin pek çok sorun, kolay biçimde çalışılabildikleri için seçilen çevresel koşullar normal durumlara genellendiğinde ortaya çıkar.

Drosophila'yı deneysel bir organizma olarak kullanan genetikçilerin elinin altında, tanımlanmış ve kromozom haritaları çıkarılmış binlerce gen mutasyonu vardır. Bu mutasyonlar, her birinin 1'den 3'e dek derecelendirildiği büyük bir katalogda tarif edilmektedirler. Derece 1 mutasyonları, organizmada gözlenen fenotipteki anormal değişimin açık ve kuşkusuz olduğu, mutasyonu taşıyan bütün bireylerin anormal fenotipi sergilediği ve anormalliğin laboratuvardaki değişik pek çok kültür koşulunda ya da en azından kolaylıkla tekrarlanabilen bir koşulda gözlendiği durumu temsil ederler. Derece 2 ve Derece 3 mutasyonları ise, mutant genotipi taşıyan bireylerin sadece bir bölümünde görülür ve bu mutasyonların ifadeleri kontrollü çevre koşullarında bile bireyden bireye büyük değişken-

lik gösterir; bu nedenle hangi bireylerin değişikliğe uğramış geni taşıdığını anlamak her zaman kolay değildir. Deney yapan araştırıcılar, açıktır ki deneysel kolaylık nedeniyle, mümkün olan her durumda deneylerinde Derece 1 mutantlarını kullanırlar. Bu uygulamanın sonucunda, genetik değişiklikler dünyası hep Derece 1 değişikliklerinden ibaretmiş gibi görülür; ancak gerçekte, katalogdaki mutasyonların oldukça büyük bir bölümü daha düşük dereceli türdendir. Bilinen mutasyonların çoğu normal durumdan o denli farklı değildir, onların taşıyan bireylerin çoğunda kendilerini göstermezler ve gözükmeleri, sıcaklık, yaş, nem ve diğer genetik olmayan etkenlere ve modifiye-ediciler olarak adlandırılan, diğer genlerin durumlarına oldukça duyarlıdır.

Bazen, belli bir gene ilgiden dolayı, araştırıcılar kısmi etkiye sahip mutasyonları bir bireyde bir araya getirirler ve sonuçtaki gelişimsel etkiyi artırmak amacıyla, artırıcı etkiye sahip modifiye-ediciler için seçilim yaparlar. Ders kitaplarında sıkça kullanılan bir çizim, bir çift kanadın ve bir tane küçük topuz şeklinde uçuş dengeleyicisinin olduğu normal durumun yerine, iki çift tam kanada sahip bir sineği gösterir. Bu durum basit bir mutasyon etkisinin örneği olarak sunulmakla birlikte, iki tam kanadı olan sineklerde bir araya getirilmiş üç tane farklı Derece 3 mutasyonu vardır ve mutasyonların ifadesi, doğru modifiye-edici genlerin seçilime uğratılmasıyla artırılmıştır.

Üstelik, *Drosophila* ya da başka bir organizmanın bir popülasyonunda bireyler arasında gözlenen fenotipik değişkenliğin çoğu; yani büyüklük, biçim, fizyoloji ve davranış değişkenliği, genler ile etkilenip etkilenmedikleri bir yana, belirli bir gendeki herhangi bir iyi tanımlanmış değişkenlik ile örtüştürülemezler. Örneğin, insan deri rengi açıkça kalıtsallık taşır, ki bu en azından coğrafi açıdan tanımlanmış popülasyonlar göz önüne alındığında, böyledir. Fakat insan deri rengi genlerinin yeri hiç saptanamamıştır. Tersine, tekrarlanan doğal bir deney olan insan yer değiştirmesi ve kültürel özümleme, insan dillerinin dünya ölçeğindeki fonem yapısı değişkenliğinin hiçbir şekilde genlerden etkilenmediğini göstermektedir. Doğumunda Xhosa'nın evlat edindiği bir Finli çocuk, damak sesleri çıkarmakta herhangi bir zorluk çekmeyecektir.

Araştırıcıların kullandığı Derece 1 mutantları, böylece, bir tür içindeki organik değişkenliğin çoğu için bir model olamaz. Bireyler arasındaki biçim, büyüklük, renk, davranış ve fizyoloji farklılıklarının nedenlerini anlamak istiyorsak, I. Bölüm'de tartışıldığı türden gen ve çevre arasındaki etkileşimleri de göz önüne alarak, her biri küçük etkiye sahip pek çok genden kaynaklanan genetik farklılıkları incelemeye hazırlıklı olmalıyız. Böyle kantitatif gen etkileri üzerinde çalışmanın kural olarak bir sorunu yoktur; yalnızca pratikten kaynaklanan zorluklar söz konusudur. İlgilenilen her durumda

reaksiyon normunu saptamamız ve gelişimsel gürültünün rolünü ortaya koymamız gerekir (bakınız I. Bölüm). Genler ve çevre arasındaki etkileşimin daha derin analizi ise, hücresel ve moleküler düzeyde fenotip gelişiminin anlaşılmasını gerektirir. Daha kolay yol yoktur.

Yaygın olarak kullanılan büyük çaplı düzensizliklerle ilgili bir durum da, gelişim ve işlevin irdelenmesinde "nakavtlar"* kullanmaktır. İster etkisi büyük mutasyonlar yoluyla olsun, ister kimyasal, elektriksel ya da cerrahi manipülasyon yaparak ya da organizmaların fizyoloji ve anatomisinde meydana gelen travma hasarları üzerinde çalışarak olsun, büyük etkili düzensizliklerin etkisini inceleyerek normal nedensel yolları anlamaya çalışırız. Anlama yetisi ve beyin anatomisi arasındaki uygunluk, ikiye ayrılmış-beyin deneylerinde, beynin bir kısmının çıkarıldığı durumlar ele alınarak ya da beyin bölümlerindeki ciddi hasarlardan muzdarip insanlarda incelenir. Kuş ötüşünün edinilmesi, işitme deneyiminin ne oranda fark yaratacağını anlamak için, kuşlar sağır edilerek araştırılır. Gelişimin genlerle ilişkisini araştıran tüm çalışmalarda, genomun bölümleri arasında haberleşmeyi durduran ya da belirli bir gen transkriptinin üretimini engelleyen gen mutasyonları ya da genetik mühendislik yöntemleri kullanılır.

* Etkisi tamamen önlenmiş, "yere serilmiş" gen anlamındaki terim. (ç.n.)

Böylesi nakavt deneylerinin normal işlev birimlerini ortaya çıkarıp çıkarmadığını anlamanın tek yolu, aynı nedensel yolların geçerli olup olmadığını anlamak üzere, normalde gözlenen küçük ölçekli değişkenlikleri incelemektir. Örneğin, yakın tarihli deneyler, *Drosophila*'nın çevrenin teşviki ile oluşan toraks morfolojisindeki değişkenliğe karşı duyarlılık derecesi ile, başlıca nakavt mutasyonları vücudun ilgili parçasının gelişiminde büyük farklılıklar yaratan bir genin (*Ultrabithorax*) genetik değişkenliği arasında, en azından kısmen, bir ilişki olduğunu göstermiştir.* Gereken şey gelişime dair büyük bir kuramsal anlayış değil, küçük etkiler üzerine yapılacak ayrıntılı çalışmalardır.

İlk bakışta, anlamaya çalıştığımız ilişkilenmeleri yok etmeden, organizmayı parçalara ayırma hakkında yapıcı genellemeler yapabilmenin bir yolu yokmuş gibi gözükebilir. Avukatların ısrarla söyledikleri gibi, "durum tamamıyla yargılama hakkıyla ilgilidir" demekten başka çaremiz yok mudur? Aslında, bundan daha iyisini yapabiliriz; zira dikkatimizi, küçük farklılıkların tüm organizma üzerine önemli etkilerinin gerçekten de kesin olduğu bir etkinlik alanına, yani makromoleküler yapı alanına yöneltebiliriz. Son on beş yıl boyunca moleküler popülasyon genetikçileri, bir türdeki bireyden bire-

* Bakınız G. Gibson ve D. S. Hogness "Effect of polymorphism in the *Drosophila* regulatory gene *Ultrabithorax* on homeotic stability" *Science* 271 (1996): 200-203

ye gözlenen DNA dizi değişkenliğini pek çok gen açısından incelediler. Tipik olarak, yüksek düzeyde DNA değişkenliği bulundu: *Drosophila*'da, bir gendeki nükleotid pozisyonlarının yaklaşık yüzde 6'sı, çok az sayıda sinekten oluşmuş örneklerde bile, bireyler arasında değişkenlik gösterecektir. Bununla birlikte, DNA'da oluşacak rasgele mutasyonların kabaca dörtte üçünün bir aminoasit yer değişimine neden olacağı gerçeğine karşın, nükleotid dizisinde gözlenen değişkenliğin gerçekten de hiçbiri aminoasit değişkenliğine karşılık gelmez; bunların hemen tamamı, aynı aminoasidi kodlayan farklı DNA baz üçlüleri arasındaki değişkenlik türüdürler. Bir başka deyişle, bir aminoasit yer değişimine neden olan herhangi bir DNA değişikliği doğal seçilim tarafından silinmiş ve geride yalnızca sessiz DNA değişkenliği denen değişimler kalmıştır. Küçük proteinlerde bu silinme süreci tamamlanmış durumdadır. Büyük enzimlerde ise aminoasit mutasyonlarının yüzde 85-90'ı elimine olmuştur.

Fakat doğal seçilim tarafından silinmek için, bir aminosit değişiminin organizmanın yalnızca fizyolojisi, morfolojisi ve davranışına yansıması değil, bu değişimin organizmanın hayatta kalış olasılığını ve üreme hızını da etkilemesi gerekir. Şu anda biyokimya ve hücre fizyolojisi hakkında bildiğimiz hiçbir şey, örneğin, *Drosophila pseudobscura*'daki alkol dehidrogenazda oluşacak herhangi bir aminoasit değişikliğinin bu türün bireylerinin üreme

hızını düşüreceğini gösteremez. Ancak, bunun böyle olduğunun sarsılmaz kanıtları vardır. Oluşan DNA değişkenliği ile karşılaştırıldığında, baktığımız her durumda, tür içi protein değişkenliğinin çok az olduğunu görüyoruz. Proteinlerin aminoasit dizilerindeki en küçük değişikliğin dahi, organizmaların fizyoloji ve metabolizması üzerine genellikle zararlı etkileri olduğu açık görünüyor. Bundan dolayı, indirgemeci bir metodolojinin prosedürün kaçınılmaz metodu olduğu bu düzey, yani makromoleküllerin yapılarının aydınlatılması, etkileri *genellikle* tüm organizmaya nüfuz eden ve en çok araştırılması gereken şeyleri içeren bu etkilerin ne yaptığını araştıracağımız, asıl üzerinde çalışacağımız düzeydir.

"Genellikle" nitelemesinin gözden kaçırılmaması gerek. Türlerin evrimindeki moleküler değişim sıkça, çevresel koşullarda zaman zaman oluşan ve önceden zararlı olan bir aminoasit değişikliğini avantajlı hale getiren bir değişimin sonucudur. Proteinlerdeki değişimlerin az bir kısmının etkileri öylesine küçüktür ki, üreme hızındaki rasgele değişimler onların bir türdeki frekansının artmasına, hatta baskın hale geçmelerine neden olur. Bu "seçilim açısından nötr" olan değişimlerin, türler *arasındaki* evrimsel değişimlerin orantısız biçimde büyük bir bölümünü açıklayabildiği ortaya çıkmıştır ve öyle görünüyor ki, moleküler evrimin büyük bir bölümü işlevsel değişimin sonucu değildir. Buradan an-

laşılıyor ki, moleküllerin organizma düzeyindeki işlevi söz konusu olduğunda, türler arasındaki DNA değişkenliği, tür içi değişkenliğe oranla, çok daha az güvenilir bir rehberdir.

Küçük farklılıkların organizmanın işlevleri üzerine genellikle şaşırtıcı ölçüde büyük etkilerinin olduğu moleküler yapı değişkenliği ile karşılaştırıldığında, doğada tek tek organizmalarda gözlenen davranış ve morfoloji değişkenliklerinin, içinde bulunulan çevreler üzerinden ortalamaları alındığında, işlev üzerine düzenli bir etkilerinin olmadığı görülür. Doğada bireyler arasında biçim, büyüklük ve etkinlik bakımlarından büyük miktarda değişkenlik olduğu açıktır. Deneyler bu değişkenliğin, tamamının olmasa da çoğunun, bir şekilde kalıtsallık taşıdığını tutarlı biçimde göstermiştir. Bu da tür içinde, morfoloji ve davranış bakımından büyük miktarda hazır genetik değişkenlik olduğu anlamına gelir. Doğal seçilimin işlemesinin temel bir ilkesi de, organizmaların uyumu üzerine ortalama olarak yönlü bir etkide bulunan herhangi bir kalıtsal değişkenliğin, karakteri etkileyen genler popülasyonda sabitlendikçe* seçilim süreci ile tüketileceğini söyler. Böylece, küçük yapılı bireyler büyük yapılılara göre geride daha çok yavru bırakıyorsa, büyüklük farkına katkıda bulunan genler popülasyonda sabitlenmeye doğru

* 0 ile 1 arasında değişen gen frekans değerleri 1 oldukça. Bir genin frekansının 1 olması, popülasyonda o genin alternatif biçimleri olan diğer alellerin kalmadığı, ilgilenilen gen açısından genetik değişkenliğin sıfırlandığı anlamına gelir. (ç.n.)

giderler ve bir süre sonra popülasyonda büyüklük açısından herhangi bir değişkenlik kalmaz. Herhangi bir şekilde görülen değişkenliğin tamamı ise, köken olarak, genetik-olmayan türden olacaktır. Buradan da, doğada morfoloji ve davranış bakımlarından fiilen gözlenen önemli miktardaki genetik değişkenliğin, ya organizmaların genel fizyolojileri ve metabolizmaları açısından etkin bir sonucu olmadığı ya da ortaya çıkan sonuçların bireyden bireye ya da bir çevresel durumdan diğerine ortalama farklılık yaratmayacak biçimde değiştiği anlamı çıkar.

Genel anatomi ve davranış ile karşılaştırıldığında, protein yapısındaki değişkenliklerin olası etkilerinin farklı sonuçlar vermesi, organizmalardaki sözde-bağımsız sistemler arasındaki sınırların ön çizimini yapmak için genel bir rehber sağlamaktadır. Bir araştırmada sorulacak ilk soru, ilgilenilen olgu açısından büyük miktarda kalıtsal değişkenlik olup olmadığıdır. Bu değişkenlik çok az ya da hiç yok ise, söz konusu olgunun, organizmanın hayatta kalışı ve üremesi için genel sonuçları olan süreçler zinciri ile işlevsel açıdan etkin biçimde bağlantılı olduğu, hemen hemen kesindir. Tersine, eğer olgu büyük miktarda tür içi kalıtsal değişkenlik gösteriyorsa, bu olgu, o halde, organizmaya hayati önemdeki süreçlerden etkin biçimde bağımsız olan bir alt-sistemin parçasıdır, denebilir. Bununla birlikte, böyle öğretici bir yaklaşımı uygularken, küçük değişkenliklerden hareketle büyük olanlara dair ge-

nelleme yapılırken ortaya çıkan sorunu dikkate almamız gerekir. Bir özelliğin diğerleri ile bağlantılı olma derecesi, yani sözde-bağımsız sistemlerin sınırlarının saptanması, bir değer aralığından diğerine değişebilir. Bir tür içinde vücut büyüklüğünde gözlenen doğal değişkenliğin gerçekte uyum üzerine herhangi bir ortalama etkisi olmayabilir, ancak, doğada normal olarak görülen sınırların ötesinde, aşırı derecede büyük bir bireyin oldukça düşük bir uyum değeri olacaktır. Meyve sinekleri büyüklük açısından değişkenlik gösterirler, ama bombus arısı büyüklüğünde *Drosophila* da yoktur.

Canlı sistemleri diğer fiziki olgulardan ayıran ikinci özellik, içerisi ve dışarısı arasındaki tipik değiş tokuş durumu olan, açıklıklarıdır. Bir organizmanın sağlam kalması ve çoğalması, enerji gerektiren süreçlere bağımlıdır. Bu süreçler, ancak ve ancak, organizmanın dışındaki enerji kaynakları içeriye taşınabiliyor ve sonra da enerji dönüşümlerinden gelen yıkım ürünleri dışarıya atılabiliyorsa gerçekleşebilir. Virüsler dahi, ki bunlar enerjiyi metabolize etmezler, yalnızca enfekte ettikleri hücrelerin metabolik sistemiyle bütünleştiklerinde üreyebilirler. Virüs üremesi sırasında, virüs ve onun çevresi arasında önceden var olan sınır tamamen yıkılır. İçeri ve dışarı arasındaki sınırın esnek oluşu, canlı sistemlerin evrensel özelliklerinden biridir. II. Bölüm'de organizmaların uyum sağladıkları nişleri önceden varolmuş biçimde bulmadıkları,

çevrelerini sürekli tanımlama ve yeniden yapma sürecinde oldukları iddiasında bulunmuştum. Doğal seçilim, popülasyonların genetik yapısını anlık çevreye cevaben değiştirmek için her an işlemektedir. Fakat bu yapı değişirken, aynı anda, çevrenin kendisinde de bir değişimin olmasını zorlar. Böylece organizma ve çevre, bir birlikte-evrim sürecinin hem nedenleri, hem de sonuçlarıdırlar.

Bu birlikte-evrim süreci, araştırılma biçimine rehber olacak kullanışlı bir genel özelliğe sahiptir. Bu özellik, onun her zaman *topolojik açıdan süreklilik göstermesidir*. Başka bir deyişle, çevredeki küçük değişimler organizmada küçük değişimlere yol açar ve bu da, yeniden çevrede küçük değişimler yaratır. Eğer bu durum böyle olmasaydı, evrimleşme olanaksız olurdu. Eğer organizmadaki küçük bir değişim, onun dış dünya ile ilişkilenme biçiminde genellikle köklü ve nitel bir değişime neden olsaydı, organizmanın gen frekanslarının değişmesiyle geçekleşen sürekli evrimi gerekli yanıtı üretemezdi. Birbirini izleyen iki kuşağın aynı karakterler için, aynı yönde seçilime uğraması söz konusu olmazdı. Genel olarak, organizma ve çevre sürekli biçimde birbirini takip etmelidir; aksi takdirde yaşam çok uzun bir zaman önce ortadan kalkmış olurdu.

Topolojik süreklilik ilkesi genel bir durumu temsil eder ancak evrensel bir yasa değildir. Sıcaklık ve basıncın bir işlevi olarak suyun sıvı, gaz ve katı halleri arasında oluşan faz değişimleri gibi, organizma-

ların evriminde, organizma ve çevre arasındaki ilişkilenmenin nitel olarak değiştiği, kritik ayrışma noktaları vardır. Olasıdır ki, fok balığının atası olan karasal etoburlar, ayıların şimdi yaptığı gibi, avlarını yakalamak için su kenarlarında zaman harcıyorlardı. Ancak fok balığının atalarının evriminde bir yön değiştirme oldu ve foklar tamamıyla suda yaşama geçerken ayılar karasal kaldılar. II. Bölüm'de organizmaların çevrelerini değiştirdiği pek çok örnekten söz edilmekle birlikte, organizmadaki değişimlere yanıt olarak çevrede nasıl ve ne zaman nitel değişimin olacağı, bireysel durumlarda tanımlanması gereken bir sorudur. Her durum diğerinden farklıdır ve organizma ile çevrenin birlikte-evriminin duruma özgü yönü hakkında, genel tahminler sağlayacak genel ilkeler bulunmaz.

Organizma ve çevre arasındaki ilişkilenmedeki doğal, topolojik olarak sürekli değişimlerin doğru bir izahı için, evrimsel genetik ve ekolojideki deneysel gözlem biçiminde devrim yapmamız gerekmez, yalnızca dikkatimizin yönünü yeniden düzenlememiz yeterlidir. Standart doğal seçilim deneyleri üç çeşittir. Birincisinde, farklı genotiplerin döl verimliliği ve hayatta kalış düzeyleri belirli bir çevrede ölçülür; ikincisinde, belli bir genotipin uyum değerindeki değişimler çevre değiştirilerek gözlenir; üçüncüsünde, bir popülasyondaki genlerin frekanslarındaki değişimler geçen zamanla birlikte izlenir ya da bu izleme, çevrenin dışsal koşullarıyla

ilişkili biçimde, farklı popülasyonlardaki gen frekansları farklılıklarını görmek için yapılır. Bütün bunların hepsi, farklı genotipleri olan organizmaların belirli çevresel durumlara verdikleri yanıta ilişkin gözlemlerdir.

Fakat aynı deneyler tamamlayıcı bir tarzda gerçekleştirilebilir. Bir popülasyonun genetik yapısındaki farklılıkların organizmaların etkin çevresini nasıl değiştireceğini ölçebiliriz. II. Bölüm'de anlatılan bitki mühendisliği çalışmasında yapılan tam da budur. Çevresel değişimi, doğrudan ölçemesek dahi, çevrenin organizmalar üstündeki etkisinde olan değişmeler yoluyla, dolaylı olarak ölçebiliriz. *Drosophila* ile, kırk yılı aşkın bir süre önce yapılan ve belirli bir genotipe ait larvaların bağıl yaşayabilirlik düzeylerinin, popülasyondaki farklı genotiplerin oranlarına duyarlı olduğunu gösteren bir dizi deney, bunun bir örneğidir. Tek başlarına ölçüldüğünde, iki genotip eşit hayatta kalış olasılıklarına sahip olabilmektedir; ancak her biri üçüncü bir tip ile yarış haline getirildiğinde, farklı bağıl yaşayabilirlik değerlerine sahip olurlar ve sahip olunan değer fiilen yarışan genotiplerin oranlarına bağımlıdır. Bu türden frekansa ya da şartlara bağımlı uyum, incelenen bir durumda ortaya çıkabilir ya da çıkmayabilir. Bu uyum çeşidi için hazırlıklı olmamız gerekir, ancak onun evrenselliği konusunda da ısrarcı olmamalıyız. Bir kez daha belirtilmeli ki, gözlenen gerçekliğin yerini hiçbir şey tutmaz.

Bilim adamları genelde yapmayı bildikleri şeyleri, zamanın ve eldeki mevcut paranın izin verdiklerini yaparlar. Yeni tekniklerin ortaya çıkışına kısmen, aynı ilgiye sahip bir bilim adamları topluluğunun araştırdığı sorunlar neden olur; fakat bir kez o teknolojiler var olunca, bilim adamları, sorulacak soruları belirlemek açısından büyük bir güce sahip olurlar. Otomatik DNA-dizisi yapan makinelerin icadı, dizi çıkarılması yönünde giderek artan talebe bir cevap niteliğindeydi. Fakat bu makinelere kolayca sahip olunması ve DNA'nın şu an büyük kolaylıkla dizisinin çıkarılabilmesi, genetikçilerin üzerinde çalıştığı problemlerin, DNA dizisi yoluyla çözülebilenler olması anlamına gelmiştir. Organizmalar ile çevreleri arasında, biri diğerini oluşturmakla, bir diyalektik ilişki olduğu gibi, bilimde de yöntem ve sorunsal arasında bir diyalektik ilişki vardır. 1960 ortalarından önce, deneysel evrimsel genetik, geniş bir sorun çeşitliliğini içermekteydi. Doğadaki uyum değerlerinin ölçülmesi, doğal popülasyonlarda morfoloji, fizyoloji ve davranışı etkileyen genetik değişkenliğin araştırılması, genetik değişkenlik ve fenotip değişkenliği arasındaki gelişimsel ilişkinin evrimi, popülasyonların içinde ve arasındaki genetik değişkenlik miktarını anlama çabaları, bu sorunlar arasındaydı. Bunlardan -deneycilerin o zaman elinin altında olan standart genetik manipülasyon tekniklerinin kullanıldığı- sonuncusu en zor olanıydı. Bu problemi çözmek için

yeni bir teknik, protein jel elektroforezi kullanılmaya başlandı. Bu teknik, laboratuvarda üretilebilsin ya da üretilemesin, tüm bitki ve hayvanlara uygulanabiliyordu. Sonuç, genetik çeşitliliği tanımlama dışında, evrimsel genetiğin tüm araştırma alanlarından hemen hemen her yerde vazgeçilmesi oldu. Tek bir basit ve kolayca elde edilebilen teknik, umulur ki geçici olarak, bütün bir çalışma alanını değiştirdi ve yoksullaştırdı.

Bu kitabın ilk üç bölümünde biyologların çok iyi bilmediği hiçbir şey yok. DNA'nın kendini çoğaltmadığını, DNA dizilerindeki bilginin, organizmanın bütünü bir yana, bir proteinin katlanmasını belirlemeye dahi yetmediğini, bir organizmanın çevresinin organizmanın yaşam etkinlikleri ile inşa edilip sürekli değiştirildiğini herkes bir şekilde "bilmektedir". Fakat kural itibarıyla sahip olunan bu bilginin, biyologların çalışmalarına fiilen girmeden, biyolojik açıklama biçiminin yapısına katılması mümkün değildir. Biyolojideki ilerleme, devrimci yeni düşünüş biçimlerine değil, sınırlı olanaklardan kurulu bir dünyada pratik olarak yanıtlanabilen sorular soran, yeni yöntemlerin oluşturulmasına bağlıdır.

Dizin

Accardo, Salvatore, 43
Achillea millefolium, 23-24, 28
Afrika, 37, 105, 124
Aleller, 96, 97
Amino asit, 84-85, 135-138, 145-146
Antennapedia mutasyonu, 15-16
Aristoteles, 92
Atmosfer, 62, 65, 77-78, 128
Avustralya, 98

Bakteri, 42, 57, 64, 76-77, 137
Bergmann kuralı, 110
Bipolar sendromu, 18
Birlikte-evrim, 150-151
Brenner, Sydney, 11
Brown hareketi, 77

Carroll, Lewis: *Aynanın İçinden*, 67
Cladocera, 73
Clausen, Jens, 23

Çene, 89-90
Çevreci hareket, 79
Çingene güvesi, 132

Darwin, Charles, 7, 11, 45-48, 53, 105
Darwinci, 8, 63
Descartes, René: *Metot Üzerine Konuşma*, 2, 44, 81-82
Dinkalar, 37
Dinozorlar, 76, 103-104
DNA, 2, 11-12, 19, 33, 41, 84-85, 88, 93-94, 106-107, 112, 135-136, 145-147, 153-154
Doğal seçilim (seçilim), 29, 43, 46-49, 53, 66, 88, 90-91, 103, 105-107, 113, 115, 118, 141, 145-147, 150-151

Down sendromu, 18
Drosophila, 15-16, 27-28, 35-37, 40, 112, 115, 140, 142, 144-145, 149, 152
Drosophila melanogaster, 28
Drosophila pseudoobscura, 60

Ekoloji, 49, 117, 128, 131, 155
Ekolojik nişler, 49, 55-57
Embriyo gelişimi, 13-15, 48, 130
Embriyo, 6, 10, 22, 71, 86, 92, 139
Enerji bütçesi, 50
Enzimler, 11, 135, 137, 145
Epigenetik, 4, 6
Eşeyli üreme, 72
Eşeysiz üreme, 73
Evrim, 7-9, 13-16, 28-29, 45-48, 53-54, 57-58, 66-67, 72-73, 77-80, 88-91, 95-100, 102-103, 105, 117-119, 129, 137, 146, 150-151, 153-154
Evrimsel biyoloji, 8, 49, 60, 66, 134

Fenotip, 26-27, 32-35, 37, 40, 48, 113, 140, 142-143, 153
Filogeni, 15
Fizik, 2
Fok balığı, 151
Fosiller, 50, 67, 78, 134
Fotosentez, 63, 65, 70, 77
Frenoloji, 134
Freud, Sigmund, 14

Gaia, 128
Galilei, Galileo, 110
Gamet, 106
Gelişimsel gürültü, 39, 41, 44, 143
Gelişimsel psikoloji, 3
Genetik, 12, 16-19, 23-26, 28, 33-35, 37-38, 41-44, 48, 98-101, 105-107, 110, 112-117, 141-144, 147-148, 150-154
Genetik mühendislik, 143
Genotip, 25-35, 40, 48-49, 73, 96-98, 101, 103, 105, 116, 137, 140, 151-152
Gergedan, 103, 105
Gilbert, Walter, 11

Hartsoeker, Nicolaas, 5
Heisey, William, 23
Hibrit, 31
Hindistan, 105
Holizm, 53, 83, 128, 130
Homeobox genleri, 13, 15, 112
Infrabar, 36-37

IQ, 30-32
İndirgemeci yaklaşım, 83, 85, 88, 93, 127-128, 135, 146
İnsan genomu, 11, 93
İnsülin, 137

Jensen, Arthur R., 31-32

Kanser, 18, 120, 123, 125
Kaos teorisi, 130-132
Kaslar, 3, 91-92, 114
Katastrofi teorisi, 130-131
Keck, David, 23
Kemikler, 76, 90, 92
Kepler, Johannes, 110-111
Keratopsiyen dinozor, 104-105
Kıvrık kanat mutasyonu, 35
Kızıl Vezir Hipotezi, 67
Kimya, 4, 14, 42, 72, 74-75, 77, 79, 88, 91, 107-108, 114, 128, 133-135, 137, 143
Kirlenme, 124
Klasik Yunan, 91
Klonlar, 25
Koch, Robert, 123
Kriminal antropoloji, 134
Kromozomlar, 18, 28, 98-103, 113, 135, 140
Kutsal Kase mecazı, 12
Kütleçekimi, 8, 108

Lamarck, Jean-Baptiste de, 46

Mars, 56-58
Mecazlar, 1-3, 11-12, 19, 30, 44, 47-49, 54, 75, 86, 117
Metabolizma, 41, 57, 59, 91-63, 117, 146, 148
Meteoroloji, 64, 131, 140

Mısır, 29, 31, 65
Mikrohabitat, 60-61
Mikroklima, 65-66
Modifiye-edici, 141
Moleküler biyoloji, 88, 135
Moleküller, 1, 12, 41-42, *74*, *77*, 84-85, 88-89, 134-135, 138-139, 146-147
Moraba scurra, 98, 100, 103
Morfoloji, 14, 21, *37*, *56*, 65, 89, 113, 118, 144-145, 147-148, 153
Mutasyon, 106-107, 110, 112, 114-115, 140-141, 143-145

Nakavt deneyleri, 143-144
Nasyonal Sosyalistler, *17*
Neoteni, 15, 89-90
New England, 68, 32
New York, *43*, *67*, 128, 133
Newton, Isaac: *Principia*, 34, 108, 110
Nükleotid, 93, 135-136, 145

Ontogeni, 15, 19, 40
Orians, Gordon, 51

Paleontoloji, 51
Pearson, Nolan, 51
Peptidler (polipeptidler), 84-85
Piaget, Jean, 14
Pigmeler, *37*
Pirandello, Luigi, 93
Platon, *7-8*, *75*
Polimorfizm, 98, 101
Pope, Alexander, 83
Populasyon büyümesi, 132
Preformasyonizm, 6
Principia, 34, 108
Proteinler, 12, 41, *71*, 84-85, 88, 91, 135-138, 145-146, 148, 154

Ray, Thomas S., 20-21
Reaksiyon normu, 26-27, 29, 35, 40, 143
Rekombinasyon, *47*, *73*
Ribozom, 41
RNA, 41, 136

Romer, Alfred S., 52
Rosenblueth, Alexander, 2

Sahl, Mort, 64
Satürn, 108
Shakespeare, William: *IV. Henry, Bölüm I*, 107
Sierra Nevada dağları, 23
Simbiyotik ilişki, 64
Sinekyutan, 58-59
Sinirsel gelişim, 43, *74*
Sinyaller, 12, 16, 52, 56, *72-75*, 94, 117, 133, 135
Sitoplazma, 41
Sosyobiyoloji, 91
Sperma hücresi, 4-6
Stegosaurus, 51-52, 94
Syngonium, 21
Tay-Sachs mutasyonu, 18
Thom, René, 130
Topolojik süreklilik, 92, 150-151
Türlerin Kökeni, *7*

Ultrabar, 36-37
Ultrabithorax, 144

Van Valen, Leigh, 66-67
Vermont, 67, 122
Virüs, 137, 149

Wiener, Norbert, 2

Xhosa, 142

Yumurta hücresi, 1, 3-6, 10, 19, 28, 71

Darwin sonrası yaşayan en büyük evrimsel biyolog ve genetikçilerden olan Richard Lewontin *Üçlü Sarmal*'da biyolojideki en can alıcı sorunlardan birini, moleküler biyoloji ve genetiğin bir bütün olarak organizma ve doğayı açıklama gücünü değerlendiriyor.

Lewontin, akıcı bir üslupla kaleme aldığı bu kitabında genleri tüm hücresel ve evrimsel süreçlerden soyutlayarak değerlendiren klasik moleküler genetik anlayışın sağlam bir eleştirisini yapıyor.

DNA tanımının gerçekçi biyoloji çalışmalarındaki yeri nedir? Moleküler ve gelişimsel genetiğin açmazları nerelerde yatıyor? Sağlıklı bir genetik ve evrimsel biyolojik yöntem nasıl oluşturulabilir? Bu soruların yanıtlarını ararken anlıyoruz ki, doğanın hem temel bilimsel amaçlar doğrultusunda hem de çevre koruma perspektifiyle gerçekçi bir biçimde kavranması mümkün. *Üçlü Sarmal* var olan indirgemeci perspektifin bırakılmasıyla biyolojik açıdan sağlam ve tutarlı projeler üretebilecek bütünlüklü bir yapının olanaklı olabileceğini gösteriyor.



KİTAP
2006
SKB 0962444 UZO

ISBN 978-975-403-411-0

