

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

20. YILDÖNÜMÜ BASKISI

olasılıksızlık dağına tırmanmak

“Büyüleyici”
David Attenborough

3. baskı **RICHARD
DAWKINS**

GEN BENCİLDİR, KÖR SAATÇİ ve TANRI YANILGISI

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://frantey.org>

KİTAPLARININ EDEBİYAT ÖDÜLÜ ÜNLÜ YAZARI

DAWKINS - OLASILIKSIZLIK DAĞINA TIRMANMAK

20. YILDÖNÜMÜ BASKISI



Enfes, hararetli, gürleyen bir kitap!

— **Michael White, *Mail on Sunday***

Nasıl olabilir de insan gözü gibi son derece karmaşık ve hassas bir nesne şans eseri ortaya çıkmış olabilir? Bu ustalıklı popüler bilim eserinde, Richard Dawkins dünyadaki tüm yaşamın arkasındaki gücün evrimsel uyumlanma olduğunu çok dikkatli ve güçlü muhakeme edilmiş savlarla ortaya koyuyor. “Olasılıksızlık Dağı” benzetmesi, yaşayan varlıkları “tasarlanmış” olarak gösteren mükemmellik ve olasılıksızlık birleşimini temsil ediyor. Ve tüm bunların arkasında yatan şeyi açıklıyor: Zamandaki sonu olmayan bir haç yolculuğunda kendi kaderinden sorumlu olan yaşam molekülü, yani DNA. Canlılar dünyasındaki hayret verici uyumlanmaları Dawkins çarpıcı bir şekilde aktarırken, Lalla Ward’ın çizimleri ona eşlik ediyor.

“Dawkins bir bilimi popülerleştirme dehası.
Eğer daha önce kitaplarını hiç okumadıysanız,
Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak başlamak için
muhteşem bir nokta:

Dur durak bilmeyen zihinsel ve edebi bir zevk!

— **Mark Ridley, *The Times***



“Birinci sınıf bir popüler bilim çalışması.
Dawkins bir başka Darwinci açıklama büyüü yapıyor.”

— **Clive Cookson, *Financial Times***

“Dawkins sürekli yeni çığırlar açmaya devam ediyor...
kaostan düzene giden yolun kendiliğinden oluşmadığı,
tepeden inen emirle gerçekleştiğı efsanesini
muzaffer bir şekilde çürütüyor.”

— **Matt Ridley, *Sunday Telegraph***

“Büyüleyici.”

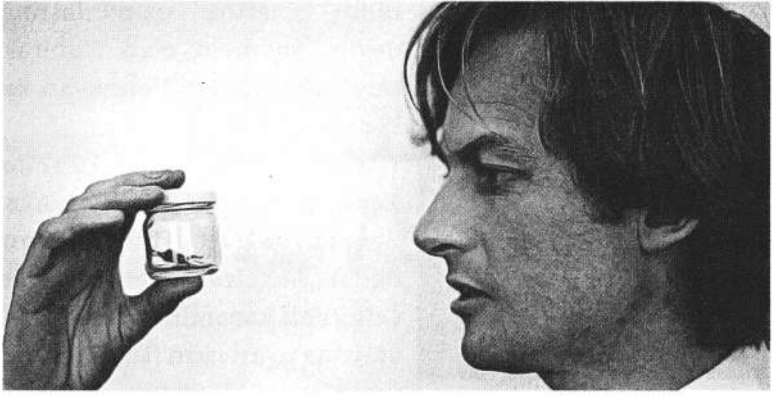
— **David Attenborough**

“Dawkins muazzam etkileyici bir bölümde,
tek bir ışığa duyarlı noktadan başlayarak,
karmaşık retina, mercek ve iris mekanizmasına sonlu sayıda
küçük adımlarla ulaşılabilceğini gösteriyor...
Diğer bölümler... uçma mucizesini, örümcek ağı mucizesini ve
yumuşakçaların çeşitli kabuklarının mucizesini modelliyor.
Bunların her birinde, mucize maskesi bir cerrahi operasyonla
alınıyor ve geride muhteşemlik kalıyor.

— **Eric Korn, *Guardian***

Enfes, harareti, gürleyen bir kitap!

— **Michael White, *Mail on Sunday***

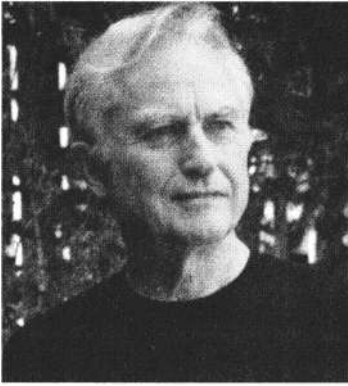


Profesör Clinton Richard Dawkins, dünyaca ünlü ve kitapları dünya çapında on milyonlarca satılmış olan evrim biyoloğu, hayvanbilimci, eğitimci ve yazardır.

Kolonyal hizmette bulunan bir İngiliz ailenin çocuğu olarak 1941 yılında Nairobi'de (Kenya) doğdu. Babaları II. Dünya Savaşı sırasında silah altına alındıktan sonra aile 1949 yılında İngiltere'ye döndü.

Oxford Üniversitesinde biyoloji eğitimi aldı ve mezuniyetinden sonra hayvan davranışları bilimi üzerine olan doktora-sını Nobel Ödülü sahibi Niko Tinbergen'in danışmanlığında tamamlamak için üniversitede kaldı. 1967'den 1969'a kadar Berkeley'deki California Üniversitesinde bir Hayvanbilimi Yardımcı Doçentiydi. 1970 yılında Oxford Üniversitesinin Hayvanbilimi bölümünde Doçent oldu. 1995 yılında Oxford Üniversitesinde "Bilimin Halkça Anlaşılması İçin Charles Simonyi Profesörü" oldu. Bu görevi ilk kez alan kişiydi.

Richard Dawkins'in ilk kitabı olan *Gen Bencildir* (1976) anında bir uluslararası çoksatan oldu. Birçok konuda devrim yaratan bu kitapta ayrıca Mem kavramını ortaya attı. Bu kitabı ve ardından gelen üçüncü kitabı olan *Kör Saatçi* neredeyse bütün dünya dillerine çevrildi. Diğer çok satan kitapları *Tanrı Yanılgısı* ve *Yeryüzündeki En Büyük Gösteri*'dir. Yazarın ilk ve üçüncü kitapları *Gen Bencildir* ve *Kör Saatçi*'nin basımları Türkiye'de iktidara muhafazakarların gelmesinin ardından



bilim üzerine uzmanlaşmış devlet yayınevi olan Tubitak tarafından gizemli olmayan sebeplerle durduruldu.

Richard Dawkins, 1987'de *Kör Saatçi* ile hem Kraliyet Akademisi Edebiyat Ödülü'nü hem de Los Angeles Times Edebiyat Ödülü'nü kazandı. Kitabın televizyona uyarlanan filmi, BBC'de yayınlanan Horizon belgesel

kuşağında gösterildi ve 1987 yılında En İyi Bilim Programı için Bilim Teknoloji Ödülü'nü kazandı. Aynı zamanda Londra Hayvanbilimi Cemiyeti 1989 yılı gümüş ödülünü ve 1990 yılında bilimin halkça anlaşılmasına yardımları için Kraliyet Akademisi Michael Faraday Ödülü'nü kazandı. 1994 yılında Nakayama İnsan Bilimi Ödülü'nü aldı ve St. Andrews Üniversitesi ve Canberra'daki Avustralya Ulusal Üniversitesi tarafından fahri doktora ile ödüllendirildi. 1997'de İnsan Biliminin İlerlemesi İçin Uluslararası Kozmos Ödülü, 2001'de Kistler Ödülü, yine 2001'de Shakespeare Edebiyat Ödülü, 2007'de Galaxy İngiliz Kitap Ödülleri Yılın Yazarı ve 2009'da Nierenberg Kamu İlgisindeki Bilim Ödülü ve bunların dışında birçok ödülün ve onurlandırmanın sahibidir. Britanya Kraliyet Bilim Topluluğu ve Kraliyet Edebiyat Topluluğu'nun da üyesidir.

2012 yılında, Sri Lanka'da balıkları inceleyen bilim insanları, yazarın bilimin halkça anlaşılması için gösterdiği çabaları takdir etmek amacıyla yeni buldukları cinse *Dawkinsia* ismini verdiler. Dawkins, 2013 yılında *Prospect* dergisinin 100 ülkeden 10.000 okuru ile düzenlediği ankette dünyanın en büyük düşünüğü olarak seçildi.

2013 ve 2015 yıllarında Dawkins iki ciltlik hayat öyküsünü yayınladı (*Merak Tutkusu* ve *Karanlıkta Kısa Bir Mum Işığı*).

richarddawkins.net

twitter: @RichardDawkins

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

**RICHARD
DAWKINS**

YİRMİNCİ YILDÖNÜMÜ BASKISI

**OLASILIKSIZLIK
DAĞINA
TIRMANMAK**

CLIMBING MOUNT IMPROBABLE

Çeviri
Melisa Miller

Editör
Barbaros Efe Güner

ISBN
978 - 9944 - 315 - 24 - 1



Copyright © by Richard Dawkins.

All rights reserved.

Kitabın bütün hakları yazara aittir.

Yayınevimiz kitabın Türkiye haklarını temsil etmektedir.

Kitaptan tanıtım amacı ile yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının izni olmadan, hiçbir biçimde ve hiçbir yolla kitabın içeriğinin bir bölümü ya da tümü yeniden üretilemez ve dağıtılamaz.

Yeniden Çeviri

3. Baskı Nisan 2021



Kuzey Yayınları

www.kuzeyyayinlari.com

Tevfikbey Mah. Baltacı Sok No: 5 Kat: 2 Sefaköy/İstanbul

Sertifika No: 45752

Basım Yeri

Matsis Matbaa Hizmetleri

Tevfikbey Mah. Dr. Ali Demir Cad. No 51 Sefaköy İstanbul

Sertifika No: 40421

kitapla ilgili her türlü durumda bizimle
kitap@kuzeyyayinlari.com adresinden iletişime geçebilirsiniz

YAZARIN TÜM KİTAPLARI

Gen Bencildir

(The Selfish Gene - Kuzeý)

Genişlemiş Fenotip

(The Extended Phenotype - Alfa)

Kr Saatçi

(The Blind Watchmaker - Kuzeý)

Cennetten Akan Irmak

(River Out of Eden)

Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak

(Climbing Mount Improbable - Kuzeý)

Gkkuşağını zmek

(Unweaving the Rainbow - Kuzeý)

Ataların Hikayesi

(The Ancestor's Tale - Hil)

Bir şeytanın Papazı

(A Devil's Chaplain - Kuzeý)

Tanrı Yanılgısı

(The God Delusion - Kuzeý)

Yeryzndeki En Büyük Gsteri

(The Greatest Show on Earth - Kuzeý)

Gerçeğin Büyüsü

(Magic of Reality - Kuzeý)

Merak Tutkusu

(An Appetite for Wonder - Kuzeý)

Ruhtaki Bilim

(Science In The Soul - Kuzeý)

Dört Atlı

(The Four Horsemen - Kuzeý)

Tanrıyı Açmak

(Outgrowing God - Kuzeý)

Ve yakında Brief Candle In The Dark

İyi bir doktor ve iyi bir insan olan Robert Winston'a ithafen.

Yayıncının Notu: Kitabın bazı bölümlerinin daha iyi anlaşılması için Türkçe baskısının editörü ve çevirmeni tarafından çeşitli dipnotlar eklenmiştir. Bu notların yazarların dipnotlarından ayrılması amacı ile, editörün dipnotları **-ed.n.** ve çevirmenin dipnotları **-çev.n.** ile başlamaktadır.

Latince isimler: Latince isimlerin, örneğin ommadityum gibi bir ismin çoğulu *ommaditia* olmasına rağmen, kitap metninde bu tip bir kullanımın kafa karışıklığı yaratacağını düşündüğümüz için “ommadityumlar” şeklinde bir basitleştirme kullandık. Bu kullanımı rahatsız edici bulabilecek biyoloji konusunda eğitimli okurlardan özür dileriz. (Bir diğer örnek de “tagma, tagmata” şeklindedir.)

Tüm kitaplarımızda olduğu gibi lütfen **hatalı olduğunu düşündüğünüz yerleri** kitap@kuzeyyayinlari.com adresine gönderiniz. **Kitap hatalarından sorumlu görevlimiz bu bilgileri kitabın editörüyle derhal koordine edip, kitapların ileriki baskılarında düzeltilmesini sağlamaktadır.**

İÇİNDEKİLER

Yirminci Yıldönümü Baskısının Önsözü	9
BÖLÜM 1 - RUSHMORE DAĞIYLA YÜZLEŞMEK	13
BÖLÜM 2 - İPEKTEN ZİNCİRLER	55
BÖLÜM 3 - DAĞDAN GELEN MESAJ	95
BÖLÜM 4 - YERDEN AYAĞI KESMEK	139
BÖLÜM 5 - AYDINLANMAYA GİDEN KIRK AŞAMALI YOL	175
BÖLÜM 6 - TÜM KABUKLAR MÜZESİ	241
BÖLÜM 7 - KALEYDOSKOPİK EMBRİYOLAR	269
BÖLÜM 8 - POLEN TANELERİ ve SİHİRLİ KURŞUNLAR	305
BÖLÜM 9 - TEKRARLAYICI ROBOT	329
BÖLÜM 10 - SAKLI BAHÇE	355
Teşekkürler	387
Kaynakça	388
Dizin	389
Okuyucu Yorumları	391



Vikipedi'ye Teşekkür

Bu kitabı çevirirken bize büyük fayda sağlayan Özgür Ansiklopedi Vikipedi'ye olan teşekkürlerimizi belirtmek istedik. Ülkemizde birkaç yıl boyunca yasaklı olması çok üzücü bir durumdu. Kitlelerin, özellikle de öğrencilerin bu muhteşem bilgi kaynağından VPN kullanmadan yararlanamaması bu ülkenin eğitimi için üzücü bir kayıptı. 2020 yılında Anayasa Yüksek Mahkemesi, Vikipedi'nin başvurusu üzerine yasağı kaldırma kararı aldı ve Vikipedi tekrar Türk insanına hizmet vermeye başladı. Umarız bu durum değişir.

YİRMİNCİ YILDÖNÜMÜ BASKISININ ÖNSÖZÜ

Bu kitap bir televizyon programının kitaba aktarılmış hali olmasa da, BBC televizyonu tarafından yayınlanan Kraliyet Enstitüsü Noel Konuşmalarından¹ yola çıkarak gelişti ve ismini beş konuşmanın üçüncüsünün başlığından aldı. O konuşmada ön planda büyük bir dağın kartondan yapılma maketini sergiledim, konuşma için ebeveynlerim tarafından özenle hazırlanmıştı. Fakat bu kitapta oradaki konuşmaların içeriğinden çok daha fazlası var ve yazdığım on iki kitabımda da ilan ettim ki, *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak*, yazmakla en çok iftihar ettiğim iki kitaptan birisi. Bu kitap benim şahsi favorim olsa da, yirmi yıl boyunca düzenli bir şekilde satılan ve asla baskı dışı kalmayan bu kitabımın diğer kitaplarım kadar popüler olmayışı bana bir miktar şaşkınlık vermekte olan bir şeydir. Aradaki zıtlık, özellikle *Kör Saatçi* ile kıyaslanınca dikkat çekici hale geliyor, ki bu kitap ona bir miktar benziyor ama benim görüşüme göre onu aşıyor.

Olasılıksızlık Dağı benzetmesi yaradılışçılar arasında en sevilen “kanıtı” yanıtlamaya hizmet eder. Bu ünlü “kanıtlarını” ben alaycı bir şekilde “kişisel cehaletten kanıt” olarak adlandırıyorum. Bu herkese tanıdık gelecek “Şans eseri ortaya çıkamayacak kadar karmaşık ve güzel bir şekilde işlevsel” yakınmasıdır ve buna yapııştırılacak kısa cevap şudur: “Hayır, elbette şans eseri ortaya çıkmadı, doğal seçimle oluştu ve doğal seçim şansın tam zıddıdır.” Fakat bu da kendi içinde

1 -ed.n. 1825'ten beri her yıl Londra'daki Kraliyet Enstitüsünde düzenlenen, her biri tek bir konu üzerine bir dizi derstir. Dersler, bilimsel konuları bilgilendirici ve eğlenceli bir şekilde gençler de dahil olmak üzere genel bir izleyici kitlesine sunar. Michael Faraday, Noel Konferansı serisini 1825'te gençler için organize eğitimin kiti olduğu bir zamanda başlatmıştı. Faraday toplamda on dokuz ders dizisi sundu.

yetersiz bir tatmin sunar, tabi evrimin birikimli olduğunu hatırlayana kadar. Ve Olasılıksızlık Dağı benzetmesinin konuya dahil olduğu yer burasıdır. Doğal seçilime sunulmuş mutasyonlar birer şans işidirler (gerçi sadece sistematik olarak ilerlemeye doğru yönlendirilmemiş olmaları anlamında şans işidirler). Böylesi şans önerilerinin sayısız nesiller boyunca rastgele olmayan seçimleri ve küçük bir ölçeğe sahip her şans mutasyonunun adım adım Olasılıksızlık Dağının yumuşak yokuşlarından yukarıya doğru yığılması, en sonunda hayret verici karmaşıklık ve tasarım yanılması zirveleri üretecek ve o zirvelere tek bir sıçrayışta ulaşabilmeyi düşünmek akıl almaz bir şey olarak görünecektir.

Fakat Olasılıksızlık Dağının kendisi bu kitabı en favori iki kitabım arasında yapan şey değil. Onun yerine, sonlara doğru olan Tüm Kabuklar Müzesi, Kaleydoskopik Embriyolar ve Robot Tekrarlayıcı bölümleri buna yol açıyor. En sonda da “Saklı Bahçe” ile kitap, açılış paragraflarındaki incirlerin ve incir yaban arılarının bir karmaşıklık ve tasarım yanılması harikası olan hikayelerine geri dönerek bir sonuca ulaşmış oluyor.

Bir bakıma, *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak, Kör Saatçi*’den bazı temaları tekrarlıyor. Örneğin bilgisayar biyobiçimlerini alıyor ve yeni yönlerle doğru genişletiyor. Mesela onlara renkler ekliyor. Ve özellikle de, onlardan yeni dersler çıkarıyor. Her iki kitapta da bilgisayar biyobiçimleri programlamış olmam beni tüm hayvanları çok boyutlu muazzam bir geometrik uzayda resmetmeye yöneltti. Bu kitapta bu resmi “Olası Tüm Hayvanlar Müzesi” olarak adlandırdım. Tasavvur edilebilir hayvanların bu hiper küpünde, yakın akrabalar birbirlerine yakın otururlar, evrim hayatta kalabilenlerin bir seyahat rotasıdır ve bu rota ölülerin çorak arazileri arasından kıvrıla kıvrıla geçer. Büyük mutasyonlar, yani “ümit verici canavarlar” çoğunlukla ümitsizdirler çünkü aslında mezarlık yığınlarında sonlanacak birer uzun zıplayıştırlar.

Fakat bu kitap Müzeye yeni bir yolla bakıyor, bir kere sinde sapkınlık olduğunu düşünerek yok saymaya oldukça yaklaştığım bir noktayı vurguluyor. Yani hiper küpün bazı

koridorları veya galerileri geçişe kapatılmış olabilir. Ya da en azından buralarda ilerlemek zordur. Doğal seçim oralarda bulunanları cezalandırdığı için değil, embriyojiler, yani canlıların embriyolarının gelişim şekilleri doğal seçim için müsait olan çeşitlenmeleri sınırladığı için. Diğer taraftan, Müzenin diğer koridorları evrimi neredeyse manyetik bir çekimle kendilerine doğru emiyorlar. Bunu söylemek mutasyonların sistematik olarak ilerlemeye doğru yönlendirilmiş olduklarını söylemekle aynı şey değil. Öyle söylemek gerçekten Darwincilik sapkınlığı, Darwin'in de fark ettiği mistik hurafe olurdu. Onun yerine, bazı embriyolojilerin bir şekilde evrimsel doğurganlığa uygun hale geldiklerini söylemektir. Bu, "Evrilebilirliğin Evrimi" fikrine doğru ilerler. Bu başlık artık oldukça moda bir ifade haline geldi ve bildiğim kadarıyla bu başlığı ilk olarak ben bir makalemden kullanmıştım (1989'da, daha sonra bu makaleyi *Kör Saatçi*'nin sonuna tam metniyle ekledim). Bedensel bölütlenme gibi embriyolojik keşifler (ki bölütler halkalı kurtlarda, eklembacaklılarda ve omurgalılarda bağımsız bir şekilde evrilmiştir) bir çeşit daha yüksek seviyeli seçim tarafından tercih ediliyor olabilir ve alışıldık "Darwinci en uygunun hayatta kalımının" üstüne ekleniyor olabilir. Ayakları yere basan daha küçük ölçekte "en uygun olan hayatta kalırken," evrilebilirlik büyük bir ölçekte evriliyordur.

"Tüm Kabuklar Müzesi" bölümünde Kör Saatçi biyobiçimleri programı içine bir yumuşakça kabuğu embriyolojisi yerleştirdim. Yumuşakça kabukları özel bir durumdur. Az bir miktar doğaçlama yardımıyla Olası Kabukların Müzesi tam olarak üç boyutlu bir küp olarak temsil edilebilir. Bu özel durum okuyucuyu daha zorlayıcı olan sonsuz sayıda boyuta sahip, her boyutu bir "koridor" olan bir hiper küp fikri için hazırlar.

Bir sonraki "Kaleydoskopik Embriyolar" bölümü bu kitapta en orijinal olan bölümdür. Bilgisayar modellerini yine önsezi arttırıcılar olarak kullanarak, evrim üzerindeki embriyonik kısıtların kısıtlamak yerine geliştirici olduklarının ortaya çıkabileceği çelişkisini araştırır. Bilgisayar modelleri

terimleriyle anlaşılması kolay olan embriyodaki “aynalar” benzetmesi bu prensibi açıklamaya hizmet eder. Çeşitli düzlemlerdeki embriyolojik “aynalar” simetri kısıtlamaları noktasını açıklığa kavuşturur. Embriyonik aynalar yanında bu kitapta “evrilebilirliğin” iyileşmiş hale gelişinin bir başka örneği olarak ele alınan şey bölütlenmedir. Bu konu bilgisayar “eklembiçimleri”nin simülasyonu kullanılarak açıklanır.

Örümcek ağı üzerine olan bölümler haricinde bu kitapta (ve *Kör Saatçi*'de) tarif edilen tüm bilgisayar programları benim tarafımdan, artık kullanılmayan Pascal dilinde ve artık tarih olmuş bir bilgisayar ortamında yazılmıştı (Eklembiçimler programında Ted Kaehler'in yardımını aldım). Onların yok olup gittiklerini düşünerek yas tuttum yıllarca. Ama şimdi Alan Canon sayesinde küllerinden uyanan bir anka kuşu gibi tekrar dirildiler. Benim kıymetli yavrularım bir kez daha canlandılar çünkü Alan Canon anlaşılması zor olan eski Pascal kodlarımı alarak modern bilgisayarlar için yeniden yazmak gibi külfetli bir işi sırtlandı ve bunun için ona muazzam miktarda minnettarım. *Kör Saatçi*'de doğmuşlardı, *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak*'ta renklenerek çiçeklenmiş ve yumuşakçalarla eklembacaklılara doğru çeşitlenmişlerdi. Moore Kanunu onları gömmüştü ve ben onları ölü sayarak ıskartaya çıkarmıştım. Teşekkürler Alan. Ve Penguin yayınevinden Mathieu Triay'a da teşekkür etmek istiyorum çünkü Alan'ın programlama kodunu temel alarak interaktif bir site hazırladı ve bu siteyi kullanarak dünyanın her yerindeki okuyucular kendi benzersiz biyobiçimlerini ve kabuklarını oluşturabilirler artık. Bu siteye www.mountimprobable.com adresinden ulaşabilirsiniz.

Richard Dawkins,
Mayıs 2016

BÖLÜM 1

RUSHMORE DAĞIYLA¹ YÜZLEŞMEK

Kısa bir süre önce konusu incir olan bir konferansa² dinleyici olarak katıldım. Botanikle ilgili bir konferans değildi, edebi bir konferanstı. Konferansta incir bize edebi anlamında sunuluyordu.

Yani bir mecaz olarak incir; incirin algılanışındaki farklılıklar; vulvanın³ simgesi olarak “incir” ve incir yaprağının onu örtmek için iffet malzemesi olarak kullanılması; bir hakaret olarak “incir”; incirin sosyal anlamı; incirin toplum içindeyken nasıl yenmesi gerektiği konusunda D. H. Lawrence’ın⁴ yorumu; “inciri okumak” ve sanırım “bir metin olarak incir”

1 -*ed.n.* Rushmore Dağı ABD’nin Dakota eyaletinde bulunur ve kayalıklarının birinin üzerindeki Rushmore Dağı Anıtı ile ünlüdür. Bu anıt ABD’nin dört kurucu başkanını (George Washington, Thomas Jefferson, Theodore Roosevelt ve Abraham Lincoln) gösteren dev heykellerden oluşur. İleriki sayfalarda bahsedilecek bu anıtın resmini sayfa xxx’de görebilirsiniz.

2 -*ed.n.* Buradaki konferans, üniversitede bir akademisyenin uzmanlık alanında bir konu ile ilgili hazırladığı bir sunumu o bölümdeki öğrencilere, akademisyene ve konuyla ilgilenen meraklılara sunduğu bir konuşma anlamındadır.

3 -*çev.n.* Vulva, insan dışısının cinsel organının dışarıdan görünen kısımları.

4 -*ed.n.* David Herbert Lawrence (1885-1930), İngiliz romancı. *Le ydi Chatterly’nin Âşığı* adlı romanın yazarı.

diye bir şeyler de vardı. Ardından konuşmacı tüm bunlara dair kafasında oluşturduğu düşünceleri açıkladı. Bize bilgelik ağacının meyvesinden yemesi için Havva'nın Âdem'i ayarttığını anlatan Yaratılış öyküsünü hatırlattı. Yaratılış öyküsünde bu meyvenin ne olduğunun belirtilmediğini anımsattı. Geleneksel olarak insanlar bu meyveyi elma olarak kabul ederler. Konuşmacı bu meyvenin incir olabileceğinden şüpheleniyordu ve bu ilginç küçük gerçekle konuşmasını bitirdi.

Bu tip bir şey, belli türdeki edebi zihinler için büyük bir sermayedir ama *beni* burada anlatılanların gerçek doğasını sorgulamaya kıskırtıyor. Konuşmacı açıkça görünen bir şekilde Cennet Bahçesi'nin, ya da "iyiliğin ve kötülüğün bilgeliği ağacının" hiç var olmadığını biliyordu. Öyleyse gerçekte ne söylemeye çalışmıştı? Sanırım öyküdeki meyvenin incir olması "gerektiğine" dair belli belirsiz bir hisse sahipti. İncirin bu şekildeki muğlak ve mistik anlamları çekicidir ama bizi belli bir yere götürmez. Yazılan her şeyi yazıldığı anlamıyla almamıza ve Grandgrind¹ tarzı düşünmemize gerek yok ama bizim zarif konuşmacımız çok şey *kaçırıyordu*. İncirde pusuya yatmış hakiki bir paradoks ve gerçek bir şiirsellik bulunur; sorgulayıcı bir zihni kullanmayı gerektirecek ince detaylar ve sanatsal bir zihni şenlendirecek harikalar bulunur. Bu kitapta incirin gerçek öyküsünü anlatabileceğim bir noktaya ulaşmak istiyorum. Fakat incirin öyküsü, evrimde en tatmin edici karmaşıklığa sahip olan öyküler arasında olsa bile, her biri aynı Darwinci dilbilgisine ve mantığa sahip olan milyonlarca öyküden yalnızca biridir. Bu kitabın merkezi mecazından bir tat sunarsak, incir ağacı Olasılıksızlık Dağının en yüksek zirvelerinin birinin tepesinde durur. Ama incir ağacının gibi yüksek zirveler bu kitapta beraber çıkacağımız seferimizin ancak sonlarında en iyi şekilde fethedilebilirler. O noktaya gelmeden önce söylenmesi gereken birçok şeyin yanı sıra, geliştirilmesi ve açıklanması gereken tam bir hayat görüşü, çözümlenmesi gereken bilmeceler ve çözüme ulaştırılması gereken paradokslar bulunur.

1 -çev.n. Grandgird, Charles Dickens'ın *Zor Zamanlar* adlı romanında, her türlü detayı ve gerçeği göz önünde tutarak, fakat kitapta anlatılan hiçbir detayı, org

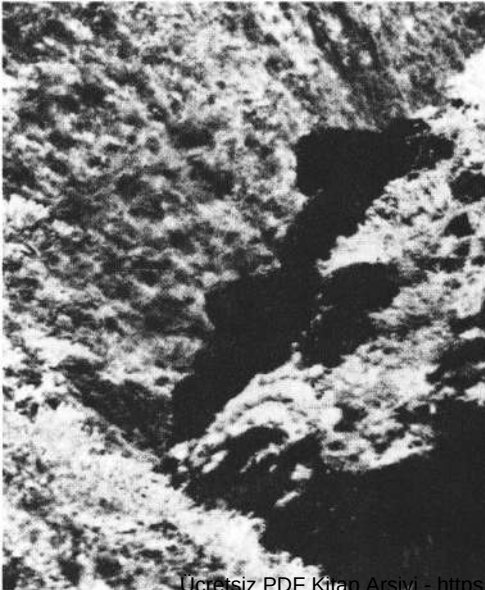
Söylediğim gibi, incirin öyküsü, en derin seviyeye inildiğinde, bu gezegende yaşayan diğer her canlının öyküsüyle aynıdır. Her canlının öyküsü yüzeysel ayrıntılar bakımından diğerlerinden farklılık gösterse de, yine her biri DNA'nın ve DNA'nın kendisini 30 milyon farklı yolla çoğaltmasının bir çeşididir sadece.

Bu kitapta izleyeceğimiz yolda, örümcek ağlarına ve bu ağların nasıl hayret verici ama bilinçsiz bir şekilde üretildiklerine ve nasıl çalıştıklarına bakma fırsatımız olacak. Kanatların ve fil hortumlarının yavaş ve aşamalı evrimini yeniden kuracağız. “Gözü” göreceğiz. Evrimi bazen efsanevi şekilde zor gözükse de, hayvanlar aleminin dört bir tarafında en az kırk kez ve muhtemelen altmış kez bağımsız bir şekilde evrimleştiğini öğreneceğiz. Dünyada yaşamış ve ölmüş sayısız canlıdan ve hatta onların hiç yaşamamış olan sayısız hayali kuzeninden oluşan devasa bir müzede hayal gücümüzü kolayca gezintiye çıkarabilmemize yardımcı olmaları için bilgisayarlar programlayacağız. Olasılıksızlık Dağının patikalarında gezintiye çıkacağız, dik kayalıklarına uzaktan bakıp ürpererek ve hayranlık duyacağız, ama durup dinlenmeksizin diğer tarafında yumuşak eğimli yokuşları arayacağız. Bu sırada Olasılıksızlık Dağı benzetmesi daha açık hale getirilmiş olacak ve daha birçok şey ona eşlik edecek. Ancak önce doğadaki görünüşteki tasarım problemini, bunun doğru olup olmadığını, insan tasarımıyla ve tesadüfle olan ilişkisini açıklığa kavuşturmakla başlamam gerek. İçinde bulunduğumuz bu birinci bölümün amacı da işte bu.

Londra'daki Doğal Tarih Müzesi bize tanıdık gelen nesneleri andıran bir “acayip taşlar koleksiyonuna” sahiptir: Çizme, el, bebek kafatası, ördek, balık. Bu taşlar, benzerliğin özel bir takım anlamlara gelebileceğini cidden düşünen insanlar tarafından gönderilmişti. Fakat sıradan taşlar aşınarak o kadar çok sayıda şekle dönüşürler ki, bazen bize bir çizmeyi ya da bir ördeği çağrıştıran bir taş buluyor olmamız şaşırtıcı değildir. İnsanların etrafta dolaşırken dikkat ederek topladıkları ve müzeye ilginç diye gönderdikleri taşlar arasından en ilginç olanlarını bu müze seçip saklamış ve sergilemeye devam et-

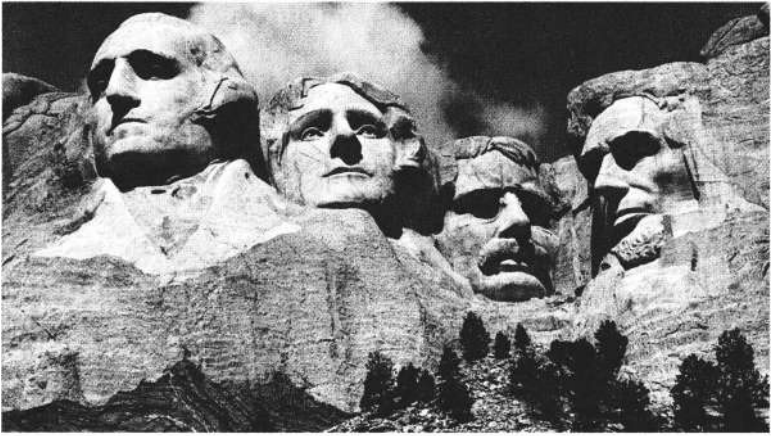
mişti. Ama diğer sayısız taş sadece sıradan birer taş oldukları için insanlar tarafından toplanmadı ve müzeye gönderilmedi. Ve müzedeki bu taş koleksiyonunda görünen rastlantısal benzerlikler ilgi çekici olmalarına rağmen herhangi bir anlama sahip değildirler. Aynı şey bulutlarda ya da kayalıkların gölgelerinde yüz veya hayvan şekilleri gördüğümüzü düşündüğümüzde de geçerlidir. Benzerlikler sadece birer tesadüftürler.

Resim 1.1'deki sarp dağ eteğinin merhum Başkan Kennedy'nin yandan profilini akla getirdiği düşünülür. Size bu söylendiğinde, John Kennedy ya da kardeşi Robert Kennedy'ye ufak bir benzerlik olduğunu fark edebilirsiniz. Ancak bazıları da bu benzerliği görmezler ve buradaki benzerliğin tesadüfî olduğuna inanmak kesinlikle kolaydır. Ancak diğer taraftan, mantıklı bir insanı Güney Dakota'daki Rushmore Dağı'nın aşınarak, ABD kurucu başkanları olan Washington, Jefferson, Lincoln ve Theodore Roosevelt'in şekillerine dönüştüğüne inanmaya ikna edemezsiniz. Birisinin bize bu heykellerin kasıtlı bir şekilde (tasarımcısı olan Gutzon Borglum'un yönetimi altında) oyulduğunu söylemesine gerek yoktur. Tesadüfî olmadıkları kesinlikle açıktır çünkü her yerlerinde "tasarlanmışlık" yazılıdır.



Resim 1.1

Tam bir tesadüf.
Hawaii'de bir tepe
yamacında eski ABD
başkanı Kennedy'nin
yandan profili.



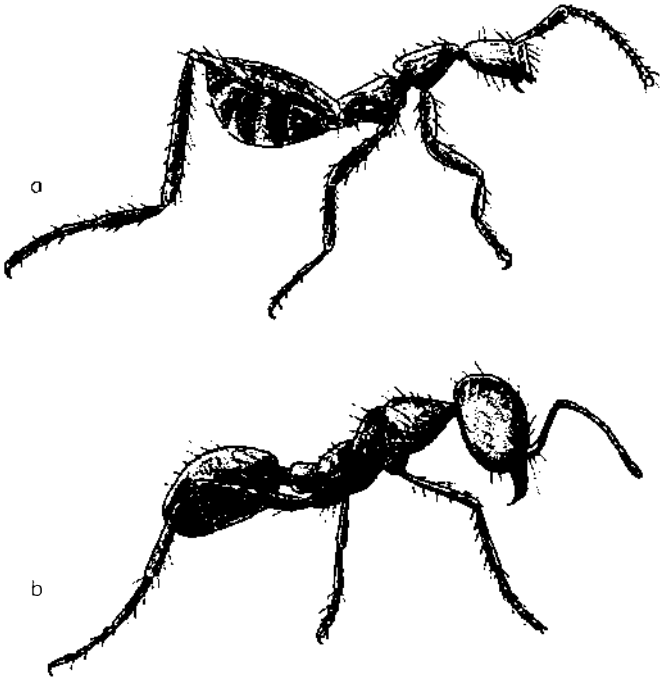
Resim 1.2 Altı buçuk yıl çalışılarak yaratılmış bir tasarım: Rushmore Dağı Anıtı

Rushmore Dağı ile belli belirsiz John Kennedy anımsatması arasındaki (ya da Mauritius'taki Mont St Pierre veyahut doğal aşınma yoluyla meydana gelmiş diğer merak uyandırıcı şekiller arasındaki) fark da budur. Rushmore Dağı'na kazınmış yüzlerin orijinalleriyle benzeştikleri detaylar tesadüfen meydana gelemeyecek kadar muazzamdır. Oradaki yüzler kolaylıkla tanınabilirler ve dahası, farklı açılardan bakılsa da bu değişmez. Resim 1.1'deki John Kennedy'yi andıran şekil ise sadece belirli bir açıdan ve belirli bir ışıktaki bakıldığı zaman fark edilebilir. Evet, bir kaya aşınarak belirli bir bakış açısından görülebilecek bir burun şeklini ve belki bir çift başka kaya da dudakların şeklini almış olabilir. Tesadüfen böyle bir şekil benzerliğinin oluşmasını beklemek çok fazla şans istemek olmaz, özellikle de eğer fotoğrafı çeken kişi, seçilecek olası her açıya sahipse ve bu açılardan yalnızca biri benzerliği veriyorsa (ayrıca birazdan döneceğim bir gerçek daha var ki, insan beyni yüz görme konusunda oldukça isteklidir, yani beyin sürekli yüzler bulma peşindedir). Oysa Rushmore Dağı başka bir meseledir. Dağıdaki dört kafa açık bir şekilde *tasarlanmıştır*. Onları bir heykeltıraş zihninde tasavvur etmiş, kâğıda çizmiş, kayalığın her yerinde oldukça dikkatli ölçümler yapmış ve her biri yaklaşık 20 metre uzunluğunda olan

dört adet yüzü biçimlendirmek için dinamit ve hava basınçlı matkaplar kullanan işçi ekibini yönetmiştir. Ustalıkla yerleştirilmiş dinamitlerin yaptığı bu işi hava da yapmış *olabilirdi*. Fakat bir dağın aşınarak şekillenmesini sağlayacak olası tüm yollardan yalnızca çok az bir kısmı belirli dört kişiye benzeyecek bir şekil oluşturabilir. Rushmore Dağı'nın tarihini bilmiyor olsaydık bile, dağdaki dört adet yüzün aşınarak oluşma olasılığını astronomik ölçüde düşük olarak değerlendirirdik, tıpkı bir bozuk parayı 40 kez havaya atıp her defasında tura elde etmek için olduğu gibi.

Tesadüf ve tasarım arasındaki ayrımın açık olduğunu düşünüyorum, pratikte her zaman olmasa bile prensipte açıktır. Fakat bu bölüm aradaki ayrımın anlaşılmasının daha zor olduğu nesnelerden oluşan üçüncü bir kategoriden bahsedecek. Onları *tasarımvari* olarak adlandıracam. Tasarımvari nesneler canlı bedenleri ve onların ürünleridirler. Tasarımvari nesneler tasarlanmış gibi *görünürler*, o kadar ki bazı insanlar (muhtemelen talihsiz biçimde çoğu insan) onların *tasarlanmış olduklarını* düşünür. Bu kişiler yanılıyorlar. Ancak tasarımvari nesnelerin şansın sonucu olamayacağını düşünme konusunda haklılar. Tasarımvari nesneler tesadüf eseri oluşmazlar. Aslında neredeyse mükemmel bir tasarım yanılışı oluşturan ve rastlantısal olmayan muhteşem bir süreç tarafından şekillendirilmişlerdir.

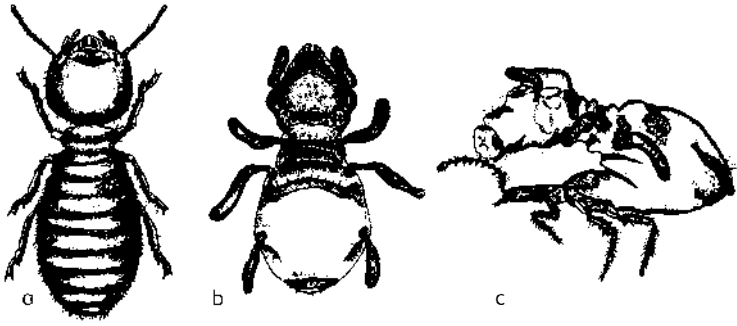
Çizim 1.3 yaşayan bir heykeli gösterir. Kınkanatlı böcekler genelde karıncalar gibi görünmezler. Bu sebeple, eğer karıncaya neredeyse tamamen benzeyen bir kınkanatlı görürsem, dahası, yaşamını bütünüyle bir karınca yuvasında idame ettirmekte olan bir kınkanatlı görürsem, bu benzerliğin bir anlama geldiğine dair haklı olarak şüphe duyarım. Üstteki hayvan esasında bir kınkanatlıdır (yaygın kınkanatlılar ya da bahçe kınkanatlıları onun yakın kuzenleridir) ancak karınca gibi gözüktür, karınca gibi yürür ve bir karınca yuvasında karıncaların içinde yaşar. Alttaki ise gerçek bir karıncadır. Her gerçekçi heykelde olduğu gibi, burada da modele olan benzerlik bir tesadüf değildir. Salt tesadüften başka bir açıklama gerektirir. Ama ne tür bir açıklama? Karıncalara oldukça faz-



Çizim 1.3 Tasarlanmamış ama rastlantısal olmayan bir benzerlik. (a) Karıncayı taklit eden bir kınkanatlı: *Labidus praedator* ve (b) bir karınca: *Mimeciton antennatum*.

la benzeyen kınkanatlıların hepsi karınca yuvalarında ya da en azından karıncalarla yakın ilişki içinde yaşadıklarına göre, bu kınkanatlıların karıncalara benzemesine neden olan ve onların büyüme şekillerini değiştiren şey karıncalardan kaynaklı bir tür kimyasal madde ya da bir tür enfeksiyon olabilir mi? Hayır, doğru açıklama (yani Darwinci doğal seçim) çok farklıdır ve ona daha sonra geleceğiz. Şu an için bu benzerliğin ve diğer “taklitçilik” örneklerinin kazara olmadığını kesin olarak bilmemiz yeterli. Onlar ya tasarlanmışlar ya da tam olarak tasarım kadar etkileyici sonuçlar üreten bir sürecin sonucudurlar. Bu çarpıcı benzerliklerin nasıl meydana geldiğinin açıklamasını şimdilik açık bırakarak, hayvanlardaki taklitçiliğin başka örneklerine de bakalım.

Bir önceki örnek, kınkanatlı etinin farklı bir böcek türünü “taklit etmek için işe koyulduğunda” ne kadar güzel bir iş çı-



Çizim 1.4 (a) Gerçek bir termit: *Amitermes hastatus*; (b) Bir termiti taklit eden bir kınkanatlı: *Coatonachthodes ovambolandicus*; (c) Hilenin nasıl yapıldığı.

karabildiğini gösterir. Ama şimdi de Çizim 1.4 b'deki canlıya bakın. Bir termit gibi gözüküyor. Kıyaslamanız için Çizim 1.4 a'da gerçek bir termit var. Çizim 1.4 b'de gösterilen de bir böcek, ama bir termit değil. Esasında o bir kınkanatlı. Kabul etmeliyim ki, bir önceki örnekteki karınca taklitçisi kınkanatlı da dâhil olmak üzere, böcek dünyasında bundan daha iyi taklit örnekleri gördüm. Buradaki “kınkanatlı” sadece bir parça tuhaf. Bacakları uygun eklemelerden yoksunmuş gibi görünüyor, küçük balonlar gibiler. Başka herhangi bir böcek gibi, bir kınkanatlı da bacaklarını kendi kontrolünde eklemlediğine göre, bir termitin eklemli bacaklarını taklit etmede daha iyi bir iş çıkarılmasını bekleyebilirdiniz. Peki bu muammanın çözümü ne? Bu taklit neden gerçek eklemli bir böcek yerine şişirilmiş bir kukla gibi görünüyor? Cevap tüm doğa tarihinin en hayret verici manzaralarından biri olan Çizim 1.4 c'de görülebilir. Çizim termit taklitçisi kınkanatlıyı yandan gösteriyor. Kınkanatlının gerçek başı oldukça küçük (normal, eklemli antenin hemen yanında gözü görebilirsiniz). Bu gerçek baş dar bir gövdenin ucunda ve bu gövdeden üç çift normal ve eklemli kınkanatlı bacağı çıkıyor. Böcek aslında bu eklemli ayaklar üzerinde yürür. Hilenin gerçekleştirildiği yer karın bölgesidir. Karın dönerek kemer yapmıştır ve böylelikle başı, gövdeyi ve bacakları bir güneş şemsiyesi gibi tamamen örter. Tüm “termit” kınkanatlıın karın kısmı/arka yarısından oluş-

turulur. “Termitin başı” kınkanatlının karnının arka ucudur. “Termit ayakları” ve “antenleri” karından dışarı uzanan ve gevşekçe sallanan yumrulardır. Bu yüzden, buradaki taklidin bir önceki şekildeki karınca taklitçisi kınkanatlıninkiyile aynı kalitede olmaması şaşırtıcı değildir. Bu arada, buradaki termit taklitçisi kınkanatlı da, tıpkı Çizim 1.3’deki karınca taklitçisi kınkanatlının yaşamını karıncaların arasında idame ettirdiği gibi, yaşamını termit yuvalarında bir parazit olarak idame ettirir. Benzerliğin kalitesi daha düşük olsa da, başlangıç malzemelerini düşündüğünüzde, termit taklitçisi kınkanatlı, karınca taklitçisi kınkanatlıdan daha etkileyici bir heykeltıraşlık işi çıkarmış gibi görünür. Bunun sebebi, karınca taklitçisi bedenindeki her bir parçayı karıncanın bedeninde karşılık gelen her bir parçaya benzeyecek şekilde değiştirirken, termit taklitçisinin bedenindeki çok farklı bir parçayı (karnını) termitin bedenindeki parçalara benzeyecek şekilde değiştirmesidir.

Hayvan “heykelleri” içerisinde benim kendi favorim aşağıdaki yapraklı deniz ejderidir. Bu bir balık ve bir deniz atı



Resim 1.5 Kamuflejda mükemmeliyet. Avustralya’dan dişi bir “yapraklı deniz ejderi” *Phycodurus equus*. - <https://rantey.org>

türüne ait. Bedeni deniz yosunu şekline yontulmuş. Bu şekil ona koruma sağlar çünkü deniz yosunları arasında yaşar ve onu orada fark edebilmek hayret verici şekilde zordur. Taklit yeteneği, hangi açıdan bakılırsa bakılsın, tesadüfî olamayacak kadar sıradışı mükemmeliyettir. Bu canlı, Kennedy kayalığındansa Rushmore Dağı'na daha yakın bir konumda yer alır. Bu konuda kendimden emin olmamın nedeni, kısmen olmadığı bir şeye benzeyerek bizi etkileyebileceği yolların muazzam sayısından, kısmen de balıkların normalde böyle bir şekle uzaktan yakından benzeyen herhangi bir tasarıma sahip olmadıkları gerçeğinden kaynaklanıyor. Bu açıdan bakıldığında, yapraklı deniz ejderinin başarısı karınca taklitçisinden ziyade termit taklitçisiyle benzerdir.

Buraya kadar, bizi gerçek heykeller kadar etkileyen nesnelerden, yani başka şeylere çok çarpıcı bir biçimde benzedikleri için tesadüfî olamayacaklarını hissettiğimiz nesnelerden konuştuk. Yapraklı deniz ejderleri ve karınca taklitçisi kınkarnatlılar *tasarımvari* heykellerdir çünkü son derece güçlü bir şekilde sanki bir sanatçı tarafından belli bir şeyi andırmaları için tasarlanmış gibi görünürler. Ancak heykeller insanların tasarladığı nesne türlerinden yalnızca birisidir. Diğer insan üretimi nesneler bizi sadece bir şeyi andırmaları yüzünden değil, aynı zamanda belirli bir amaç için hata götürmez bir şekilde kullanışlı oldukları için de etkilerler. Bir uçak, uçmak için kullanışlıdır. Bir demlik, su tutmak bakımından kullanışlıdır. Bir bıçak, nesneleri kesmek için kullanışlıdır.

Kendiliğinden nesneleri kesecek kadar keskin bir şekle sahip olmuş taşlar için ödül önerseydiniz, ya da aynı şekilde tesadüfen içinde su tutabilecek bir şekle dönüşmüş taşlar için ödül önerseydiniz, muhtemelen size az buçuk işe yarayacak taşlar gönderilirdi. Çakmak taşları sıklıkla iyi bir keskin kenar bırakacak şekilde çatlayarak kırılırlar ve eğer dünyadaki taş ocaklarını ve taş yığınlarını gezseydiniz kesinlikle işe yarar birkaç doğal bıçak bulurdunuz. Taşların aşınarak oluşturabilecekleri şekil zenginliği arasından bazıları tesadüfen içlerine su koyulabilecek çukurluklara sahip hale gelmiş olabilir. Belirli kristal türleri doğal olarak bir oyuğun etrafını kaplarlar;

bu kristallerin oluşturdukları oyuk ufak ve etrafındaki kristal kütlesi oldukça kalın ve ağır olsa da, ortadan ikiye bölündüklerinde iki işe yarar kap ortaya çıkarırlar. Bu taşların bir adı bile vardır: Jeot. Masamın üzerinde bir jeot'u kâğıt ağırlığı olarak kullanıyorum ve eğer iç kısmında bir sürü çıkıntı olduğu için yıkanması zor olmasaydı onu içecekleri içmek için kap olarak kullanabilirdim.¹

Doğal yollarla oluşmuş kapların insan tarafından yapılmış olanlardan daha az verimli olduğunu gösterecek verimlilik ölçütleri oluşturmak kolaydır. Verimlilik, maliyete bölünen bir tür fayda ölçütüdür. Bir çaydanlığın faydası, içinde tutabildiğı su miktarıyla ölçülebilir. Maliyet de eşdeğer birimlerle, yani çaydanlığın kendisini oluşturan malzemenin miktarıyla kolaylıkla ölçülebilir. Verimlilik, çaydanlığın tutabildiğı suyun hacminin, çaydanlığın yapımı için gereken malzeme miktarına bölümü olarak tanımlanabilir. Benim masamın üzerinde duran oyuk taş, 87,5 cc su tutuyor.² Taşın kendi hacmi de (bunu da Arşimet'in ünlü Banyoda-Eureka metoduyla buldum) 130 cc. Böylelikle bu "çaydanlığın" verimliliğı yaklaşık 0,673'tür. Bu çok düşük bir verim ama şaşırtıcı değıl, çünkü bu taş asla içerisinde su bulundurmak için tasarlanmamıştı. Sadece tesadüfen su tutar hale gelmişti. Aynı ölçümleri bir şarap kadehi üzerinde yaptım ve sonuç 3,5 civarında. Bir arkadaşımın gümüş krema çanağı daha da verimli. 250 cc su tutabiliyor, yapıldığı gümüş ise sadece 20 cc yer kaplıyor (suya batırıldığında 20 cc suyu taşıyor). Bu yüzden verimliliğı 12,5 kadar yüksek bir seviyede.

Bu açıdan bakıldığında, insan yapımı her çanak verimli çıkmaz. Mutfak dolabından aldığım ağır bir çanak 190 cc su tutabiliyor fakat yapımında malzeme olarak 400 cc gibi muazzam miktarda mermer kullanılmış. Bu sebeple verimliliğı sadece 0,475. Bu verimlilik kesinlikle tasarlanmamış olan

1 -ed.n. Bu jeotları kristal taş satan seyyar satıcılarda veya internet satışlarında görmüş olabilirsiniz. Bunlar bazen ametist taşı ismiyle de satılırlar. Jeotları görmek isterseniz Google resimlerde "kristal jeot" olarak aratabilirsiniz.

2 -ed.n. Hacim ölçüsü birimi cc, (cubic centimeter) santimetre küp anlamına gelir ve cm³ olarak da yazılabilir. Cm³ değıl de cc olarak yazılmasının nedeni yazım kolaylığıdır. Ayrıca 1 cc 1 mL'ye (mililitre) yani litre'nin binde birine eşittir. Ayrıca 1 cc 1 mL'ye (mililitre) yani litre'nin binde birine eşittir.

çukur taşınkinden bile daha az. Bu nasıl olabilir? Cevap aydınlatıcıdır. Bu mermer çanak aslında bir havan. İçerisinde sıvı tutmak amacıyla tasarlanmamış. Baharat ve diğer yiyecekleri bir tokmak yardımıyla ezmek için kullanılan bir el değirmeni. Bir şarap kadehini havan olarak kullanamazdınız, uygulanacak kuvvetin etkisiyle paramparça olurdu. Eğer bir çanak havan olarak tasarlanmışsa, çanaklar için ortaya koyduğumuz verimlilik ölçütü ona uygun olmaz. O zaman başka bir fayda/maliyet oranı oluşturmamız ve bir tokmak tarafından uygulanan güçle kırılmasın diye sağlam olduğunu hesaba katmalıyız. O zaman doğal jeot iyi tasarlanmış bir havan olarak nitelendirilebilir miydi? Dayanıklılık testini muhtemelen geçirdi ama bir havan olarak kullanmak isteseydiniz pürüzlü ve pütürlü olan iç kısmı karşınıza bir dezavantaj olarak çıkardı çünkü içerisindeki gedikler küçük taneciklerin tokmak tarafından ezilmesine engel olurdu. Bir havan için, kabın iç yüzeyinin düzgünlüğüyle ilgili bir gösterge daha ekleyerek verimlilik ölçütünüzü iyileştirmek zorunda kalırdınız. Mermer havanımın tasarlanmış olduğu, bir başka kanıttan da çıkartılabilir: Bu kanıt, yukarıdan bakıldığında görülen, hassas bir şekilde döndürülmüş ağız ve taban kısmıyla eşleşen mükemmel dairesel plan kesitidir.

Bıçaklar için benzer verimlilik ölçütleri oluşturabiliriz ve hiç şüphem yok ki bir taş ocağında tesadüfen karşılaşabileceğimiz doğal yollarla oluşmuş çakmaktaşları da sadece en kaliteli şef bıçaklarıyla değil, müzelerin *Geç Dönem Taş Devri* koleksiyonlarında sergilenen zarifçe yontulmuş çakmaktaşlarıyla bile karşılaştırıldıklarında pek iyi neticeler alamayacaklardı.

Doğal yollarla tesadüfen oluşmuş çanak ve bıçakların, tasarlanmış olan eşdeğerlerine kıyasla daha az verimli oldukları başka bir anlam daha vardır. İşe yarayabilecek keskin bir taş araç ya da su sızdırmayan bir taş çanak bulma sürecinde muazzam sayıda işe yaramaz taşın incelenmesi ve işe yaramazlıkları görüldüğü için atılması gerekir. Bir çanağın tuttuğu suyu ölçüp, bunu çanağı oluşturan malzemedeki taşın ya da kilin hacmine böldüğümüzde, atılan taş ya da kilin maliye-

tini de paydaya eklemek daha doğru olur. Bir çömlekçi tekerleği üzerinde döndürülerek üretilmiş insan yapımı bir çanağı düşündüğümüzde bu ek maliyet göz ardı edilebilir olacaktır. Yontulan bir heykelin durumunda ise atılan taş parçaları olur ama çok değildirler. Tesadüfen meydana gelmiş ve etrafta tesadüfen bulunmuş bir çanak ya da bıçağı düşündüğümüzde ise bu “ıskarta maliyeti” muazzam olacaktır. Taşların büyük bir kısmı su tutamazlar ve keskin değildirler. Aletler ve kap kakaklar için insan çabasıyla şekillendirilenler yerine tamamen tesadüfi buluntulara bel bağlayacak bir endüstri, işe yaramaz diye çöpe atılan malzeme yığınlarının muazzam ölü ağırlığının verimsizliğine sahip olurdu. Bu nedenle, tasarım buluntuya kıyasla verimlidir.

Şimdi de dikkatimizi tasarımvari nesnelere, yani tasarlanmış gibi görünen ama aslında tamamen farklı bir süreç aracılığıyla bir araya getirilmiş olan canlılara çekelim. Tasarımvari kaplarla başlayalım. Bir sonraki sayfada görülen et yiyen bitki (Resim 1.6) sadece başka bir kap türünden ibaret olarak görülebilir, ancak mükemmel bir “ekonomi orantısı” bulunur, bahsettiğim ölçmüş olduğum gümüş kapla olmasa da, şarap kadehininkiyle kıyaslanabilir. Sadece suyu içerisinde tutmak için değil, aynı zamanda böcekleri boğmak ve sonra sindirmek için de mükemmel bir şekilde tasarlandığı her halinden bellidir Böceklerin karşı koyamadığı hoş bir parfüm üretir. Koku, bitkinin baştan çıkarıcı renk deseniyle birleşerek, avı bitkinin sürahisinin üst kısmına çeker. Burada böcekler kendilerini kalles kayganlığı tesadüfün ötesinde olan dik bir kaydırakta bulurlar ve son çırpınışları engellemek için iyi bir konuma konuşlanmış olan aşağı doğru yönlendirilmiş tüylerle son saldırı gerçekleştirilir. Bitkinin karanlık midesine düştüklerinde, ki neredeyse her zaman düşerler, içerisinde boğulacakları sudan daha fazlasını bulurlar. Meslektaşım Dr. Barrie Juniper tarafından dikkatime sunulan detaylar oldukça etkileyicidir ve bu hikâyeyi kısaca anlatacağım.

Böceklerle tuzak kurmak işin sadece bir kısmıdır, ancak et yiyen bitki, böcekleri sindirim için uygun hale getirecek çene, kaslar ve dişlerden yoksundur. Belki bitkiler dişler ve



Resim 1.6 Tasarımvari bir kap.

Borneo'dan et yiyen bitki, *Nepenthes muluensis*.

çiğneme için çene geliştirebilirlerdi, ancak pratikte daha kolay bir çözüm bulunur. Et yiyen bitkinin içinde bulunan su, kurtçuklardan ve diğer canlılardan oluşan geniş bir topluluğa ev sahipliği yapar. Bu canlılar et yiyen bitkiler tarafından oluşturulmuş kapalı havuzcuklardan başka hiçbir yerde yaşamazlar ve bitkinin kendisinin sahip olmadığı çenelerle donatılmışlardır. Et yiyen bitkinin içinde boğulan kurbanların

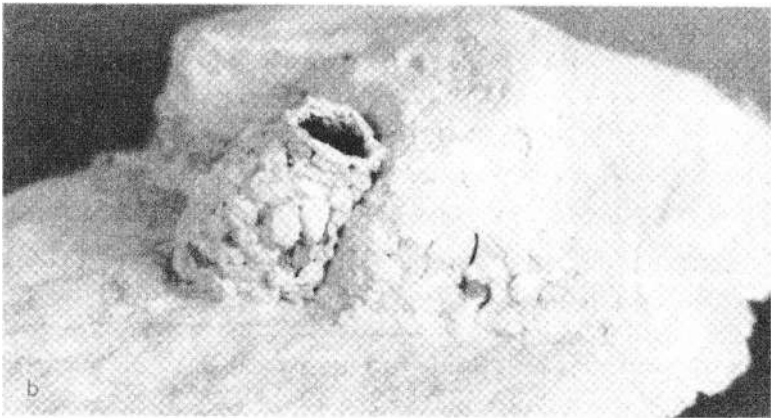
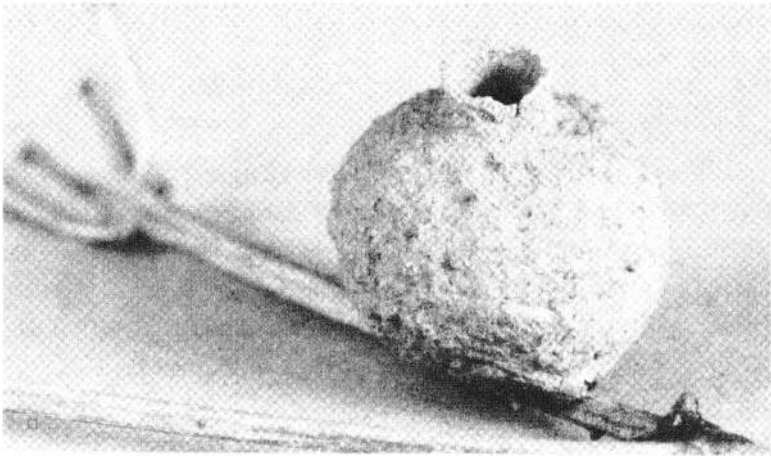
ölü bedenleri, suç ortaklığı yapan kurtçukların ağız kısımlarındaki yapılar ve sindirici su tarafından yalanıp yutulur ve ayrıştırılır. Bitkinin kendisi, emdiği döküntülerle ve içindeki hayvanların boşaltım sistemlerinden dışarı çıkanlarla beslenir ve bunları sürahisinin iç astarındaki hücreleriyle emer.

Et yiyen bitki, özel havuzcuğuna bir şekilde düşmüş kurtçukların hizmetini pasifçe kabul etmekle kalmaz. Bitki, hizmetlerinin karşılığında kurtçukların ihtiyaç duyacakları bir servisi de aktif bir şekilde sunar. Et yiyen bitkinin sürahisinin içindeki suyu incelerseniz eşsiz bir gerçek bulursunuz. Böyle koşullar altındaki durgun bir sudan beklenileceği gibi iğrenç kokulu değildir ve ilginç bir şekilde oksijen bakımından oldukça zengindir. Bu oksijen olmadan, kap içinde hayatı öneme sahip olan kurtçuklar gelişemezdi. Ama bu oksijen nereden gelir? Oksijen, et yiyen bitkinin kendisi tarafından üretilmektedir ve bitkinin suyu oksijenlendirmek için özel olarak tasarlandığı her yerinden görülebilir. Bitkinin sürahisinin iç astarını oluşturan hücreler oksijen üretmekte kullanılan klorofil bakımından güneşe ve havaya bakan dış hücrelerden daha zengindirler. Sağduyuya karşı olan bu şaşırtıcı zıtlık izah edilebilir: İçteki hücreler oksijeni doğrudan bitkinin sürahisinin içindeki suya salgılama konusunda uzmanlaşmışlardır. Et yiyen bitki vekaleten kullandığı çeneleri ödünç almakla kalmaz sadece, onları kiralar ve karşılığını oksijen parasıyla öder.

Başka tasarımvari tuzaklar da yaygındırlar. Sinekkapan bitkisi (Venüs sinek kapanı) et yiyen bitki kadar zariftir ve ondan daha gelişmiş bir şekilde, hareket eden parçalara da sahiptir. Kurban böcek, bitkinin üzerinde bulunan oldukça hassas tüyleri tetikleyerek tuzağı harekete geçirir ve bitkinin çenesi ustalıkla kapanır. Örümcek ağı tüm hayvan tuzakları içerisinde en bilindik olanıdır ve onun hak ettiği ilgiyi bir sonraki bölümde göstereceğiz. Örümcek ağının inşa edilmesinin su altındaki eşdeğeri, akarsularda yaşayan şayak sineklerinin larvalarıdır. Bu sineğin larvaları ayrıca kendi evlerini inşa etmeleriyle de ünlüdürler. Sineğin farklı türleri, taş, çubuk, yaprak ya da küçük salyangoz kabukları kullanır.

Dünyanın çeşitli yerlerinden bilindik manzaralardan biri de karınca aslanının konik tuzağıdır. Bu dehşetli yaratık zar kanatlı sineğin larvasıdır. Karınca aslanı kumda kazdığı çukurun en dibindeki kuma gömülerek pusuya yatar, karıncaların ya da başka böceklerin oraya düşmesini bekler. Bu çukur neredeyse mükemmel olan konik şeklini tasarım sayesinde değil, karınca aslanının kumu kazarken faydalandığı bazı fizik kurallarının sonucunda elde eder ve bu mükemmel konik şekil, içeri düşen kurbanların dışarı tırmanmalarını zor hale getirir. Karınca aslanı, çukuru kazarken, gittikçe derinleşen çukurun dibinden ani baş hareketleriyle dışarıya kum fırlatır. Bir çukurun dibinden dışarı kum fırlatmak, kum saatindeki kumları aşağı akıtmakla aynı etkiye sahiptir. Kum tahmin edilebilir dikliğe sahip bir koni şeklini kendiliğinden edinir.

Yandaki Resim 1.7 bizi çanak konusuna geri götürür. Birçok yalnız yaşayan yaban arısı türü, yumurtalarını avlarının üzerine bırakır. Bu avlar sokularak felç edilmiş ve daha sonra bir deliğe saklanmışlardır. Sonra fark edilmesin diye deliğin ağzını kapatıp mühürlerler. Larvalar avın iç kısmından beslenirler ve sonunda döngüyü tamamlamak üzere kanatlı birer yetişkin olarak dışarı çıkarlar. Yalnız yaşayan yaban arılarının çoğu türü, yuva deliklerini yerdeki toprakta kazarlar. Çömlekçi yaban arısı ise “deliğini” kilden yapar. Deliği, bir ağacın üzerinde göze çarpmayacak bir şekilde bir dal üzerine kurulmuş yuvarlak bir kaptır (Resim 1.7 a). Et yiyen bitki gibi, bu kap da görünüşteki tasarımı için verimlilik testimizden iyi bir not alırdı. Tek yaşayan bal arıları da yaban arılarına benzer şekilde deliklere yuva yapma deseni sergilerler, ancak larvalarını avladıkları hayvanlar yerine polenlerle beslerler. Yaban arıları dünyasındaki çömlekçi yaban arısı gibi, duvarcı arılarının birçok türü de kendi kap-yuvalarını yaparlar. Resim 1.7 b'deki kap, kilden değil, birbirlerine yapıştırılmış küçük taşlardan yapılmıştır. İnsan yapımı olan verimli bir kaba benzemesinin haricinde, bu fotoğrafta gösterilen türle ilgili muhteşem bir şey daha bulunur. Burada sadece bir kap görüyorsunuz, ama gerçekte dört tane var. Diğer üçü arı tarafından kapların altındaki kayaya nefis bir şekilde uyup

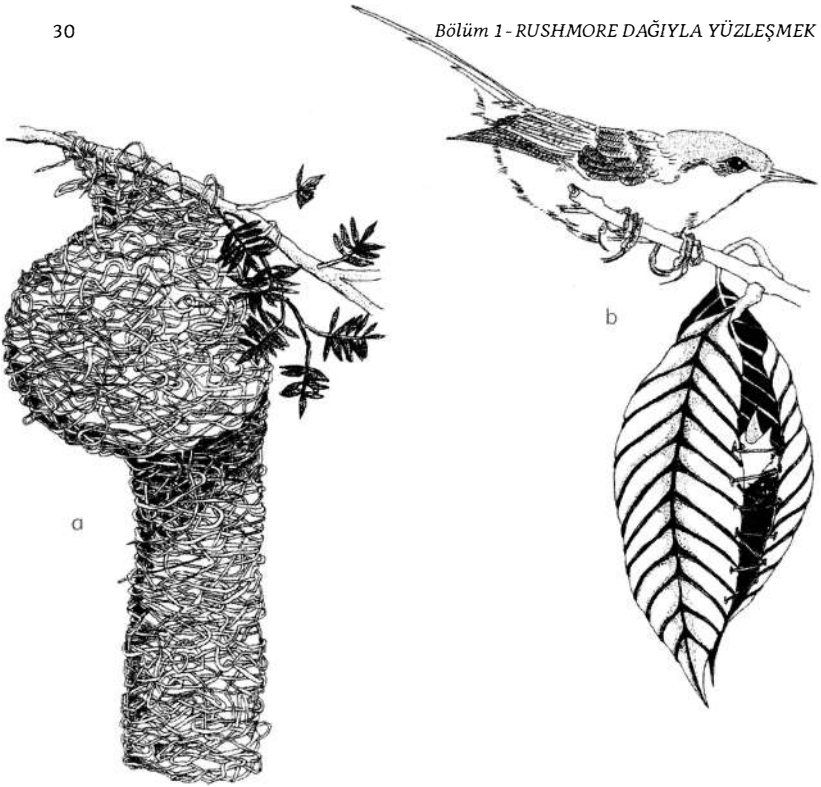


Resim 1.7 Zanaatkâr hayvanlar tarafından yapılmış kaplar:

(a) Çömlekçi yaban arısı ve **(b)** duvarcı bal arısı

kamufle olsun diye sertleştirilmiş çamurla kaplanmış. Bu kaplarda büyüyecek yavru larvaları hiçbir avcı bulamayacak. Bu kap grubunun meslektaşım Christopher O'Toole tarafından İsrail'deki bir ziyareti sırasında görülmesinin tek nedeni, arının son çömleği kaplama işini henüz tam olarak bitirmemiş olmasıydı.

Bu böcek kapları “tasarımın” her türlü ayırıcı özelliğine sahiptirler. Et yiyen bitkiden farklı olarak, buradaki vakada bu kaplar hünerli bir canlının eylemleri tarafından gerçek anlamda biçimlendirilmisti. (her ne kadar muhtemelen bu

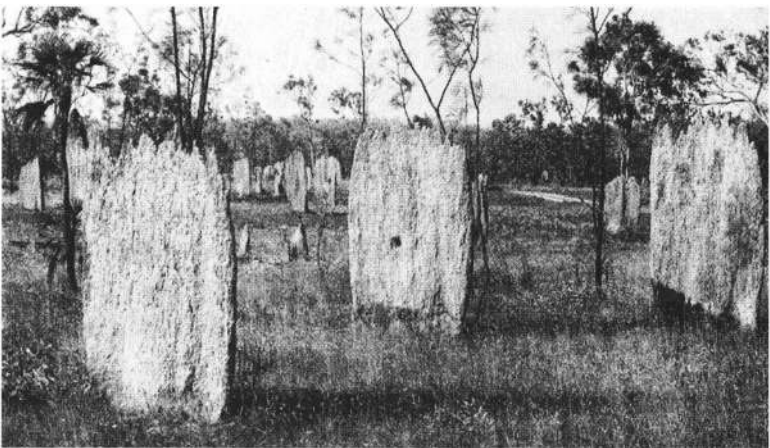


Çizim 1.8 Tasarımcı zanaatkarlık. (a) Göçebe kuşu yuvası ve (b) terzi kuşu (*Orthotomus sutorius*) ve yuvası.

marifeti bilinçsiz bir şekilde sergilemiş olsa da). Çömlekçi yaban arısının ve duvarcı bal arısının kapları, dış görünüşlerine bakıldığında et yiyen bitkiden daha çok insan yapımı kaplara benzerler. Fakat yaban ve bal arıları, kaplarını ne bilinçli ne de kasıtlı olarak tasarladı. Her ne kadar böceklerin davranışsal eylemleri tarafından kil ya da taştan şekillendirilmiş olsalar da, bu üretim böceklerin kendi bedenlerinin embriyonik gelişimi sırasındaki oluşumundan çok da farklı değildir. Bu kulağa garip gelebilir ama açıklamama izin verin. Sinir sistemi, yaban arısının kaslarının, uzuvlarının ve çenesinin belirli koordineli desenlerde hareket etmesini sağlayacak biçimde gelişir. Bu belirli saat mekanizmalı uzuv hareketlerinin sonucu da, etraftan kilin toplanması ve bir kap şekline sokulmasıdır. Büyük ihtimalle böcek ne yaptığını ve neden yaptığını bilmiyordur. Kabin bir sanat eseri ya da bir kutu ya

da bir kuluçka odası olması kavramına sahip değildir. Kasları sadece sinirlerinin onlara emrettiği şekilde hareket ederler ve bunun sonucu da bir kaptır. İşte bu sebeple, yaban arısı ve bal arısı kaplarını (onlara hayran kalsak da) tasarlanmış olarak değil, kesin bir biçimde tasarımvari olarak sınıflandırırız. Bunlar canlının kendi yaratıcı iradesiyle biçimlendirilmemişlerdir. Aslında adil olmak gerekirse, yaban arılarının yaratıcı iradede ve gerçek tasarımdan yoksun olduklarını kesin olarak bilemem. Bunlara sahip olsalar bile, açıklamamın hala işe yarayacak olduğunu bilmek benim için yeterli. Aynı şey kuş yuvaları (Çizim 1.8), şayak sineği yuvaları ve ağları için de geçerlidir, ama Rushmore Dağı'nın heykelleri için ya da onları yontmakta kullanılan araçlar için geçerli değildir. Çünkü onlar gerçekten tasarlanmışlardır.

Arı dansının şifresini çözen Avusturyalı ünlü hayvan bilimci Karl von Frisch bir defasında şöyle yazmıştı: “Eğer bir dakikalığına termitlerin insanlar kadar uzun olduklarını hayal etseydik, yaptıkları en uzun yuvalar onlarla aynı ölçekte büyütüldüğünde 1,5 kilometreden daha yüksek, yani New York'taki Empire State Binası'nın yüksekliğinden dört kat daha fazla olurdu.” Resim 1.9'daki gökdelenler Avustralyalı pusula termitleri tarafından yapıldı. Bunlara pusula



Resim 1.9 Kuzey güney yönünde hizalanmış böcek gökdelenleri.

Avustralya'daki pusula termitlerinin yuvaları.
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi: <https://rantey.org>

termitleri denmesinin nedeni yuvalarının daima kuzey-güney yönlü hizalanmasıdır. Bunlar yolunu kaybetmiş insanlar tarafından pusula olarak kullanılabilirler (bu arada Britanya'daki uydu çanakları da pusula olarak kullanılabilir çünkü öyle görünüyor ki hepsi güneye bakıyor). Bunun termitler için avantajı, yuvalarının geniş ve düz olan yüzeylerinin sabah ve ikinci güneşiyle ısınmasıdır. Fakat yuva yoğun öğlen güneşinin sıcağından korunur çünkü yuvanın tek keskin kenarı kuzeye bakan taraftır ve güney yarım kürede güneş gün ortasında kuzeyden vurur. Bu zekice numarayı termitlerin kendilerinin tasarladığını düşünseydik bağışlanabilirdik. Fakat bu termitlerin inşa davranışlarının zekice görünmesini sağlayan prensip, çenelerinin ve bacaklarının tasarlanmış görünmesini sağlayan prensiple tıpatıp aynıdır. Her ikisi de tasarlanmamıştır. Her ikisi de tasarımvaridir.

Şayak sineği ve termit yuvaları, kuş yuvaları ya da duvarcı bal arılarının kapları gibi hayvan yapıları büyüleyicidir, fakat bunlar tasarımvari nesneler arasında özel vakalardır, sadece ilgi çekici tuhaflıklardır. “Tasarımvari” ismi öncelikle canlı bedenlerine ve bu bedenlerin kısımlarına gönderme yapar. Canlı bedenleri, marifetli eller, gagalar ya da çeneler tarafından değil, embriyonik gelişimin birbirine dolaşık süreçleri tarafından bir araya getirilirler. Ayrıntılı sınıflandırma sistemlerine düşkün bir zihin, yaban arısı kapları gibi yapıları “ikinci dereceden tasarımvari” nesneler ya da tasarlanmış ile tasarımvari arasında bir ara kategori olarak görebilir, ama bence bu tamamen kafa karıştırıcı olur. Elbette kaplar canlı hücrelerden değil, çamurdan yapılırlar ve yüzeysel olarak insan çömlekçinin el hareketlerine benzerlik gösteren uzuv hareketleriyle biçimlendirilirler. Fakat tüm “tasarım,” tüm zarafet ve kabın faydalı bir görevi yerine getirmeye tüm o uygunluğu, iki vakada birbirlerinden çok farklı kaynaklardan gelirler. İnsan tarafından yapılan kap, kabı yapan kişinin kafasındaki yaratıcı hayal gücü süreci tarafından tasavvur edilir veya başka bir çömlekçinin stiline kasıtlı biçimde taklit edilmiştir. Yaban arısı kabı ise zarafetini ve kullanışlılığını oldukça farklı bir süreçten, aslında yaban arısının kendi vücuduna zarafetini ve kullanışlı-

lığını verenle tamı tamına aynı süreçten alır. Canlı bedenlerinin tasarımvari nesneler olduğunu tartışmaya devam ettikçe, bu durum daha anlaşılır olacak.

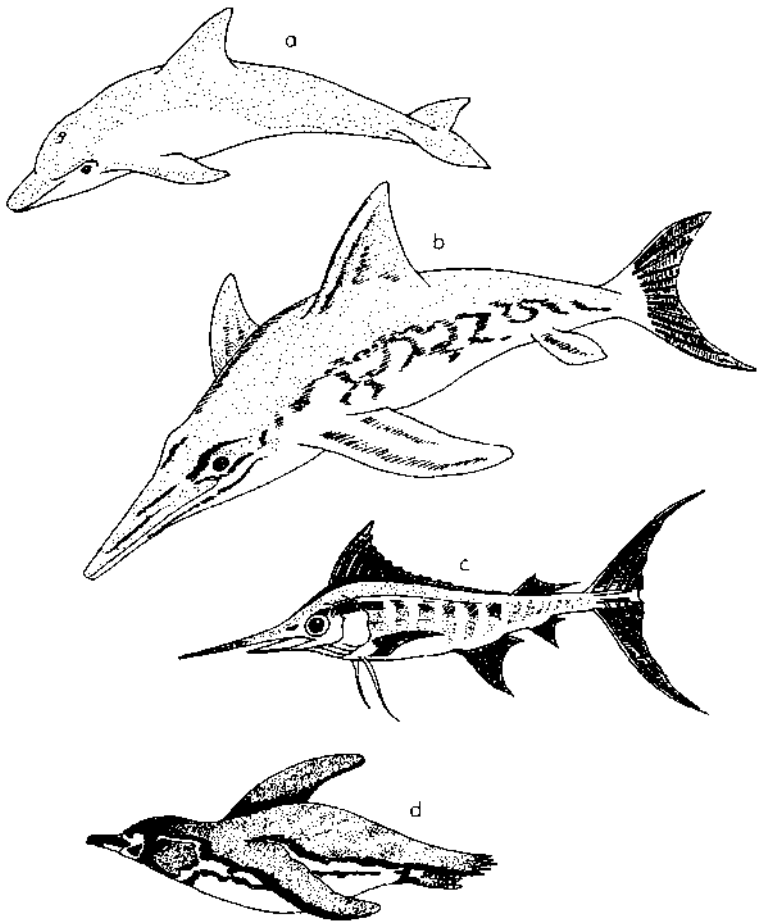
Hem gerçek tasarımı hem de tasarımvari sözde-tasarımı anlayıp onları merak ediyor olmamızın sebeplerinden birisi, bir nesne ile bir diğer nesne arasındaki benzerliklerin bize etkileyici geliyor olmasıdır. Rushmore Dağı'ndaki yüzler bariz şekilde tasarlanmışlardır çünkü gerçek başkanlara benzerler. Yapraklı su ejderinin su yosununa benzemesi de yine bariz bir şekilde bir rastlantı değildir. Fakat bunun gibi taklitçilikler, yani kınkanatlının termite benzemesi, ya da kanatsız böceğin ağaç dalına benzemesi, kesinlikle canlılar dünyasında bizi etkileyen tek benzerlik türü değildirler. Sıklıkla, canlı bir yapı ile, aynı işi yapan ve insan eliyle ortaya çıkmış bir yapı arasındaki benzerlik bizi afallatır. İnsan gözü ve insan yapımı olan kamera arasındaki "taklitçilik" burada tarif etmeye gerek bırakmayacak kadar iyi bilinir. Mühendisler sıklıkla hayvan ve bitki bedenlerinin nasıl çalıştıklarını analiz etme konusunda en nitelikli kişilerdir, çünkü tasarım da olsa, tasarımvari de olsa, verimli mekanizmalar aynı ilkelere uymak zorundadırlar.

Sıklıkla, canlı bedenleri birbirlerine benzer şekillerde buluşmuştur. Birbirlerini taklit ettikleri için değil, paylaştıkları ortak şeklin her biri için kullanışlı olması yüzünden aynı şekle doğru evrilmişlerdir. Bir sonraki sayfadaki Çizim 1.10'da bulunan kirpi ve dikenli tenrek birbirlerine o kadar çok benzerler ki, her ikisini birden çizmek neredeyse çaba israfı gibi göründü. Birbirleriyle orta derecede yakın bir akrabalıkları var, her ikisi de Böcekçiller takımının üyeleri. Ancak başka kanıtlar onların dikenli görünümlerini birbirlerinden bağımsız bir şekilde evrilerek edindiklerinden emin olabileceğimiz kadar birbirlerinden uzak olduklarını gösteriyor. Evrimlerine yön veren sebepler büyük ihtimalle birbirlerine paraleldir, yani dikenler avcılara karşı koruma sağlar. Resimdeki dikenli hayvanların ikisi de (a ve c), aslında altlarında bulunan kır faresi benzeri kuzenleriyle (b ve d), birbirlerine olduğundan daha yakın akrabadırlar.



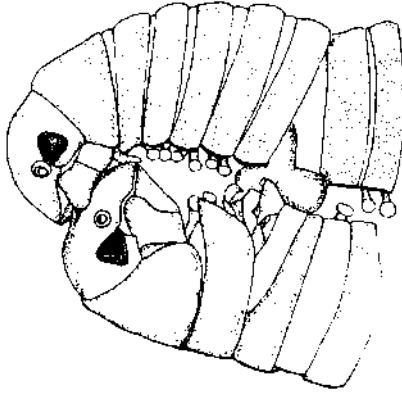
Çizim 1.10 Benzer gereksinimleri olan hayvanlar sıklıkla yakın kuzenlerinden daha çok birbirlerine benzerler. Cezayir Kirpisi (*Erinaccus algirus*) (a), kır faresinin (*Neotetracus sinensi*) (b) yakın bir kuzenidir. Büyük kirpi tenrek (*Stefier setosus*) (c), uzun kuyruklu tenreğin (*Microgale melanorrachis*) (d) yakın bir kuzenidir.

Çizim 1.11 bir başka örneği resmediyor. Deniz yüzeyi yakınında hızlı yüzen hayvanlar genelde aynı vücut şeklinde buluşurlar. Bu şekil mühendislerin aerodinamik olarak tanımlayacakları şekildir. Resim bir yunusu (memeli), nesli tükenmiş bir ichthyosauru (yunusun sürüngenler dünyasındaki karşılığı olarak düşünebiliriz), bir Atlantik kılıçbalığını (kemikli balık) ve bir pengueni (kuş) göstermektedir. Akriba olmayan türlerin bu resimlerdeki gibi aynı fiziksel şekilde buluşacak biçimde evrimleşmelerine yakınsama evrim denir.



Çizim 1.11 Yakınsayan evrim: Bağımsız olarak evrimleşmiş aerodinamik şekil. (a) Şişe burunlu yunus, *Tursiops truncatus*, (b) Ichthyosaurus, (c) Mavi atlantik kılıçbalığı, *Makaira migracans*, ve (d) Galapagos pengueni, *Spheniscus mendiculus*.

Görünüşteki yakınsama her zaman o kadar da anlamlı değildir. Yüz-yüze cinsel birleşmeyi insani erdemin bir göstergesi olarak değerlendiren şu insanlar (hepsi misyoner değildir) Çizim 1.12'deki kırkayaklardan çok etkilenebilirler. Bunların yakınsadıklarını söylesek de, muhtemelen bu durum yakınsayan ihtiyaçlarından kaynaklanmıyor, daha çok

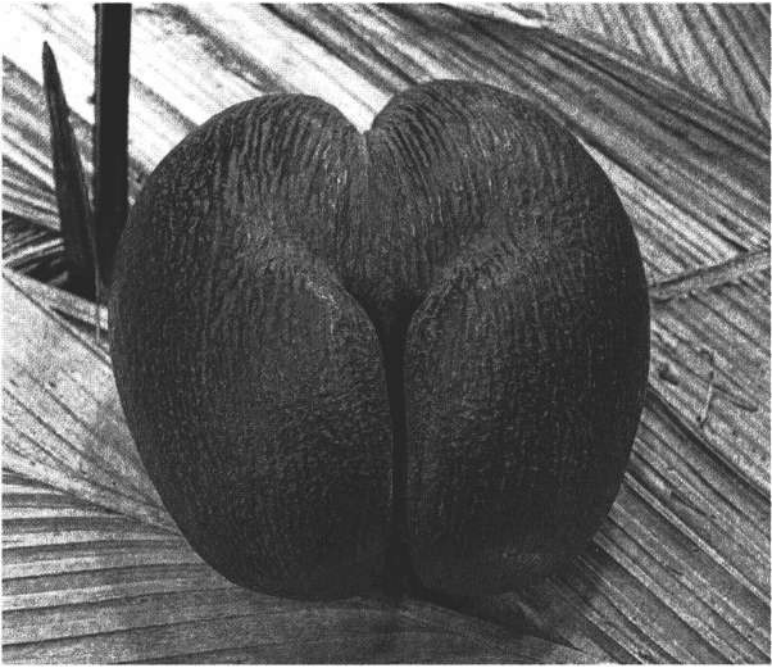


Çizim 1.12 Misyoner pozisyonunda çiftleşen kırkayaklar, *Cylindroilus punctatus*.

şundan kaynaklanıyor: Bir erkek ve bir dişinin bedenlerini yan yana koyabilecekleri çok fazla yol bulunur ve içlerinden herhangi birisinde tesadüfen karar kılmaları için de birçok neden olabilir.

Bu da bizi tam bir tur attırıp başlangıç konumuz olan katıksız rastlantı konusuna geri getirir. Diğer nesneleri andıran bazı canlılar bulunur fakat benzerlik olduğu durumlar tesadüfi olmaktan başka bir şey olacak kadar güçlü değildir büyük ihtimalle. Kanayan kalp kumrusu (*Gallicolumba luzonica*) kırmızı tüylerden oluşan bir püsküle sahiptir. Bu püskül göğsüne ölümcül bir yara aldığı yanılsamasını oluşturacak bir yerdedir, fakat bu anımsatma muhtemelen herhangi bir anlama gelmez. Eşit derecede tesadüfü bir durum da, coco-de-mer'in kadın kalçasına olan benzerliğidir (Resim 1.13 a).

Yamaçtaki Kennedy profili olayında olduğu gibi, bu benzerliklerin rastlantısal olduğunu hissetmenin nedeni istatistikidir. Kumrunun kanayan kalbi, esasında sadece kırmızı tüylerinden oluşan bir yama anlamına gelir. Bir çeşit hindistancevizi olan coco-de-mer'in görünürdeki "taklidinin" etkiyici olduğunu kabul etmek gerekir. Bu taklit sadece bir tane değil, iki ya da üç benzerliğe sahiptir. Hatta kasık kılını anımsatan yeri bile vardır. Fakat insan beyni sıkı çalışır ve sürekli benzerlikler arar, özellikle de bedenimizin de özellikle ilginç



Resim 1.13 a Doğadaki tesadüfî benzerlikler: Coco-de-mer.

bulduğumuz kısımlara. Tıpkı Kennedy yamacında yüz profilini tanımamızda olduğu gibi, coco-de-mer'i algılayışımızda da beynimizin aynı faaliyetlerinin iş başında olduğunu düşünüyorum.

Aynısı bir sonraki sayfadaki **kuru kafa güvesi** için de geçerlidir (Resim 1.13 b). Aslında beynimiz yüzler görmek için neredeyse uygunsuz bir şevke sahiptir ve bu durum psikologlarca bilinen en çarpıcı yanılsamalardan birinin temelidir. Eğer bir kostüm dükkânından sıradan bir yüz maskesi alırsanız ve bu maskeyi çukur kısmı başka bir kişiye bakar şekilde tutarsanız (göz çukurları bariz belli olacak şekilde), kişi büyük ihtimalle bunu gerçek bir yüz olarak görecektir. Bunun çok garip bir sonucu olur ve maskeyi kendi etrafında hafifçe döndürürseniz bunu siz de keşfedebilirsiniz. İzleyicinin beyninin bunu gerçek bir yüz olarak “düşündüğünü” ve nesnenin esasında çukur bir maske olduğunu unutmayın. Çukur maske sola doğru hareket edince, gözlerin verdiği raporla beynin



Resim 1.13 b Doğadaki tesadüfî benzerlikler: Kuru kafalı güve *Acherontia atropos*.

yüzün gerçek olduğuna dair varsayımını bağdaştırmanın tek yolu, maskenin gerçekte hareket ettiği yöne ters yönde hareket ettiğini farz etmektir. Ve bu da izleyicinin göreceği yanılsamanın ta kendisidir. Yüz, gerçek dönüş yönünün tersi bir yönde dönüyormuş gibi görünecektir.¹

Kuru kafa güvesinin bir yüze kazara benzemesi oldukça muhtemel görünür. Ancak şunu da eklemeliyim ki, en saygın evrim kuramcılarımızdan, şu an New Jersey Rutgers Üniversitesi'nde çalışan Robert Trivers, böceklerin sırtlarındaki yüz taklidinin muhtemel avcılarının (örneğin kuşların) korkutulması için geliştirilen bir tür uyumlanma olabileceğine inanmaktadır (güvedeki yüzü biz bir insan kafatası olarak düşünüyoruz ama bir maymun yüzünü de eşit miktarda simgeliyor olabilir). Gayet haklı da olabilir, bu durumda da bu örneği “tasarımvari” başlığı altına yerleştirmem gerekirdi. Aynı durum bir başka yüz taklitçiliği gibi görünen şeyde, yani Japon samuray yengeci için de geçerli olabilir, ancak farklı bir sebepten dolayı. Bu yengeç, sırtında, keskin hatlarıyla bir samuray savaşçısının suretine benzerlik taşır (söylemeliyim ki sersemletici etkileycilikte bir benzerliktir bu). Yapılan bir

1 -ed.n. Bu son derece ilginç yanılsamayı görmek için YouTube'da “Einstein mask” olarak aratabilirsiniz. Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

önermeye göre Japon balıkçılar beyinlerinin yüzleri görmeye olan doğal meyillerinin de etkisiyle bazı yengeçlerin sırtlarında bir yüzü hafifçe andıran şekiller fark ettiler. Bu balıkçılar boş inançtan ya da saygıdan kaynaklanan nedenlerden dolayı insan yüzüne benzeyen (belki de özellikle samuray yüzüne benzeyen) şekillere sahip yengeçleri öldürmek istememişler ve bu yüzden onları suya geri atmışlardı. Bu teoriye göre, insan görünümlü yüz şekilleri sayesinde birçok yengecin hayatı kurtulmuş ve herhangi bir nesilde en bariz insan benzerliklerine sahip olan yengeçler bir sonraki nesle normalden fazla bir döl paylaşımı katkısında bulunmuştu. Daha sonraki nesiller de böylelikle kendilerinden önceki nesillerden daha avantajlı duruma gelmiş ve benzerlik giderek artmıştı.

Sadece doğada var olanları bulmaya çalışarak nasıl keskin bir taş bıçak edinilebileceği konusunu tartışırken, dünyadaki tüm taşları inceleyerek ve kör olanları (yani büyük bir çoğunluğu) eleterek keskin bir taş bıçak edinebileceğinizde hemfikir olmuştuk. Yeteri kadar çakıllık alan ve taş ocağı gezerseniz, kesinlikle hem keskin hem de elle tutulması kolay bir taş bulurdunuz. Benzeri şekilde, eczacılık endüstrisinin rastgele bir şekilde oluşturulan birçok molekülü inceleyip işe yarar görünen azınlığın etkisini test ederek çalıştığını söylemek yalnızca kısmi bir aşırı basitleştirmedir. *Buluntunun* işe yarar alet bulmak için bir yöntem olarak kullanılmasının son derece verimsiz olduğu konusunda hemfikir olmuştuk. Taş ya da çelik gibi uygun bir malzemeyi alıp tasarlayarak bilemek veya şekil vermek çok daha iyidir. Oysa bu, tasarım yanılışına sahip olan canlıların, yani tasarımvari nesnelerin yapılma biçimi değildir. Canlılar “buluntu” ile oldukça fazla benzerlik gösteren bir sürecin nihai ürünleridir, ama bu süreç salt buluntudan çok önemli bir açıdan farklıdır.

Burada taşla dikkat çekmek tuhaf bir gerçek gibi görünebilir ama ben yine de ondan bahsedip götürdüğü yere kadar gideceğim. Bir taşın çocukları olmaz. Taşların kendilerine benzeyen çocukları olsaydı, bu çocuklar ebeveynlerinden çocuk sahibi olma niteliğini miras alırlardı. Bu, belirsiz bir nesil sayısı boyunca torunlar ve büyük torunlar anlamına gelir.

Alakasız bir teoriymiş gibi gelebilir, ama bazı açılardan benzerlikler taşır. Biraz daha netlik sağlamak için, taşlarla eşit derecede amaçsız bir keskinliğe sahip ama yavruları olan bir şeye dönelim.

Bazı kamışların sert ve kayış benzeri yapraklarının oldukça keskin kenarları bulunur. Bu keskinlik muhtemelen yaprağın başka özelliklerinden kaynaklanan tesadüfi bir yan üründür. Bir sazlıkta kendinizi kesebilirsiniz. Keskinlik size rahatsızlık verecek kadardır ama tasarımdan şüphelenmenize itecek ölçüde değildir. Bazı yaprakların diğerlerinden daha keskin olduğuna şüphe yoktur ve bulabileceğiniz en keskin kamış için göl kenarını arayabilirsiniz. İşte burası taşlardan ayrıldığıımız kısım. Kamıştan bıçağınızla sadece kesim işleri yapmayın, *ondan bir soy yetiştirin*. Yani o keskin yaprağı kopardığınız bitkiden bir soy üretin. En keskin bitkilerin çapraz döllenmelerine imkân sağlayın, keskin olmayanları yok edin: Bunu nasıl yaptığınız önemli değil, sadece en keskin olanların en çok ürediğinden emin olun. Sadece bir kez değil, nesil ardına nesil boyunca gerçekleştirin. Bu nesiller geçtikçe, etrafta hem çok keskin kamışların hem de az keskin kamışların hala var olduğunu göreceksiniz, ancak kamışların ortalama keskinliği düzenli bir şekilde artacaktır. 100 nesilden sonra muhtemelen idare eder bir sakal tıraşı sağlayacak olan bir şey üretmiş olurdunuz. Aynı anda hem kenar keskinliğini hem de sağlamlığı göz önünde bulundurarak üretmeye devam etseydiniz, en sonunda bir kamış yaprağıyla boğazınızı kesebileceğiniz noktaya bile ulaşırdınız.

Bir açıdan bakıldığında, aradığınız niteliği *bulmaktan* fazlasını yapmıyordunuz: Oymuyordunuz, yontmuyordunuz, şekil vermiyordunuz ve bilemiyordunuz, sadece hâlihazırda orada olanlar arasında en iyisini buluyordunuz. Keskin yapraklar seçilmişti, kör yapraklar çöpe atılmıştı. Bu iş keskin taşları bulma eylemine benzer, ama önemli bir ilaveyle: Buradaki süreç birikimlidir. Taşlar üremezken, yapraklar, ya da daha doğrusu bu yaprakları meydana getiren bitkiler ürerler. Bir neslin en iyi bıçağını bulduğunuzda, onu eskiyene kadar kullanmakla *yetinmezsiniz*. Bu kazançınızı daha da arttır-

mak için onu üretirsiniz, onu temel alarak daha da iyisini yetiştirmek için üstün keskinliğini geleceğe iletirsiniz. Bu süreç birikimlidir ve hiç bitmez. Yaptığınız şey hala bulmak ve bulmaktır, fakat genetik birikimli kazanca izin verdiğinden, sonraki nesillerde bulabileceğinizin en iyisi, eski nesillerin en iyisinden daha iyi olacaktır. Bölüm 3'te göreceğimiz üzere Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak ifadesinin anlamı da budur.



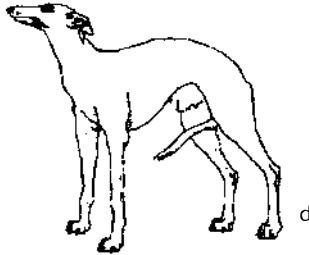
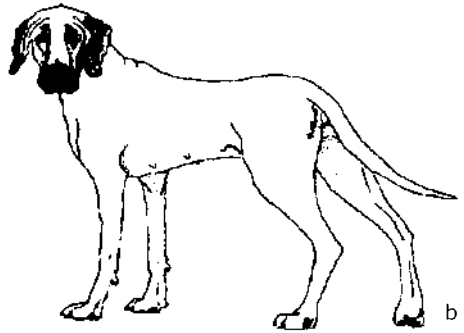
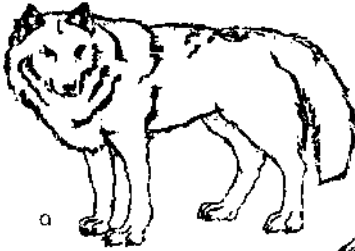
Çizim 1.14 Bu sebzelerin tamamı aynı atadan, yani yabani lahanadan (*Brassica oleracea*) türetili: (a) Brüksel lahanası, (b) yerlahanası, (c) kıvrıkcık lahana, (d) salgam, (e) karnabakar, (f) top lahana.

Kamışın sürekli olarak keskinleştirilmesi, bir noktayı açıklığa kavuşturmak için kafamda kurduğum bir örnekti. Ancak aynı prensibin halihazırda işleyen gerçek örnekleri de elbette mevcut. Çizim 1.14'teki tüm bitkiler tek bir yabancı türden, yani yabancı lahanadan (*Brassica oleracea*) türetilmiştir. Bu yabancı lahana, aslında lahanaya fazla benzemeyen oldukça sıradan bir bitkidir. İnsanlar bu yabancı bitkiyi aldılar ve birkaç yüzyıl gibi kısa bir sürede gıda bitkisi olarak kullanılmak üzere pek çok farklı tür elde ettiler. Bu bitkinin öyküsü köpeklerin öyküsüyle (Çizim 1.15) benzerdir.

Her ne kadar köpekler ile çakallar ve köpekler ile kır kurtları arasında melezler arada sırada gerçekleşiyor olsa da, günümüzde uzmanların çoğu tarafından evcil köpek türlerinin tamamının bundan birkaç bin yıl önce yaşamış bir kurt atadan (sol üst) geldiği kabul edilmektedir. Sanki biz insanlar kurt etini alıp kil çanakta olduğu gibi şekillendirmişiz. Elbette kurt etini alıp örneğin bir tazı veya buldok şekline elimizle yoğurmadık. Bunu birikimli bulma yoluyla yaptık, ya da daha geleneksel ifadelerle tarif etmek gerekirse, seçici üretme ya da yapay seçim yoluyla yaptık. Tazı ıslahçıları gözlerinde canlandırdıkları tazıya ortalamadan bir parça daha fazla benzeyen bireyleri *buldular*. Bunları çiftleştirdiler ve bir sonraki nesilde tazıya en çok benzeyen bireyleri seçtiler ve onlarla üretme sürecini devam ettirdiler. Bu iş elbette bu kadar basit olmamıştır ve ıslahçılar kafalarında uzaktaki nihai hedefleri olarak günümüzdeki tazı kavramına sahip değillerdi. Belki de bugün bizim tazı-benzeri olarak tanıdığımız fiziksel karakteristikler hoşlarına gitti sadece, ya da belki bu gözle görünür nitelikler örneğin tavşan avlamada ustalık gibi başka bir şeyin ıslahının yan ürünleri olarak geldiler. Fakat, tazılar, daksundlar, danualar ve buldoklar, kil şekillendirmeden daha çok, bulmaya benzeyen bir süreç tarafından meydana getirildi. Ancak bu süreç salt bulmayla yine de aynı şey değildir çünkü nesiller boyunca birikimli ilerler. Bu sürece *birikimli bulma* süreci adını vermemin sebebi de bu.

Tesadüfî nesneler basitçe bulunmuşlardır. Tasarlanmış nesneler kesinlikle bulunmamıştır, onlar şekillendirilmiş,

biçimlendirilmiş, yoğrulmuş, toplanmış, bir araya getirilmiş ve oyulmuşlardır. Yani şu veya bu şekilde bir nesne belirli bir şekle doğru ittirilmiştir. Tasarımvari nesneler ise birikimli olarak bulunurlar, ya evcil köpeklerde ve lahanalarda olduğu



Çizim 1.15 Yapay seçilimin hayvanları şekillendirme gücü. Bu evcil köpeklerin tamamı insanlar tarafından tek bir atadan, yani yabani kurttan (a) türetildi: (b) Danua, (c) İngiliz buldoğu, (d) tazi, (e) uzun tüylü daksund ve (f) uzun tüylü sıvaya.

gibi insan tarafından, ya da örneğin köpekbalıklarında olduğu gibi doğa tarafından. Kalıtım gerçeği, bir nesilde *bulunan tesadüfi* iyileşmelerin birçok nesil boyunca biriktirilmesi işini halleder. Birçok birikimli bulma neslinin sonunda tasarımvari bir nesne üretilmiştir ve biz onun görünüşteki tasarımının kusursuzluğuna hayranlıkla bakarız. Ancak bu gerçek bir tasarım değildir, çünkü esasında çok farklı bir sürecin sonunda meydana çıkmıştır.

Dilediğimiz zaman bu süreci gösterebiliyor olsaydık güzel olurdu. Köpek nesillerinin ömrü bizimkinden biraz daha kısadır, ama öyle bile olsa köpek evrimini dikkate değer herhangi bir kapsamda ilerletmek bir insan ömründen daha fazla zaman gerektirir. İnsanların şivavaları ıslah etmesi, doğanın kurtları, dinazorların nesillerinin tükendiği dönemlerde yaşamış olan, şivava boyutundaki (ama şivava şeklinde olmayan) böcek yiyen atalardan üretmesi için geçen zamanın yaklaşık on binde biri kadar bir sürede olmuştur. Bu görece hızlı olma durumuna rağmen, gerçek canlı varlıkların (en azından bakteriden daha büyük olan varlıkların) yapay seçilimi, sabırsız ve kısa ömürlü biz insanlar için etkileyici bir kanıtlama sergileyemeyeceğimiz kadar yavaştır. Süreci bir bilgisayarla oldukça hızlandırabilirsiniz. Bilgisayarlar bazı kusurlara sahip olsalar da göz kamaştırıcı bir şekilde hızlıdır ve hayvanlarla bitkilerin üreme süreçleri de dâhil olmak üzere, ayrıntılı bir şekilde tanımlanabilecek her şeyin benzeşimini (simülasyonunu) yapabilirler. Yaşam için en temel koşul olan kalıtımın benzeşimini yaparsanız ve evrim için gerekli olan zaman zaman gerçekleşen rastgele mutasyonları da eklerseniz, seçici ıslah yoluyla ortaya çıkmış birkaç yüz nesilde gözlerinizin önünde ne kadar muhteşem yaratıkların evrileceğini görmek gerçekten oldukça şaşırtıcı olacaktır. *Kör Saatçi* isimli kitabımda, kitapla aynı ismi taşıyan bir bilgisayar programı kullanarak böyle bir yaklaşıma öncülük ettim.¹ Bu programı kullanarak “bilgisayar biyobiçimleri” adı verilen varlıkları yapay seçim yoluyla üretebilirsiniz.

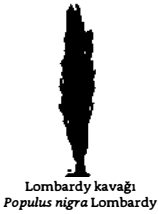
1 -ed.n. Yazarın en ünlü kitaplarından biri olan *Kör Saatçi*'nin yeniden çevrilmiş Otu-zuncu Yıl Baskısını 2012 yılında Dağ Yayınları - <https://rantey.org>

Bu programdaki bilgisayar biyobiçimlerinin tümü ☼☼ şekline benzeyen ortak bir atadan üremiştir ve üreme tüm köpek türlerinin ortak bir kurttan üremesiyle oldukça benzerdi. Her nesilde gelişigüzel “genetik mutasyonlara” sahip olarak doğan yavru biyobiçimler bilgisayar ekranında görüntüleniyordu ve bir insan her nesilde, bir sonraki nesildeki yavruların ekrandaki bu yavruların hangisinden üreyeceğini seçti. Bu nokta biraz açıklama gerektiriyor. Öncelikle, bu bilgisayar nesnelerinde “soy”, “genler”, “mutasyon” gibi kavramlardan konuşmak ne anlama geliyor? Öncelikle, tüm biyobiçimler aynı tür “embriyolojiye” sahiptirler. Bunlar temel olarak birer dallanan ağaç olarak inşa edilmiştir, ya da böyle ağaçların bölütlü¹ bir dizisi birbirlerine eklenmiştir. Ağacın ya da ağaçların detayları, örneğin kaç dal olduğu, ya da çeşitli dalların uzunlukları ve açıları “genler” tarafından kontrol edilir ve bu genler sadece bilgisayardaki rakamlardır. Gerçek ağaçlardaki genler, bizdeki ve bakterilerdeki genler gibi, DNA dilinde yazılmış kodlanmış mesajlardır. DNA bir nesilden diğerine, son derece yüksek ama kusursuz olmayan bir doğrulukla kopyalanır. Her bir neslin içerisinde DNA “okunur” ve hayvanın ya da bitkinin şeklinde etki sahibi olur. Çizim 1.16, gerçek ağaçlarda ve bilgisayar biyobiçimlerinde sadece birkaç gende gerçekleşen değişimlerin, programlanmış sürgün tomurculanma kurallarını değiştirerek, ağacın büyümesini ve tüm şeklini nasıl değiştirebildiğini göstermektedir. Biyobiçim genleri DNA’dan oluşmazlar, ama bizim amaçlarımız doğrultusunda bu farklılık önemsizdir. DNA, tıpkı bir bilgisayardaki sayılar gibi, dijital olarak kodlanmış bilgidir. Ve biyobiçimlerdeki sayısal “genler” nesiller boyunca aynen DNA’nın hayvanlarda veya bitkilerde nesiller boyunca aktarıldığı yolla aktarılırlar.

Bir biyobiçimin çocuğu olduğunda, çocuk ebeveyninden tüm genleri miras alır (tek bir ebeveyni vardır çünkü eşeyli üreme yoktur) ancak miras alma sırasında bir miktar rastgele mutasyon ihtimali de bulunur. Biyobiçimlerde bir mu-

1 -ed.n. Kendini tekrarlayan parçaların oluşturduğu bir tren gibi görünen bir tırtılın

çarpıcı biçimde serüveni bölümleri kitabın yedinci bölümünde ele alınacak.

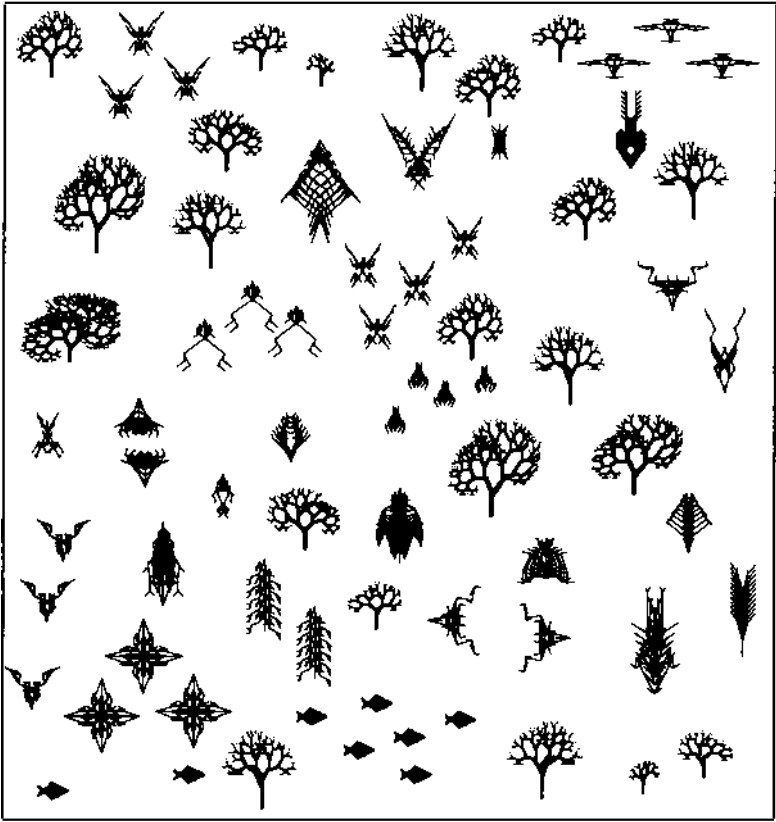


Birbirlerinden sadece birkaç genle farklılaşan bilgisayar biyobiçim "ağaçları"

Çizim 1.16 Aynı türün çeşitlenmelerinin büyüme kurallarındaki oldukça küçük değişikliklerden dolayı şekil olarak nasıl farklılık gösterebileceklerini ortaya koymak amacıyla resmedilmiş gerçek ve biyobiçim ağaçlar. Ağlayan dişbudak gibi bazı ağaç türleri aşağıya bakan dallara sahipken, Lombardy kavağı gibi bazıları da yukarıya bakan dallara sahip.

tasyon, bir genin sayısal değerinde meydana gelen küçük bir artış veya azalıştır. Böylelikle bir çocuk ebeveyni gibiyken dallarından birisinde bir parça daha farklı açığa sahip olur, çünkü örneğin sahip olduğu Gen 6'nın sayısal değeri 20'den 21'e artmıştır. Biyobiçim üreme modundayken, bilgisayar ekranının ortasına bir ebeveyn biyobiçim çizer ve etrafını gelişigüzel bir şekilde mutasyona uğramış yavrularıyla çevreler. Genleri çok küçük bir değişikliğe uğradığı için, yavrular, ebeveyne ve birbirlerine her zaman ailesel bir benzerlik gösterirler, fakat sıklıkla insan gözünün tespit edebileceği küçük değişiklikler sergilerler. Bir insan, bilgisayar faresini kullanarak bir ekran dolusu biyobiçim arasından bir tanesini "üreme" için seçer. Seçilen biyobiçim dışında kalan her şey ekrandan silinir ve seçilen biyobiçim ebeveyn haline gelerek ekranın ortasına taşınır. Etrafına ondan "türeyen" ve yeni nesli temsil eden mutant yavruları çizilir. Nesiller ilerlerken seçme işlemini yapan kişi evrimi yönlendirebilir, tıpkı insanların evcil köpeklerin evrimini yönlendirdikleri gibi, ama buradaki yönlendirme çok daha hızlıdır. Programı ilk yazdığım da beni şaşırtan şeylerden biri, orijinal ağaç şeklinden evrilerek ne kadar hızlı uzaklaşabildiğimizdi. Bir "böceğe," "çiçeğe," "yarasaya," "örümceğe" ya da "sönmüş volkana" doğru yönlenebileceğimi buldum. Çizim 1.17'deki biyobiçimlerin her biri, yapay seçim yoluyla üretilen yüzlerce neslin son ürünüdür. Bu varlıklar bilgisayar ortamında ürediklerinden dolayı, sadece birkaç dakika gibi bir süre içerisinde birçok evrim neslini oluşturabilirsiniz. Bu programla modern ve hızlı bir bilgisayarda birkaç dakika oynamak size Darwinci seçilimin nasıl işlediğine dair parlak ve inandırıcı bir farkındalık sağlar. Çizim 1.17'deki safari parkındaki biyobiçimler, benim gözüm, yaban arıları, kelebekler, örümcekler, akrepler, solucanlar ve bitler gibi görünüyorlar. Ve diğer bazı "yaratıklar" da bizim dünyamızdaki belli türlere benzemeseler de belli belirsiz bir şekilde biyolojik görünüyorlar. Fakat hepsi de aralarında bulunan ağaçların ve sağ üst köşedeki "spitfire uçakları"¹ fi-

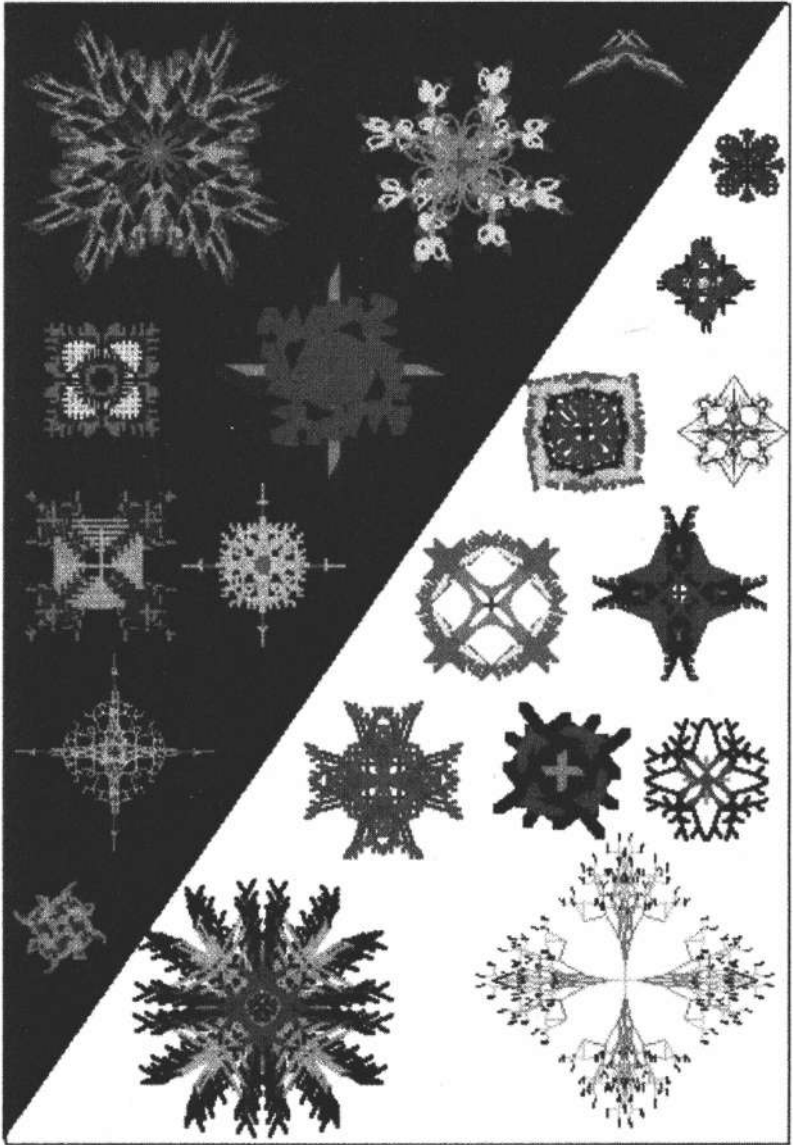
1 -ed.n. Spitfire adlı uçaklar, İkinci Dünya Savaşı'nda Britanya'nın Almanya ile savaşta



Çizim 1.17 “Kör Saatçi” bilgisayar programı aracılığıyla üretilmiş olan siyah-beyaz biyobiçimlerin safari parkı.

losunun kuzenleridir. Hem de oldukça yakın kuzendirler. Biyobiçimlerin hepsinin gen sayısı aynıdır (on altı). Sadece bu genlerin sayısal olarak kodlanmış değerleri bakımından farklılık gösterirler. Bu safari parkındaki herhangi bir varlıktan bir diğerine, ya da trilyonlarca başka biyobiçimden herhangi bir tanesine, sadece seçici üretme yoluyla ulaşabilirdiniz.

Yazdığım programın bir sonraki sürümü ayrıca renk bakımından da farklılık gösteren biyobiçimlerin üremesini sağlayabilmekte (yan sayfadaki Çizim 1.18). Bu yeni program eski programı temel alıyor ancak daha ayrıntılı bir “embriyolojiye” ve ağaç dallarının renklerini kontrol eden yeni genlere sahip. Ayrıca başka yeni genler de ekledim. Bu genler ağacın her bir dalının düz mü, dikdörtgen mi, yoksa oval mi olacağını, söz



Çizim 1.18 “Renkli Saatçi” programıyla oluşturulmuş biyobiçim safari parkı. Resmi ikiye ayıran büyük siyah-beyaz üçgenler tamamen dekoratif sebepler dolayısıyla eklendi. Ekonomik sebeplerle renkli resmi bu sayfada gösteremedik.

NOT: Bu resmin renkli orijinalini www.kuzeyyayinlari.com/PARK adresinde görebilirsiniz.

konusu şeklin dolu mu boş mu olacağını ve çizgilerin ne kadar kalın boyanacağını belirlemekte. Renk programını kullanırken, kendimi evrimsel geçitleri böceklerle ya da akreplere doğru değil de, duvar kâğıtlarında ve banyo fayanslarında güzel görünebilecek soyut şablonlara ve çiçeklere doğru takip ederken buluyorum. Eşim Lalla Ward, her bir bilgisayar pikseli için kumaşa tam olarak bir ilmik işleyerek, bu biyobiçimlerden dördünü sandalye örtüsü olarak nakışla işledi.

Biyobiçimler, insan bir seçici tarafından “yapay olarak seçildiler.” Bu açıdan bakıldıklarında lahanalara ve evcil köpeklerle benzerler. Fakat yapay seçim, seçim işini yapacak bir insana gereksinim duyar ve kitabın asıl konusu bu değil. Darwin’in izinden giderek, burada yapay seçilimi başka bir süreç için, yani doğal seçim için bir model olarak kullanıyorum. Ve sonunda doğal seçilimin kendisinden konuşma vakti geldi. Doğal seçim yapay seçilime benzer, ancak seçimi yapacak bir insan yoktur. Hangi dölün aktarılıp hangi dölün eleneceğine insanın karar vermesi yerine doğa “karar verir.” Buradaki tırnak işaretleri hayati önemdedir çünkü doğa bilinçli bir şekilde karar vermez. Bu, belirtmeye gerek duyulmayacak kadar açık gözükebilir size, fakat doğal seçilimin bir tür kişisel seçim ima ettiğini düşünenlerin sayısını bilerseniz şaşardınız. Ancak bu kişiler daha da fazla yanılmazlardı. Olay sadece şu: Bazı yavruların ölme olasılığı daha yüksekken bazıları da hayatta kalmak ve üremek için gereken her şeye sahiptir. Bu yüzden nesiller geçtikçe nüfustaki ortalama ve tipik bireyler hayatta kalma ve üreme konularında daima daha iyi bir hale gelirler. Bazı mutlak standartlara kıyasla ölçüldüğünde daima daha iyi bir hale gelirler demeliydim. Pratikte verimliliğin artması için bir kaide bulunmaz çünkü bir canlının hayatta kalışı, onunla aynı anda evrilmekte ve sanatlarını kusursuzlaştırmakta olan diğer canlıların sürekli tehdidi altındadır. Bir tür, devamlı olarak avcılardan kurtulma sanatında iyileşebilir, ancak avcılar da devamlı olarak av yakalama konusunda iyileştiği için net bir kazanım olmayabilir. Bu çeşit “evrimsel silahlanma yarışı” ilginçtir, ancak bu konuya ileride değineceğiz.

Yapay seçilimi bilgisayarda gerçekleştirmek nispeten kolaydır ve biyobiçimler güzel bir örnektir. Benim hayalim doğal seçilimin de bilgisayarda benzeşimini yapmak. İdeal olarak, ekranda görünen “avların” ve “avcılarının” evrimsel silahlanma yarışı için gereken koşulları oluşturmayı ve birbirlerini derece derece artan evrim doğrultusunda ittirirken bizim de arkamızı yaslayıp bunu izleyebilmemizi isterdim. Maalesef şu sebepten dolayı bunu yapmak çok zor. Bazı yavru- ların ölme olasılığının daha fazla olduğunu söylemişim ve gelişigüzel olmayan ölümün benzeşimini oluşturmak yeterince kolay görünebilir. Fakat doğal bir ölümün iyi bir benzeşimini elde edebilmek adına, bilgisayardaki varlığın ölümünün ilginç bir kusurdan kaynaklanması gerekiyor, örneğin avcılardan daha yavaş koşmasına neden olacak kısa ayaklara sahip olması gibi bir kusuru olmalı. Bilgisayar biyobiçimleri, örneğin, Çizim 1.17’deki böcek benzeri şekiller, bazen bizim ayak olarak hayal ettiğimiz eklentilere sahip olurlar. Fakat bu “ayakları” herhangi bir şey için hiç kullanmazlar ve onları tehdit eden avcılar da yoktur. Avcıları ya da yedikleri bitkiler bulunmaz. Dünyalarında hava koşulları ya da hastalık yoktur. Teoride bu tehlikelerin herhangi birinin benzeşimini yapabiliriz, fakat bunlardan herhangi birini alıp diğerlerinden ayrı olarak modellemek, yapay seçilimin kendisinden daha az yapay olmazdı. Keyfi olarak, uzun ve zayıf olan biyobiçimler, kısa ve zayıf olanlara göre avcılardan daha iyi kaçabilirler şeklinde kurallar saptamak zorunda kalırdık. Bilgisayara biyobiçimlerin boyutlarını ölçmesini ve üreme için en ince ve uzun olanları seçmesini söylemek zor değil. Ama bunun sonucunda ortaya çıkacak olan evrim çok ilginç olmayacaktır. Nesiller geçtikçe biyobiçimlerin giderek daha da sıklaştıklarını gördük sadece. En uzun ve ince olanı gözümüzle yapay olarak seçmemizden bir farkı olmazdı bunun. İyi bir benzeşimin başarabileceği şey, doğal seçilimin kendisini gösteren niteliklerine sahip değildir. Gerçek hayattaki doğal seçim çok daha inceliklidir. Ve bir anlamda çok daha karmaşıktır, ancak bir başka anlamda ise son derece basittir. Belirtilmesi gereken bir şey, örneğin bacak uzunluğu gibi herhangi bir

boyutta gerçekleşen ilerleme, yalnızca belirli sınırlar içindeki ilerlemedir. Gerçek hayatta bacaklar için fazla uzun olmak diye bir şey vardır. Uzun bacaklar kırılma ve sık çalılıklara takılma konusunda daha korunmasızdırlar. Bir parça marifetle, bilgisayara hem kırılmaların hem de çalılara dolanmaların benzerlerini programlayabilirdik. Bilgisayara kırılma fiziği ile ilgili bazı hesaplamalar yükleyebilirdik: Gerilim çizgilerini, gerilme kuvvetlerini ve elastiklik katsayılarını temsil etmenin yolunu bulabilirdik, çünkü nasıl çalıştığını bildiğimiz her şeyin benzeşimi yapılabilir. Sorun, bilmediğimiz ya da üzerinde düşünmediğimiz tüm o şeylerle birlikte gelir, bu da neredeyse her şey anlamına gelir. Bizim aklımıza gelmeyen sayısız etkenden etkilenen tek şey en uygun bacak uzunluğu değildir. İşi daha da karmaşıklaştıran bir şekilde, uzunluk bir hayvanın bacağına birbirleriyle etkileşimde olan ve diğer birçok şeyle birlikte hayatta kalmasını etkileyen sayısız özelliklerinden yalnızca birisidir. Bacak kalınlığı, sertlik, kırılma, etrafta taşınacak ağırlık, bacak eklemelerinin sayısı, bacakların sayısı, bacakların aşağı indikçe incelme miktarı gibi diğer özellikler de vardır. Ve biz daha sadece bacağı ele almış olduk. Hayvanın diğer tüm parçaları da hayvanın hayatta kalma olasılığını etkileyecek bir biçimde etkileşim içinde çalışırlar.

Teorik olarak bir hayvanın bir bilgisayarda hayatta kalmasına etki edecek tüm katkıları eklemeye çalıştığımız sürece, programcı keyfi ve insani kararlar vermek zorunda kalacaktır. İdealde yapmamız gereken şey ise eksiksiz bir fizik sisteminin ve eksiksiz bir çevrenin bir benzeşimini oluşturmak ve bu ortama avcılar, avlar, bitkiler ve parazitler eklemektir. Tüm bu model canlıların kendilerinin de evrilme kapasitesine sahip olmaları gerekir. Yapay kararlar vermek zorunda kalmaktan kaçınmanın en kolay yolu bilgisayar ortamını tamamen aşıp ondan çıkarak, yapay canlılarımızı birbirlerini üç boyutlu gerçek dünyada kovalayacak üç boyutlu robotlar olarak inşa etmemiz olabilir. Fakat sonrasında robotları da tamamen çöpe atıp gerçek dünyadaki gerçek hayvanlara bakmamızın daha ucuza patlayacağı ortaya çıkabilir, böy-

lece başlama noktamıza geri gelmiş oluruz! Bu fikir aslında görüldüğü kadar anlamsız değil ve ona ileriki bir bölümde geri döneceğim. Bu arada, bir bilgisayarda yapabileceğimiz bir miktar şey daha var, ama biyobiçimler aracılığıyla değil.

Biyobiçimleri doğal seçimle bu denli işlenemez kılan ana etkenlerin birisi, iki boyutlu bir ekranda ışıklı piksellerden oluşmalarıdır. Bu iki boyutlu dünya birçok açıdan gerçek dünyanın fiziksel işleyişine uygun değildir. Avcıların dişlerinin keskinliği, avın zırhının kuvveti, avın avcının saldırısına karşılık vermede kullandığı kasların gücü ya da bir zehrin öldürücülüğü gibi özellikler piksellerin iki boyutlu dünyasında doğal bir şekilde ortaya çıkmazlar. Peki, kendisini yapmacıklıktan uzak ve doğal bir şekilde iki boyutlu bir ekrandaki benzeşime yansıtabilecek av-avcı gibi gerçek hayata dair bir vaka düşünebilir miyiz? Şanslıyız ki, evet. Tasarımvari tuzaklardan konuşurken örümcek ağlarından zaten bahsetmiştim. Örümceklerin üç boyutlu bedenleri vardır ve çoğu hayvan gibi normal fizik kurallarının karmaşık dünyasında yaşarlar. Fakat bazı örümceklerin avlanma şekilleriyle ilgili bir şey, iki boyutta benzeşiminin yapılması açısından tuhaf bir şekilde uygundur. Tipik bir daire biçimli ağ, işleyiş açısından tamamen iki boyutlu bir yapı olarak görülebilir. Yakaladığı böcekler üçüncü boyutta hareket ederler ama kader anında, yani bir böcek yakalandığı ya da kaçtığı zamanda, eylemin tamamı iki boyutlu bir düzlem üzerinde, yani ağın düzlemi üzerindedir. Örümcek ağı iki boyutlu bir bilgisayar ekranında oluşturulabilecek ilginç bir doğal seçim benzeşimi için aklıma gelen en iyi adaydı. Bu yüzden bir sonraki bölüm büyük oranda örümcek ağlarının öyküsüyle ilgili ve gerçek ağların doğal tarihiyle başlayıp, ağların bilgisayardaki modellerine ve bilgisayardaki “doğal” seçim yoluyla gerçekleşen evrimlerine bakacağız.

BÖLÜM 2

İPEKTEN ZİNCİRLER

Herhangi bir canlıyla ilgili kavrayışımızı düzene sokmanın iyi yollarından biri hayal etmektir. Bu hayal etme işinde fanteziler ve şiirsel özgürlük yerine başka şeyler kullanılmalıdır çünkü bu canlı (veya tercih ediyorsanız bu canlının bir farazi “tasarımcısı”) üstesinden gelmesi gereken bir dizi problemle veya görevle karşı karşıyadır. Öncelikle baş problemi ortaya koyarız ve sonra akla mantıklı gelebilecek olası çözümleri düşünürüz. Ardından bu canlıların gerçekte ne yaptıklarına bakarız. Bu işlem sıklıkla bu türden hayvanların karşılaştıkları yeni bir sorunu fark etmemizi sağlar ve zincir böyle devam eder. Ben bunu yarasalar ve onların gelişmiş yankı-uzaklık teknikleriyle ilgili olarak *Kör Saatçi* isimli kitabımın ikinci bölümünde yaptım. Bu kitapta ise örümcek ağlarıyla ilgili olan bu bölümde aynı stratejiyi izleyeceğim. Burada fark edilmesi gereken bir şey şudur: Bir problemden o problemin sebep olduğu başka problemlere doğru ilerlememiz, tek bir hayvanın yaşam sürecinde ilerlememiz olarak düşünülmemelidir. Zaman geçtikçe ilerleme gerçekleşiyor olsa bile, buradaki zaman ölçeği evrimseldir.

Bu bölümde ele aldığımız canlı için ise temel görevimiz yiyecek olarak kullanılacak böcekleri yakalamak için etkili bir

yöntem geliştirmek. Olasılıklardan biri hızlı uçuşa çözümü. Avin kendisi gibi havada süzülme yani. Ağız açık bir vaziyette oldukça hızlı bir şekilde uçarken keskin gözlerle avları hedeflemek. Bu yöntem kara sağanlar ve kırlangıçlar için işe yarar, fakat yüksek hızda uçuşa işi, manevra kabiliyeti ve yüksek teknoloji bir güdümler sistemi gibi donanımlara yüksek maliyetli yatırımlar gerektirir. Aynı şey yarasa çözümü için de geçerlidir ve yarasa, uçuşa kılavuzluk edecek ışık huzmeleri yerine onun geceleyin kullanılabilecek eşdeğeri olan ses yankılarını kullanır.

Çok farklı bir olasılık da “otur ve bekle” çözümüdür. Peygamberdeveleri, bukalemunlar ve birbirlerinden bağımsız ve yakınsak¹ bir şekilde bukalemunlara benzeyecek biçimde evrimleşen bazı diğer kertenkeleler bu çözümü kullanırlar. Kolları veya dilleri ile yapacakları nihai, vurucu saldırıyı gerçekleştirinceye kadar oldukça gizlenmiş bir biçimde, oldukça yavaş ve fark ettirmeden hareket ederler. Bir bukalemunun dilinin uzanma mesafesi, çevresinde kendi vücut uzunluğu kadar bir uzaklıkta uçan tüm sineklere ulaşabilmesini sağlar. Peygamberdevelerinin çengelli kollarının menzili de kendi vücutlarına oranla yine aynı şekilde büyüktür. Uzunların yakalama menzillerini daha da uzatarak bu tasarımın daha da iyileştirilebileceğini düşünebilirsiniz. Ama bedenin kendi uzunluğundan çok daha uzun olan dilleri veya kolları inşa etmek ve bakımını sağlamak son derece maliyetli olurdu ve yakalayacakları ekstra sinekler onların bedelini karşılayamazdı. Peki “menzili” ya da yakalama çapını arttırmanın daha ucuz bir yolunu düşünebilir miyiz?

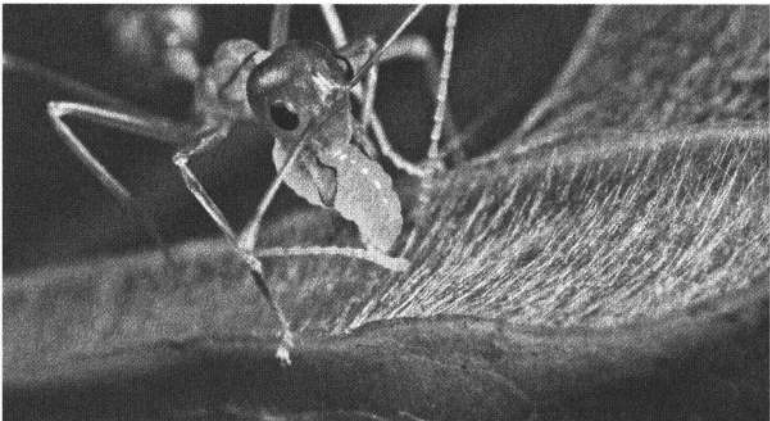
Neden bir ağ örmeyelim? Ağların da belirli malzemelerden üretilmesi gerekir ve bunlar bedavaya gelmeyecektirler. Ancak bukalemunun dilinden farklı olarak, ağ malzemesinin hareket etmesi gerekmez ve bu yüzden büyük bir kas dokusuna gereksinim duymaz. Kıl gibi ince olabilir ve bu maliyeti düşüreceğinden çok daha büyük bir alanı kaplayacak

1 -ed.n. Birinci bölümden hatırlarsanız, yakınsak veya yakınsayan evrim, farklı canlıların aynı problemlere aynı çözümleri getirmeleri nedeniyle fiziksel şekillerinin birbirlerine benzer hale gelmesiydi.

1 -ed.n. Birinci bölümden hatırlarsanız, yakınsak veya yakınsayan evrim, farklı canlıların aynı problemlere aynı çözümleri getirmeleri nedeniyle fiziksel şekillerinin birbirlerine benzer hale gelmesiydi.

şekilde üretilebilir. Başka çözümlerde kullanılsalardı kaslı kollarda veya dillerde yer alacak proteinleri alıp ipek şekline getirirseniz, bu ipek çok çok uzun bir mesafeye ulaşacak, bu kalemunun dilinin çok ötesine erişecektir. Örümcek ağının, örümceğin kendi vücudundan 100 kat daha fazla bir alanı kaplamasını ve bu ağın vücuttaki küçük bezlerden çıkan salgılarla düşük maliyetle yapılmasını engelleyecek herhangi bir sebep bulunmaz.

İpek, eklembacaklılar (hayvanlar âleminde hem böceklerin hem de örümceklerin ait olduğu büyük bir bölüm) dünyasında yaygın görülen bir hammadDEDİR. Ağaç tırtılları kendilerini bir ağaca bu bahsedilen ipeğin tek bir ipliğiyle bağlarlar. Dokumacı karıncalar larvaları tarafından salgılanan ipeği kullanarak yaprakları birbirine dikerler. Larvalarını çenelerinde tutarak canlı iplik makaraları gibi kullanırlar (Resim 2.1). Birçok çekirge, kanatlı bir yetişkin olmadan önce kendisini ipekten bir kozaya kundaklar. Çadır tırtılları ağaçlarını ince ağlarla kaplarlar. İpekçilikte kullanılan tek bir ipek böceği, kozasını inşa ederken yaklaşık 800 metre uzunluğunda ipek örür. İpek böcekleri bizim ipek endüstrimizin temel taşı olmasına rağmen hayvanlar âleminde ipek üretiminin gerçek üstatları örümceklerdir ve örümcek ipeğinin insanlar



Resim 2.1 İpeği kullanan işçi. Larvaları mekik olarak kullanan dokumacı karınca. Avustralya'dan *Oecophylla smaragdina*.

tarafından çok fazla kullanılmıyor olması şaşırtıcıdır. Bunun olası nedeni, insanların örümcek ipeğini büyük miktarlarda elde etmeye yarayacak pratik bir yöntem bulamamış olması olabilir. Örümcek ipeği, örneğin mikroskoplardaki odaklanma işaretlerini yapmakta kullanılır (mikroskopta odaklanılacak şeyi işaret eden artı şeklindeki işarettir bu, keskin nişancı tüfeklerinin dürbünlerinde bulunan artı işaretlerine benzer fakat onunla kıyaslanamayacak oranda incedir). Hayvanbilimci ve sanatçı Jonathan Kingdon, mükemmel kitabı *Self-Made Man*'de insanların teknolojimizin en hayati parçalarından biri olan sicimi örümcek ipeğinden esinlenerek icat etmiş olabileceği spekülasyonunu yapar. Kuşlar da örümcek ipeğinin iyi niteliklerinin onu kullanışlı bir malzeme yaptığını bilirler: 165 kuş türünün örümcek ipeğini yuva yapımında kullandığı bilinmektedir (bu kuş türleri birbirlerinden bağımsız 23 aileye aittirler ve bu da ipek kullanımının birçok kez birbirlerinden bağımsız olarak keşfedildiği anlamına gelir). Tipik bir dairesel ağ örücü örümcek olan ve Avrupa'da yaygın görünen *Araneus diadematus*, midesindeki farklı bezeler tarafından salgılanan altı farklı tür ipeği arka tarafındaki memelerden salgılar ve farklı amaçlar için bu farklı türleri değişimli olarak kullanır.

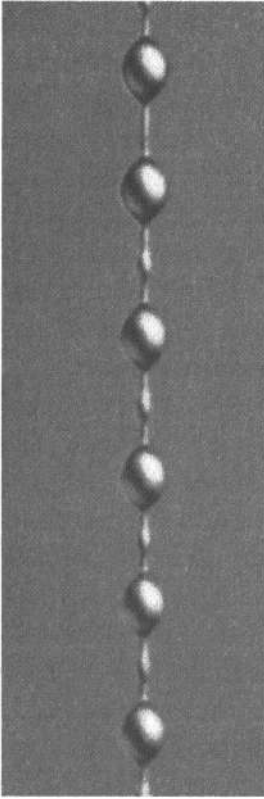
Örümcekler dairevi ağları inşa etme yeteneğini evriltmeden çok önce de ipeği kullanıyorlardı. Hiç ağ örmeyen sıçrayan örümcekler bile havaya sıçrarken ipekten bir güvenlik ipi kullanırlar (dağcıların en son ulaştıkları tutunma noktalarına bir güvenlik halatı tutturmaları gibidir bu).

Yani ipek lifi eskiden beri örümceklerin alet çantasında el altındaydı ve bir böcek yakalama ağı örmek için fazlasıyla uygundu. Bir ağı, aynı anda birçok yerde birden bulunmayı sağlayacak bir araç olarak düşünebiliriz. Örümcek kendi ölçeğinde, balina ağzına sahip bir kırlangıca benzer. Ya da yaklaşık on beş metre uzunluğunda dili olan bir bukalemun gibidir. Bir bukalemunun kaslı dili onun toplam vücut ağırlığının kesinlikle önemli bir kısmını oluştururken, bir örümcek ağındaki ipeğin (büyük bir ağda 20 metre uzunluğunda) ağırlığı örümceğin toplam vücut ağırlığının binde birinden azdır.

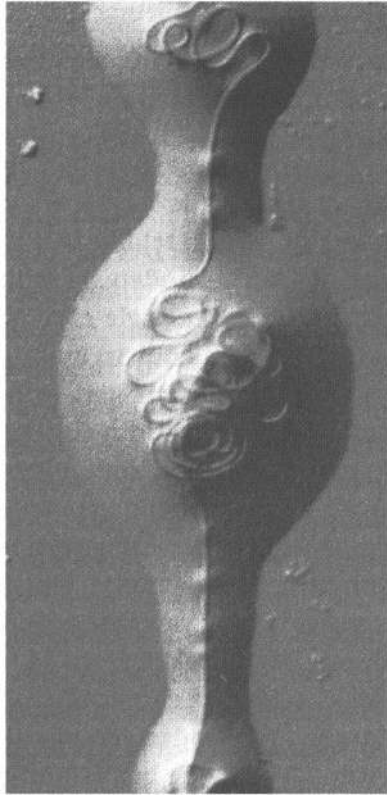
Dahası, ağının işi bitince örümcek onu yiyerek geri dönüştürür, böylece çok az israf olur. Böylelikle, bir örümcek ağı muhteşem bir ekonomikliğe sahiptir. Fakat ağ teknolojisi kendine has sorunlara da yol açar.

Bir örümceğin ağıyla ilgili önemsiz olmayan sorunlardan biri, av ağı yakalanınca oraya yapışıp kalacağından emin olmaktır. Burada iki tehlike bulunur. Böcek kolaylıkla ağı parçalayıp dosdoğru içinden geçebilir. Bu problem ağın fazlasıyla elastik inşa edilmesiyle çözülebilir, ama bu da tehlikelerin ikincisini şiddetlendirir: Bu sefer böcek bir tramlenden sıçırıyor gibi ağdan geri sıçrayabilir. İdeal ipek, yani bir araştırma kimyagerinin rüyalarının lifi, hızlı uçan bir böceğin çarpma etkisini sönmüleyecek kadar geriye esneyebilecek ama aynı zamanda tramlen etkisinden kaçınmak için eski haline yumuşak bir şekilde dönecek bir ipek olmalıydı. Örümceklerin en azından bir türünün ipeği, dikkat çekici derecede karmaşık yapısı sayesinde tam da bu türde özelliklere sahiptir. Bu gerçek, Oxford'da bulunan ama şimdi Danimarka'daki Aarhus'ta görev yapan Profesör Fritz Vollrath ve meslektaşları tarafından aydınlatılmıştı. Bir sonraki sayfadaki Resim 2.2 ve 2.3'te büyütülmüş olarak gösterilen ipek aslında görüldüğünden çok daha uzundur, çünkü uzunluğunun büyük bir kısmı sıvı dolu damlacıkların içerisinde sarılı bir şekilde durur. Tıpkı fazlalık iplerinin boncuklara sarılarak toplandığı bir gerdanlık gibidir. Sarılma işlemi bütünüyle anlaşılamamış olan bir mekanizma tarafından gerçekleştirilir, fakat sonuç şüphe götürmez. Buradaki ağ ipleri dinlenme hallerindeki uzunluklarının on katı kadar gerilme yeteneğine sahiptirler ve avı ağdan sıçratmayacak kadar yavaş biçimde de eski hallerine geri dönerler.

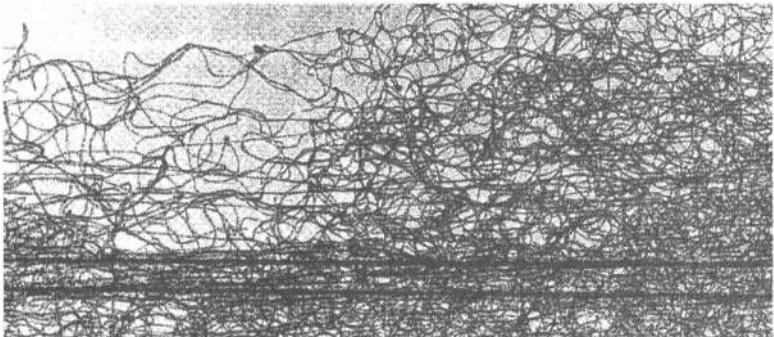
Avın kaçmasını önlemek için ipeğin sahip olması gereken bir sonraki özellik yapışkanlıktır. Az önce bahsettiğimiz sarılma sisteminde ipeği kaplayan madde sadece ıslak değil aynı zamanda yapışkandır da. Böceğin ipeğe tek bir dokunuşu bile kaçmasını son derece zorlaştırır. Fakat tüm örümcekler yapışkanlığı aynı yolla sağlamazlar. Cribellate örümcekleri adı verilen farklı bir örümcek grubu cribellum adı verilen



Resim 2.2 Örümcek ağının ipek ipliğine dizilmiş damlacıklar.



Resim 2.3 İçindeki iplik sarımlarını göstermek için büyütülmüş bir damlacık.



Resim 2.4 Bir ağın yapışkanlı olması için alternatif bir yol: Bir cribella-te örümceği tarafından taraktan geçirilerek kabartılmış lif.

özel bir ipek tabancasından çok telli ipek üretir. Daha sonra örümcek bu çok telli ipeği bacağına yerleştirilmiş özel bir taraktan geçirerek tarar. Bu şekilde “keten tараğından geçirilen” çok telli ipek, karma karışık bir çalılık oluşturacak şekilde kabarıp (Resim 2.4). Bu dikenli tel işlevi gören dolaşıklık çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür ama böcek bacaklarına takılmak için mükemmel uygunluktadır. Taraktan geçirilmiş “cribellate” iplikleri, daha önce bahsettiğimiz yapışkanlı lifler gibi, yapışkanmış gibi davranır. Elbette burada yapışkanlıklarını farklı bir yolla elde etmektedirler. Bir açıdan bakıldığında cribellate örümceklerinin bir avantajı bulunur. İplikleri daha uzun bir süre yapışkan kalır. Taraktan geçirme işlemini kullanmayan, onun yerine yapışkan kullanan örümceklerin yapışkanlı ağlarını her sabah yeni baştan üretmeleri gerekir. Hiç kuşkusuz (ve neredeyse inanılmaz bir şekilde), bu iş bir saatten daha az bir çalışma gerektirir, ama doğal seçimle yüzleştiğiniz zaman her saniyenin önemi vardır.

Ve ardından yapışkan lifler yeni ve ironik bir probleme yol açarlar. İster zamlı kaplanmış ister dolaşık bir dikenli tel haline getirilmiş olsun, bir böceği yakalayacak kadar yapışkan olan iplikler, örümceğin kendisinin de bu ağ üzerinde hareket etmesini zor bir iş haline getirecek kadar yapışkan dırlar. Örümceklerin sihirli bir bağışıklıkları yoktur, fakat evrimsel teknoloji bu “kendi tuzağına düşme” sorununa karşı kısmi çözümlerden oluşan bir karışım ile ortaya çıkmıştır. Yapışkan kullanan örümceklerin bacakları, onları yapışkanlığa karşı bir miktar koruyan özel bir yağla kaplıdır. Örümceklerin ayakları etere batırıldığında, yağlı kalkanın ve böylelikle de korumanın ortadan kalktığı gösterilerek bu durum ispatlanmıştır. Örümceklerin benimsediği ikinci bir kısmi çözüm de bazı iplikleri, yani ağın merkezinden yayılan ana çizgileri yapışkansız yapmaktır. Örümceğin kendisi de sadece bu ana çizgilerde hareket eder ve bu ipliklere tutunmak için küçük kısıkaçlarla sonlanan özel olarak şekillendirilmiş ayak uçlarını kullanır. Örümcek bu ana çizgilerin oluşturduğu iskeletin etrafını dairesel şekilde çeviren yapışkanlı spiralden sakınır.

Bunu gerçekleştirmek kolaydır, çünkü normalde ağın ortasında oturup bekler, böylelikle ağ üzerindeki her noktaya gitmek için gerekli en kısa mesafe bir çizgi uzaklığında olur.

Şimdi de bir örümceğin ağını örerken yüzleştiği sorunlar dizisine bakalım. Tüm örümcekler aynı değildirler ve aralarındaki farkın önem taşıdığı zamanlarda tanıdık bahçe örümceği *Araneus diamentus*'u' temsilci olarak seçeceğim. Başlangıç problemimiz, yani örümceğin başlangıç problemi, ağın kurulacağı aralığa (örneğin bir ağaç ile kaya arasına) ilk ipliğin nasıl tutturulacağıdır. Bu aralığa bir kez bu hayati ilk iplikle köprü kurulabilirse, örümcek onu bir köprü olarak kullanabilir. Ama bu ilk köprü nasıl inşa edilebilir? Yürüyerek uygulayabileceği yöntem, ipi bir tarafa tutturup, diğer tarafa yürüyerek ulaşmak ve ipliği gererek oraya diğer ucu tutturaktır. Örümcekler bunu bazen yaparlar, ama soruna daha yaratıcı bir çözüm yok mudur? Bir uçurtma olabilir mesela. İpeğin tüy gibi hafif olma özelliğinden bir şekilde yararlanılamaz mı? Evet. Yeteri kadar rüzgâr olduğunda örümceklerin yaptığı şey işte şudur: Tek bir ipliği, ucuna minicik düz bir ipek yelken veya uçurtma tutturarak salar. Uçurtma havayı yakalar ve süzülür. Bu uçurtma yapışkandır ve eğer aralığın karşı ucunda sağlam bir yüzeye temas ederse oraya yapışır. Uçurtma istenilen yere temas etmezse örümcek onu geri çeker, değerli ipeği yiyerek geri dönüştürür ve yeni bir uçurtmayla aynı işlemi tekrar dener. Nihayetinde aralığın

1 Latince isimler kullanacağım ve umut ediyorum ki Latince isimlendirme kuralını burada bir okul müdürü edasıyla açıkladığım için bağışlanırım. Bunu yapmak zorunda hissettim kendimi çünkü eğitimli insanların şaşırtıcı olabilecek kadar büyük bir kısmı bunları yanlış anlıyor. Latince isimlerin iki kısmı vardır: Bir cins ismini (örneğin *Homo* bir cinstir) bir tür ismi izler (örneğin *sapiens*, yani *Homo* cinsinin yaşayan tek türü), her iki isim de ya italik ya da altı çizili olarak yazılır. Bu ikisinden daha büyük birimlerin isimleri italik olarak yazılmaz. *Homo* cinsi Hominidae ailesine bağlıdır. Cins isimleri eşsizdirler: Örneğin sadece bir tane *Homo* cinsi ve sadece bir tane *Vespa* cinsi bulunur. Türler ise sıklıkla diğer cinslerdeki türlerle aynı bir ismi paylaşırlar, ancak cins isminin eşsizliğinden dolayı bir karışıklık olmaz: *Vespa vulgaris* bir yaban arısıdır ve bir ahtapot türü olan *Octopus vulgaris* ile karıştırılma tehlikesi yoktur. Cins ismi her zaman büyük harfle başlar ama tür ismi hiçbir zaman büyük harfle başlamaz (günümüzde böyledir, ancak kuralın oluşturulduğu ilk zamanlarda eğer özel bir isimden türetilmişse büyük harfle başlayabiliyordu. Günümüzde ise tür ismi olan *Darwinii* bile *darwinii* olarak yazılacaktır). Eğer *Homo Sapiens* ya da *homo sapiens* gibi bir yazım görürseniz (ki sık sık görürsünüz) bu daima yanlıştır, doğru yazım *Homo sapiens*'tir.

diğer ucuna iş görür bir köprü atılır ve örümcek lifin kendi tarafındaki ucunu da sağlam bir yere tutturarak köprüyü güven altına alır. Köprü artık üzerinden geçilmek için hazırdır.

İlk köprünün gergin olması düşük ihtimaldir çünkü ipliğin uzunluğu tesadüfen belirlenecek bir uzunluk olacaktır: İki ucunu birleştirdiği bu aralığa özel kesim üretilmemiştir. Ama artık örümcek onu ya ağı bir kenarı olarak vazife görmesi için kısaltabilir, ya da ağın iki ana çizgisini elde etmek için V harfi oluşturacak şekilde aşağıya doğru çekebilir. Buradaki sorun, her ne kadar aşağı doğru çekerek V harfi oluşturulabilse de, bu V'nin yeteri kadar uzun çizgiler oluşturacak kadar aşağı inmesinin pek mümkün olmamasıdır. Örümceğin bu soruna getirdiği çözüm ise köprünün kendisini değiştirmek değil, köprüyü yeni ve daha uzun bir iple değiştirirken onu destek olarak kullanmaktır. Bunu da şu şekilde yapar. Köprünün iki ucundan birinde durarak, arka tarafından yeni bir iplik çıkarır ve bunu oraya sıkıca sabitler. Sonra köprüyü ısırarak koparır ama kopardığı ucunu ayaklarıyla sıkıca tutmaya devam eder. Önde kesilmiş köprünün kalıntılarından ve arkada da yeni köprüsünden destek alarak karşıya yürür. Örümcek o anda kendi köprüsünün yaşayan bağlantı noktasıdır ve aralığın karşı ucuna doğru durmadan ilerler. Üzerinden geçtiği sırada ilk olarak kurduğu eski köprüsünün parçalarını yemeğe devam eder, çünkü bu kısımlar görevlerini yerine getirmiş ve işleri bitmiştir. Bu şaşırtıcı yöntemle, yol boyunca giderken eski köprüsünü yiyerek ve arkasından da yenisini üreterek bir uçtan diğer uca geçer. Dahası, örümceğin arka tarafı, ön tarafının yediğinden daha hızlı bir şekilde ipek üretiyordur. Böylelikle, dikkatle kontrol edilen bir şekilde, yeni köprü eskisinden daha uzun olur. Köprü artık her iki uçta da emniyetli bir şekilde sabitlenmiştir ve ağın merkezini oluşturacak bir V harfi elde etmek için doğru uzunlukta aşağıya doğru sarkar.

Örümcek bu V'yi ortaya çıkartmak için yeni köprünün merkezine geri gider ve kendi ağırlığı onu aşağı doğru sarkıtır. Böylece gergin bir V oluşturulmuş olur. V'nin iki kolu ağın iki ana çizgisini oluşturmak için iyi konumlandırılmıştır. Bir sonraki çizginin nereye yapılacağı konusunda da çok az şüp-

he vardır. Açık bir şekilde V'nin dibinden aşağı doğru dik bir çizgi üretmek iyi bir fikir olurdu çünkü bu çizgi, örümcek V'nin dibinde tüm ağırlığı ile durmuyorken bile V'yi gergin bir şekilde tutardı. Bu yüzden örümcek V'nin dip ucuna yeni bir iplik tutturur ve kendini çekül gibi zemine ya da uygun yüzeye doğru sarkıtır. Buraya bu dikey ipini sabitleyerek işi bitirir. Artık ağın üç büyük çizgisi güzel bir şekilde yerlerine yerleştirilmiştir ve Y harfini andırır.

Sıradaki iki iş, merkezden dışa doğru geri kalan çizgileri ve yuvarlak dış çerçeveyi yerine yerleştirmektir. Örümcek çoğunlukla son derece becerikli tekniklerle iki ya da üç ipi aynı anda idare ederek bu iki işi birlikte gerçekleştirmeyi ustalıklı başarı. Örümcek ana çizgilerde yürümeye devam ederken aynı anda idare ettiği bu iplerin araları da açılır. Bu bölümün ilk taslağında bu karmaşık örgü sihirbazlığının nasıl yapıldığını ayrıntılarıyla açıklamıştım ama bu açıklama başımı döndürmüştü. Editörlerimden birisi onun da başını döndürdüğünden şikâyet ettiğinde, istemeye istemeye de olsa o kısmı çıkartmaya ikna edildim. Örümceğin çalışmasının bu safhasının neticesi, 25 ya da 30 çizgiden oluşan (bu sayı türden türe, bireyden bireye farklılık gösterir) bir tam tekerlekle birlikte ağın temel iskeletinin artık yerine yerleştirilmiş olmasıdır. Ancak ağ hala bir bisiklet tekeri gibidir, yani çoğunlukla boşluktan oluşur ve içinden bir sinek kolayca geçip gidebilir. Sinek ipliklerden birine çarpsa bile yakalanmayacaktır çünkü yapışkan değildirler. Bu noktada ihtiyaç duyulan şey merkezden dışa yayılan çizgilerden geçen çok sayıda yapışkan ip döşemektir. Bu iplerin yerleştirilebileceği çeşitli yollar bulunur. Örneğin örümcek çizgilerin arasındaki her bir boşluk dilimiyle sırayla ilgilenebilir. Yani merkezden dışa doğru ilerlerken bir taraftan diğer tarafa zikzak çizebilir ve sonra sıradaki boşluğa geçebilir. Ancak bu yöntem oldukça fazla yön değişimi içerir ve yön değişimi enerji ve vakit israfı olur. Daha iyi bir çözüm bir spiral çizerek dönüp durmaktır ve örümceklerin çoğunlukla yaptığı şey de budur. Ancak arada sırada çember çizerken sürekli aynı istikamette gitmek yerine çember bitiminde ters yöne dönerler.

Fakat, ister zikzak yapın ister spiral çizin, başka problemler de bulunur. Böcekleri yakalama işini asıl gerçekleştirecek olan yapışkan iplikleri yerleştirmek hassasiyet gerektiren bir iştir. Ağ örgüsünün aralıkları kusursuz doğrulukta olmalıdır. Işınsal¹ çizgilerle yapılan bağlantı noktaları ustalıkla konumlandırılmalıdır ki çizgiler avın içinden geçip gitmesine sebep olacak delikler bırakan biçimsiz bir karmaşaya dönüşecek şekilde bozulmasınlar. Eğer örümcek bu hassas konumlandırmayı yalnızca ana çizgilerde dengede durmuş bir şekilde yapmayı denemiş olsa, büyük ihtimalle kendi ağırlığı bu çizgileri normalde durdukları yerden aşağı sarkıtır ve yapışkan sarmal ip yanlış bir gerginlikle yanlış bir konumda birleştirilir. Dahası, ağın dış kenarının yakınlarında, ana çizgiler arasındaki aralık, sıklıkla örümceğin ayaklarıyla iki ucuna birden tutunamayacağı kadar büyük olur. Her iki problem de spirale merkezden başlanılıp dışa doğru giderek zayıflatılabilir. Merkezin yakınında aralıklar dardır ve burada ana çizgiler örümceğin kendi ağırlığı tarafından bozulmaya daha az duyarlıdır, çünkü birbirlerine destek sağlarlar. Örümcek dışa doğru spiral çizdikçe ana çizgiler arasındaki aralıklar mecburen genişlerler ama bu durum sorun yaratmaz çünkü spiralin her bir halkasını yerine yerleştirdikçe bunlar gittikçe genişleyen aralıklar arasında köprü kuran destekler oluştururlar. Ancak bu fikirdeki sorun, böcekleri yakalamakta iyi olan bu yapışkan iplerin son derece ince ve elastik olmalarıdır. Ve bu yüzden aslında çok fazla destek sağlamazlar. Spiralin tamamı yerine yerleştirildiğinde ağ oldukça sağlam olur ama biz inşa süreci esnasında henüz tamamlanmamış ve bu sebeple de zayıf olan bir ağdan bahsediyoruz.

Yukarıdaki sorun, avı yakalayacak iyi bir spirali yerine yerleştirirken karşılaşılabilecek ana problemdir fakat tek değildir. Unutmayın ki, yapışkan olmayan ve örümceğin ayakları için nispeten fazla sorun çıkartmayan ana çizgileri işledik ve artık özellikle avları kapana kısırmak için tasarlanmış yapışkan ipeği konuşmaya geçtik. Örümceklerin kendi ağlarının

1. Işınal (radial) bir merkezden her yöne doğru yayılan anlamındadır. Örneğin bisiklet tekerinin telleri ışınaldır (radyaldır).

1 -çev.n. Işınal (radyal), bir merkezden her yöne doğru yayılan anlamındadır. Örneğin bisiklet tekerinin telleri ışınaldır (radyaldır).

yapışkanlığına karşı tam bir bağışıklığa sahip olmadıklarını zaten görmüştük. Sahip olsalardı bile, ağ yapımı sırasında spiralin bir sonraki sarımı için bir önceki sarımı köprü olarak kullanmak onun çok değerli yapışkanlığını azaltırdı. Bu yüzden, her ne kadar yapışkan spirali merkezden dışa doğru bir önceki halkadan yürüyerek yapmak iyi bir fikir gibi görünse de, gerçekte işe iyi yarar bir yöntem olmazdı.

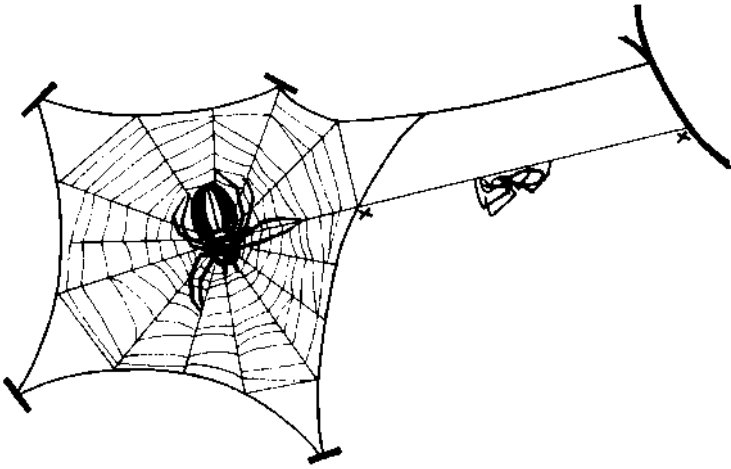
Ancak örümceğin becerisi bu zorluklara denktir. Bulduğu çözüm, bir insan inşaatçının da aklına gelebilecek bir çözümdür: Bir geçici iskele. Yani örümcek merkezden dışa doğru giden bir spirali gerçekten inşa eder ama bu spiral, ağın son halinde yer alacak yapışkan örümcek ağı olmayacaktır. Sadece bir kez kullanacağı özel “yardımcı” spiraldir. Yapışkan spirali inşa etmesine yardım edecektir. Bu yardımcı spiral yapışkan değildir ve nihai yapışkan sarmala göre daha aralıklı olarak yapılır. Ve böcek yakalamak için kullanılmayacaktır. Ancak böcek yakalamak için kullanılacak yapışkan spiralden daha güçlüdür. Ağı kuvvetlendirerek ona destek sağlar ve nihayetinde, iş yapışkan esas spirali yapmaya geldiği zaman örümceğe ana çizgiler arasında güvenli bir geçiş sağlar. Bu yardımcı spiral merkezden dış kenara ulaşmak için sadece yedi veya sekiz sarım alır. Örümcek bunu tamamladıktan sonra yapışkan olmayan ipeği üreten bezlerini kapatır ve ciddi silahlarını, yani sadece öldürücü yapışkan ipek üretiminde uzmanlaşmış musluklarını açar. Örümcek, spiralde az önce attığı adımları bu sefer dış kenardan merkeze doğru geri takip eder ve bu sırada yardımcı spirale kıyasla daha sık ve düzenli aralıklı bir yapışkan spiral üretir. Geçici yardımcı sarmalı sadece iskele ve destek olarak değil, aynı zamanda yapışkan spirali düzgün yerleştirmek için bir kılavuz olarak da kullanır. Ve yapışkan spirali üretirken, bu yardımcı spirali, her aşaması işini gördükten sonra adım adım keser. Her bir ana çizgi üzerinden geçilirken, iyi ve yapışkan olan yeni spiral, çoğunlukla tel örgüde ya da balıkçı ağında kullanılanları anımsatan zarif bir bağlantı noktası ile dikkatli bir biçimde ana çizgiye tutturulur. Bu arada bu geçici iskele ipek israfı değildir, çünkü iskelenin kesilen parçaları ana çizgilere bağlı kalırlar ve sonra

ağın işi bittiğinde örümcek kendi ağını yerken bunlar da mideye indirilirler. Yani örümcek yardımcı ipeği hemen yemez, bunun muhtemel sebebi parçaları ayrı ayrı ana çizgilerden sökmenin zaman kaybı olmasıdır.

Örümcek yeni spiral üretme yolculuğunda merkeze ulaştığında, ağ neredeyse tamamlanmıştır. Artık yapılması gereken sadece birtakım gerginlik ayarlamaları vardır. Beceri ve hassasiyet gerektiren bir iştir bu, tıpkı yaylı bir enstrümanın akordunu ayarlamak gibidir. Örümcek merkezde durur ve gerginliği hissetmek için ayaklarıyla nazikçe ipliklere asılır, gerekli olan ufak uzatmaları ve kısaltmaları yapar ve sonra döner ve manevrayı başka açılardan da tekrarlar. Bazı örümcekler merkezin etrafına karmaşık bir dantel örерler. Bu dantel, ağdaki gerginliği ince ayarlamak için kullanılıyor olabilir.

Öyküyü anlatırken ağ ör en örümcekleri dışı örümcekler olarak düşündüm, erkekler ağ örmediği için değil (örерler ve yeni doğmuş örümcek yavruları bile minik ağlar örebilir), dişilerin daha büyük ve daha belirgin olmaları yüzündendi. Dişilerin erkeklere göre büyük olan boyutlarını, her yaştan ve cinsiyetten örümceğin kendilerinden küçük olan ve hareket eden her şeyi yeme eğilimleri olduğu gerçeğiyle birleştirdiğinizde erkekler için sorunlar doğar. Örümcekler birçok diğer böcek için yemektirler. Kınkanatlılar, karıncalar, kırkayaklar, kara kurbağaları, kertenkeleler, kır fareleri ve birçok kuş türü onları avlar. Larvalarını beslemek için sadece örümcek yakalamaya uzmanlaşmış yaban arısı grupları bulunur. Ama yine de, örümceklerin en önemli avcıları büyük ihtimalle diğer örümceklerdir ve örümcekler tür sınırlarına saygı göstermezler. Daha büyük bir örümceğin ağına adım atmaya cesaret eden her örümcek ölümcül bir tehlike içindedir, ancak bu yapması gereken şeyi yapmak isteyen bir erkeğin yüzleşmesi gereken bir tehlikedir.

Bir erkeğin bu sorunun üstesinden tam olarak nasıl geldiği, türden türe çeşitlilik gösterir. Erkek bazı durumlarda bir sineği ipekten bir pakete sarar ve dışıye sunar. Dışı sivri uzun ön dişlerini sineğe geçirene kadar bekler ve sonra cinsel aleti ile dişinin üzerinde çalışmaya girişir. Hediye sineği olmayan



Çizim 2.5 İhtiyat: Çiftleşme ipini dişinin ağına bağlamış olan erkek örümcek.

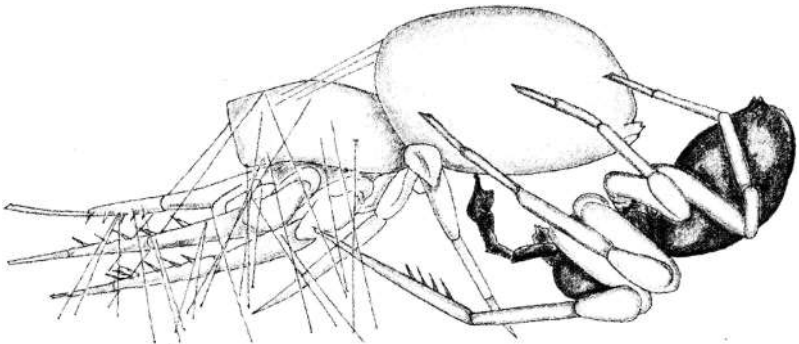
erkekler dişi tarafından yenilebilir. Diğer taraftan, bazen erkekler dişiye boş paket sunarak kandırabilirler, ya da çiftleşmeden sonra sineği dişinin ağzından kaçırlırlar, belki de başka bir dişiye önereceklerdir. Başka türlerde erkeklerin güvendiği şey, dişinin kabuk değiştirir değiştirmez ve yeni kabuğu henüz çok sertleşmemişken aşağı yukarı savunmasız olmasıdır. Erkek örümcekler için uygun zaman diye bir şey varsa işte bu zamandır ve birkaç örümcek türünde çiftleşme, dişi örümceğin kabuk değiştirdiği, yumuşak ve uysal olduğu veya en azından zararsız olduğu bu dönem dışında gerçekleşmez.

Başka türler ise beni konunun bir miktar dışına çıkmaya teşvik eden daha albenili bir teknik kullanırlar. Ağ örümcekleri ipekten bir gerilim dünyasında yaşarlar. İpek halatlar fazladan uzuvlar, antenler, neredeyse gözler ve kulaklar gibidirler. Olaylar, kasılma ve çözülme, gerilme ve gevşeme, gerilim dengelerinde kayma dili ile algılanırlar. Dişinin kalp telleri, gergin, akordu iyi ayarlanmış ipektendir. Eğer bir erkek dişiye kur yapmak ve bu sırada yenilmekten kaçınmak veya en azından bir süreliğine ertelemek istiyorsa, bu telleri iyi çalsa iyi olur. Orfeus'un¹ bile bundan daha iyi bir sebebi olamazdı.

1 -ed.n. Yunan mitolojisinde lirin sesi ile hayvanları büyülediği, ağaçları ve taşları dans ettirdiği, nehirlerin ters akmasına neden olduğu anlatılan efsanevi ozan.

Bazı durumlarda erkek dişinin ağının tam kenarına yerleşir ve dişinin ağının tellerini, insanların bir harpın tellerini tıngırdatmaları gibi tıngırdatar (Çizim 2.5). Bu ritmik tıngırtı kesinlikle herhangi bir böcek avın yapabileceği bir şey değildir ve dişiyi yatıştırıyor gibi görünür. Birçok türde, erkek, dişinin ağıyla arasında olan mesafesini, ürettiği özel bir “çiftleşme ipini” onun ağına bağlayıp uzaklaşarak arttırır. Tek yaylı bas çalan bir caz müzisyeni gibi bu özel yayı çalar. Titreşimler çiftleşme lifi boyunca iletilir ve dişinin ağının her tarafında yankılanır. Bu titreşimler dişinin beslenmeye olan eğilimini bastırır ya da bir süreliğine geciktirir ve onu çiftleşme ipi boyunca yürüyerek tıngırtının geldiği kaynağa doğru gitmeye teşvik eder. Çiftleşme orada gerçekleşir. Bu öykünün sonu erkeğin ölümlü bedeni için her zaman mutlu bitmez, ancak o an itibarıyla ölümsüz genleri dişinin içine güvenle yerleştirilmiştir. Dünya, erkek ataları çiftleştikten sonra ölen örümceklerle doludur. Ve bu çiftleşme riskini hiç almayan ataları olan örümcekler dünyamızda bulunmaz.

Bu seks ve ipek tartışmasından ayrılmadan önce, son olarak anlatacağım öyküden çıkarılacak dersi size bırakacağım. Erkeğin çiftleşmeden önce dişiyi ipekle Güli-ver tarzı yere sabitlediği örümcek türleri vardır (Çizim 2.6). İnsan şöyle düşünmeye cezboluyor: Erkek, dişinin cinsellik güdüsünden dolayı av yakalama güdüsünün geçici bir tutulmaya uğrama-



Çizim 2.6: Kendisinden daha büyük olan dişiyi iplerle bağlamış olan erkek örümcek.

sından faydalaniyor ve çiftleşmeden sonra dişinin beslenme güdüsü geri gelirse diye kolayca kaçabilmek için onu bağlıyor. Ben, anlatıldığını duyduğum öyküyü anlatacağım: Gerçek şu ki, çiftleşmeden sonra dişi kolayca sarsılıp bu zincirlerden kendi başına kurtulabilir. Belki de bu ayinsel bağlanma, atasal bir durumun sembolik kalıntısıdır. Ya da belki de bu şekilde, dişi gerçekten erkeğe kaçması için bir miktar avans verecek kadar uzun engelleniyordur. Zaten erkek dişinin sonsuza kadar bağlı kalmasını istiyor olamaz: Yumurtalarını yumurtlaması için dişinin özgür olması gerekir ve yumurtlama olmazsa tüm bu tehlikeli girişim genetik açıdan boş bir çaba olur.

Şimdi ana konumuz olan dairevi ağlar ve bunların nasıl yapılıp kullanıldığı konusuna dönelim. Örümceği, yapım sürecinin sonunda ağının ortasında, dikkatini akort ayarlamasına vermiş vaziyette bırakmıştık. Problemler ve çözümler listemize devam edecek olursak, böcekleri yakalayacak kadar iyi olan bir ağ tuzak, örümceğin kendisinin de ağın bir ucundan diğer ucuna gitmesine izin vermeyecek kadar iyidir. Ağın kenarına giden uzun, dolambaçlı yol sorunu, basit bir “serbest bölge” çözümü ile aşılr. Bu serbest bölge genelde ağın merkezinin etrafında yapışkan sarmal lif kullanılmadan bırakılmış bir halkadır. Bazı türlerde, örneğin *Zygiella* cinsinde, ağın boş bırakılan tek bir dilimi olur. Her ne kadar bu boşluğu ağın bir yanından diğer yanına giden bir yol gibi tanıtmış olsam da, bu amaç için düşünebileceğinizden daha az önemli olabilir, çünkü *Zygiella* diğer birçok örümcek türünün yaptığı gibi ağın merkezinde oturmaz. Bunun yerine ağın bir kenarında bulunan köşesinde durur ve bu da beni belirli bir nedenden dolayı örümceklerin sıradaki problemine getiriyor.

Daha önce gördüğümüz gibi, örümceklerin kendileri de av olma konusunda bağışık değildirler. Örneğin kuşlar tarafından yenirler. Belli ışık açıları dışında, ya da üzerinde çiğ yoğunlaştığında parıldaması dışında, ağın kendisini görmek oldukça zordur çünkü çok incedir. Ortada gizlenmeden oturmuş olan ağın yapıcısı ise genellikle onun en göze çarpan özelliğidir. Şişmansanız ve kuşların gözüne çarpıyorsanız, ağınızda oturmanızla ilgili söylenecek çok şey bulunur. Öte

yandan, uzun zaman dilimleri süresince ağa oturup avı beklemek örümceğin avlanma yönteminin doğasında bulunur. Ve ağın merkezi de oturulacak en bariz yerdir, çünkü ağın bu orta noktası yapışkan olmayan ipekten oluşan damarım-sı yolların kesişme noktasıdır. Böyle bir ikilem ödünleşmeye davetiye çıkarır ve farklı türler farklı ödünleşimlerde bulunurlar. *Zygiella* örümceğimiz ağın merkezinde oturmuyor olabilir ama olayların merkezinden kesinlikle uzak değildir. Oturduğu yere ağın merkezinden gelen özel bir sinyal ipliğiyle ağla temas halinde kalır. Bu sinyal ipliği gergindir ve titreşimleri beklemekte olan örümceğe anlık olarak iletir. Sinyal geldiğinde örümcek derhal sinyal ipliği üzerinden merkeze koşturur ve onu mücadele eden hedefine götürecektir en kısa ana çizgi hangisiyse ona geçer. Sinyal ipliği, daha önce bahsettiğim boş bırakılmış dilimin tam ortasından geçer. Bu dilime neden yapışkan iplikler döşenmeden boş bırakıldığı sorusunu gündeme alırsak, belki de, örümceğin ağın merkezine olan yıldırım gibi atılışında bu dilimde yapışkan iplikler olması onu engelleyebilirdi. Ya da belki de üzerinden çaprazlamasına iplikler geçtiğinde sinyal ipliği titreşim mesajlarını daha verimsiz iletecekti.

Bütünüyle ağın dışında oturmak *Zygiella* türü tarafından seçilmiş ödünleşmedir, ki bunun bedelini av ağ üzerinde can çekişirken oraya biraz daha geç ulaşarak öder (hızın neden önemli olduğunu merak ediyorsanız, birazdan ona da geleceğiz). Bir diğer ödünleşme ağın merkezinde oturmak ve mümkün olduğu kadar göze çarpmamaya çalışmaktır. Örümcekler sıklıkla ağın merkezinde yoğun bir ipek yığını inşa ederler, bu yığının arkasında saklanabilir ya da üzerinde kamufleli hale gelebilirler. Bazı ağlarda dikkati merkezde pusuya yatmış örümceğin kendisinden uzaklaştıran zikzak şeklinde örülmüş ekstra-yoğun ipekten oluşan şerit ya da şeritler bulunur (ancak alternatif olarak bu şeritlerin örümceğin ağın gerginliğini ayarlamak için kullandığı bir aparat olduğu öne-risinde de bulunulmuştur). Bazı örümcekler ağ üzerine bir parça “sahte örümcekler” gibi gözüken fazladan ipek süsler inşa ederler. Bunların kuşların gagalamalarına karşı önlem

oldukları önerisi getirilmiştir. Ancak çok daha farklı bir şekilde çalıştıkları da öne sürülmüştür. Bu yapılar (bizim göremediğimiz) ultraviyole ışınlarını böcek gözlerine öyle bir şekilde yansıtırlar ki, böcekler bunlar mavi gökyüzü parçaları, ya da başka bir deyişle boşluklar olarak görünebilirler.

Böcek ağa yakalanır yakalanmaz örümceğin yıldırım gibi olay yerine gitmesi gerektiğinden bahsetmiştim. Peki bu onun için neden önemli? Neden böceğin çırpınması bitene kadar beklemesin? Yanıt, böceklerin çırpınmalarının genelde işe yarıyor olmasıdır. Bazen çırpınarak kaçmayı başarırlar, özellikle de yaban arıları gibi güçlü böceklerse. Ve sonuçta kaçamasalar bile, uğraşırken ağa zarar verebilirler. Bir böceğin ağa yakalandıktan sonra çırpınmasının nasıl önleneceği, örümcek problemlerimizin bir sonrakidir.

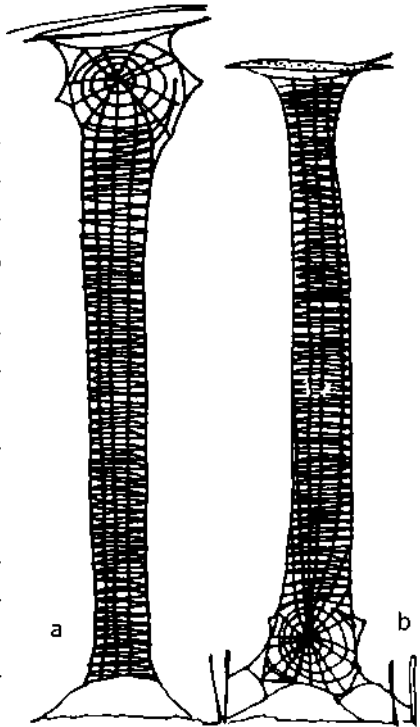
Temel çözüm acımasız basitliktedir. Böceğin çırpınmasından kaynaklanan titreşimleri takip ederek onun olduğu yere acilen koş, öldürücü bir şekilde ısır. Eğer onu aradığın sırada böcek bir anlığına çırpınmayı durdurursa, ışınsal iplikleri çekiştirerek farklı ipliklerin gerilimlerinden hangisine bir böceğin asılı olduğunu tespit etmeye çalış. Sonunda ava ulaştığında, onu tut, sinir zehrinden ona öldürücü ya da felç edici dozda enjekte etmeye çalış. Birçok örümceğin zehirli bezelerle donanmış sivri ve içi oyuk ön dişleri vardır. (Bizim için tehlikeli olanlar sadece meşhur karadul gibi birkaç örümcek türüdür ve yaygın örümceklerin büyük bir kısmı bizim derimize nüfuz edemezler. Nüfuz edebilselerdi bile büyük bir hayvana zarar vermeye yetecek kadar zehirleri bulunmaz.) Örümcek zehirli ön dişlerini ava bir kez batırdığında, genelde birkaç dakikaya varacak kadar bir süre boyunca çırpınmanın sona ermesini bekler.

Zehirli ısırığı, çırpınan bir kurbanı kontrol altına almanın temel yolu olarak tarif ettim ama tek yol o değildir. Başka yollar bulunur ve bunların çoğu (örümceklerden beklemeye alıştığımız üzere) ipek kullanımını içerir. Isırığı gerçekleştirmeden bile önce, çoğu ağ örümceği, kurbanın uzuvlarına ve bedenine dolanmış ipeğe destek olsun diye etrafına fazladan bir miktar ipek örür. Eğer av, yaban arısı gibi tehlikeli bir bö-

cekse, örümcek genelde onu yoğun bir ipek tabakasıyla kaplar, etrafını kundakla örer ve nihayetinde ipek tabakayı ön dişleriyle delerek öldürücü zehirli son darbeyi vurur.

Kelebekler ve güveler, pullu devasa kanatlarıyla özel bir probleme yol açarlar. Pullar çok hızlı bir şekilde dökülürler. Eğer bir güve ellersek, elimize güvenin pullarının oluşturduğu bir toz yığını bulaşır. Dökülen bu pullar güvelerin örümcek ağlarından kaçmalarına yardımcı olurlar, çünkü bu pul tozu ağın liflerinin yapışkanlığını etkisiz hale getiriyor gibi görünür. Güveler tehlike anında genellikle kanatlarını katlar ve yere düşerler. Ya bu sebepten dolayı, ya da ağa kısmen bağlı olduklarından dolayı uçamamaları yüzünden, bir güve bir örümcek ağından kaçmışsa, bunu genelde düşerek yapmıştır. Bu durum örümceklere yeni bir fırsatlar kapısı açar ve bu fırsatları örümcekler pas geçmemiştir.

Günümüzde artık Washington'daki Ulusal Hayvanat Bahçesi'nin yöneticisi olan Michael Robinson, eşi Barbara ile birlikte Yeni Gine ormanlarında fevkalade bir örümcek ağı keşfetmişti (Çizim 2.7 a). Yeni Gine merdiven ağı, temelinde sıradan bir dairesel ağıdır, fakat ağın alt kısmı yaklaşık bir metre uzunluğunda dikey bir şerit halinde uzar. Örümcek tepeye yakın olan merkezde oturur. Bir güve dairesel ağa çarptığında, aşağı doğru serbestçe düşme ihtimali yüksektir. Fakat Yeni Gine merdiven örümceği, düşen



Çizim 2.7 Birbirlerinden bağımsız şekilde evrimleşmiş olan merdiven ağlar: (a) Yeni Gine'den (b) Kolombiya'dan.

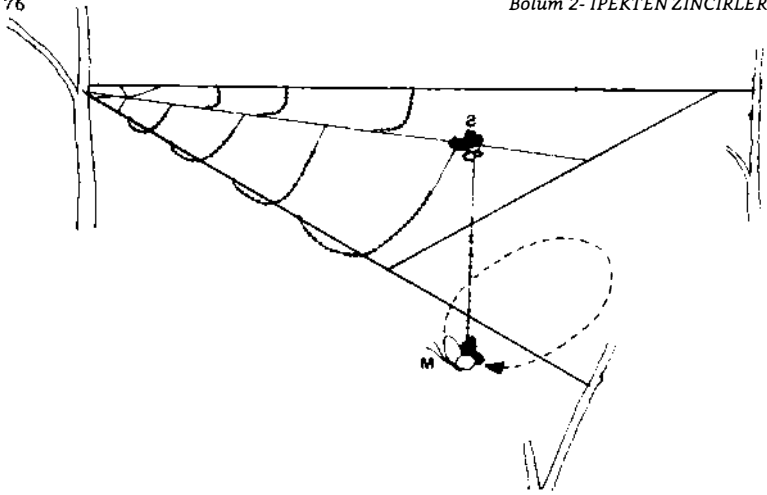
güvenin üzerinde yuvarlanabileceği uzun bir ağ parçası sağlamıştır. Güvenin ağda yol boyunca daha fazla çırpınmaları, pul tozunun harcanmasına neden olur ve örümceğin merdivenden inip güveye öldürücü ısırığını uygulamasına fırsat tanımak için güvenin yeteri kadar uzun süre alıkoyulması ihtimalini artırır. Robinson'ların Yeni Gine'deki keşfinden kısa bir süre sonra, meslektaşları William Eberhaud, merdiven ağın Yeni Dünya'daki eşdeğerini Kolombiya'da buldu (Çizim 2.7 b). Bu merdivenin Yeni Gine'dekinden bağımsız olarak geliştirilmiş olduğu, bir ayrıntı farkıyla kanıtlanır: Bu ağda örümceğin bekleme noktası tepede değil, diptedir. Fakat ikisi de aynı şekilde ve görünüşe göre aynı sebep için çalışmaktadır: Her iki örümcek türü de güve yemede uzmanlaşmıştır.

O halde, merdiven ağ, avın kaçmasının nasıl geciktirileceği problemine getirilmiş bir çözümdür ve özellikle güvelere karşılı etkili olanıdır. Bazı örümcek türleri tarafından kullanılan bir başka teknik de yaylı tuzaktır. *Hyptiotes* türünün ağı tam bir daire değildir, yalnızca dört ana çizgiye sahip bir üçgene indirgenmiştir. Bu üçgene ağın tamamını gergin tutan ek bir iplik bağlanmıştır. Fakat bu ana germe halatı sert bir yüzeye doğrudan tutturulmuş olmak yerine örümcek tarafından tutulur. Aslında örümcek bu ipliğin sert bir yüzeye tutturulması konusunda canlı bir bağlantı parçası olma görevi görmektedir. Ön ayaklarıyla ipliğe asılır ancak ipin arta kalan bir miktar uzunluğu daha vardır. Bu arta kalan kısım birkaç sarım halindedir ve örümcek üçüncü ayak çiftiyle bu halkayı gevşekçe tutar. Bu gergin pozisyonda kıpırdamadan durur ve bekler. Bir böcek ağa çarptığında örümcek derhal tepki verir. Tuzağı serbest bırakır. Tuzak böceğin üzerine düşer ve aynı anda da tuzak ipi örümceği böceğe doğru çeker. Tuzağı iki ya da üç ek aşamada yaylandırabilir de. Bunu gevşettiği ipi geri toplayıp arka tarafından daha fazla ipek salgılayarak yapar. Böcek artık üzerine yıkılan ağa umutsuz bir şekilde dolaşmış vaziyettedir. Örümcek sonra kurbanı daha fazla ipekle sarar, sıkı bir şekilde sarıp sarmalanmış bir paket olarak taşıyıp götürür. İşte bu noktada zavallı yarattığı nihayet ısırır, sindirim sıvılarını içine enjekte eder ve ipekten paketin duvarı içinden

böceğin sıvılaştırılmış kalıntılarını emer. Üçgen ağ bir kez daha kullanılmak için artık uygun bir durumda değildir, bu yüzden en baştan yeniden yapılması gerekir.

Hyptiotes türü, gergin bir ağın böceği ilk başta yakalamak için iyi olmasına rağmen güçlü çırpınmaya karşı savunmasız olması problemini bu şekilde çözmektedir muhtemelen. Yapışkan iplikler tarafından yakalanan bir böcekseniz, kendinizi çekip kurtarmak, gevşek olmaları durumuna kıyasla bu ipler gerginse daha kolaydır. Eğer iplikler gevşekse, kendinizi ona çekebileceğiniz sağlam bir şey yoktur ve yapışkan ipeğin içerisine gittikçe daha çok dolanırsınız. Bir süperpersonik uçağın havalanması için ideal olan kanat şeklinin, hızlı uçmak için ideal olandan farklı olması gibi, bir örümcek ağının av yakalamak için ideal olan gerginliği, onları ağa dolaşmış bir vaziyette tutmak için gerekli olan ideal gerginlikten farklıdır. Bazı uçaklar çift ideallik problemini uzlaştırma yoluyla çözerler, yani her iki görev için de çok kötü olmayan bir ara tasarım benimserler. Bazı diğerleri de (kanatları katlanabilir olanları) kanatlarının geometrilerini hıza göre değiştirerek her iki durumun da en iyi yönlerinden faydalanırlar. Gerçi bunu daha karmaşık bir mekanizmanın maliyetini ödeyerek başarırlar. *Hyptiotes* türü de, buna benzer bir şekilde değişken gerilimli bir ağ örür.

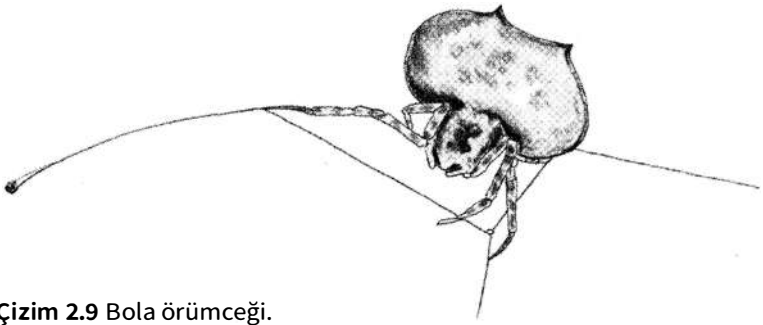
Sıradan dairesel ağ örümcekleri baştaki yakalama için en iyisi olan yüksek gerilim elde etmeyi tercih eder ve avı kaçamadan boyun eğmeye zorlamak için kendi hızlarına bel bağlarlar. Başka örümcekler de aksini tercih ederek en başta gevşek iplikleri olan ağlar örürler (Çizim 2.8). *Pasilobus* türü, tek bir ipliğin ana açığı iki eşit parçaya böldüğü üçgen bir ağ örür. Yapışkan yakalama iplikleri, gevşek bir vaziyette asılı birkaç sarıma indirgenmiştir. Bu gevşek sarımlarla ilgili zeki olan şey, özellikle bir uçlarından kolaylıkla kopuyor olmalarıdır (Michael ve Barbara Robinson tarafından Yeni Gine'de yapılmış bir diğer mükemmel keşifti bu). Bu yapışkan ipliklerden birine çarpıp ona yapışan örneğin güve gibi bir böcek, çabucak güçsüz tarafından ipi koparır, ama ipliğin diğer tarafı bağlı olarak kalır. Artık av, bir ipe bağlı oyuncak uçak gibi



Çizim 2.8 Hızlı kesim liflerine sahip olan *Pasilobus* üçgen ağ.

aynı yerde dönüp durur. Örümcek için bu noktada ipi çekerek toplamak ve avı ele geçirmek kolaydır. Bu yöntemin avantajı yine kısmi olarak avın çırpınarak kaçamaması olabilir, çünkü her şey avın katı bir yüzeyden destek alamayacağı kadar gevşektir. Ya da ana fayda, bir tarafı çabuk kopan ipliklerin, karşı karşıya olunan problemlerin en baştakilerinden birine çözüm getirmesi olabilir. Yani hızlı uçan bir böceğin trampleden geriye zıplamasını önleyecek şekilde çarpmayı sönmülmendirmeye yarıyordur. Diğer üçgen ağda olduğu gibi, *Pasilobus* türünün üçgeninin de tam dairesel bir ağın neslin-den gelen küçültülmüş bir versiyon olması olası görünür. Zaten dairesel bir ağda da çabuk-kopma prensibini kullanan ve *Poecilopachys* adı verilen başka bir cins vardır. O vakada, çoğu dairesel ağın aksine, ağ yere dik değil paraleldir.

Eğer *Pasilobus*'un üçgenini *Poecilopachys*'un dairesel ağının indirgenmiş bir versiyonu olarak düşünersek, bu yönde ilerleyen nihai indirgeme, bola örümceği *Mastophora*'nın tek lifidir (Çizim 2.9). Bir bola (ya da bolas) aslen yerli Güney Amerikalılar tarafından icat edilmiş bir silahtır ve atlı çobanlar tarafından günümüzde bile kullanılır (örneğin geniş Brezilya ovalarının büyük ve uçamayan kuşları olan Amerikan devekuşları olan rheaları avlamak için.) Bola, demir top ya da taş gibi bir çift ağırlığın bir ipin iki ucuna tutturulması-



Çizim 2.9 Bola örümceği.

la oluşturulur. Avın ayaklarını birbirine dolaştırıp onu yere indirme amacıyla ava doğru atılır. Genç Charles Darwin de at sırtında bolayı deneyerek kendi atını yakalamayı başarmıştı (bu, atlı çobanları eğlendirmişti ama muhtemelen atı pek eğlendirmemişti). Bola örümceğinin avı daima Noctuidae familyasının erkek güveleridir ve bunun bir nedeni vardır. Noctuidae ailesinin dişi güveleri eşsiz bir koku salarak erkeklerini uzak mesafelerden cezbederler. Bola örümceği, bu kokuya yakından benzeyen bir koku sentezleyerek o erkek güveleri kendi sonlarına çeker. “Bola” tek ipek ipliğin ucunda yer alan ağır bir toptur ve örümcek onu bir “elinde” tutar. Bir güveye dolaşana kadar bolayı sallandırıp durur. Güveye dolaştığında ipi geri sararak kendine çeker. Ancak örümceğin bolası, Güney Amerika atlı çobanlarının basit bolasından çok daha yüksek teknolojili bir şeydir. Gerçekte, daha önce gördüğümüz dairesel ağlarda bulunan içi sıvı dolu yapışkanlı boncuklar gibi, bir su damlasının içine gömülmüş ve sıkıca sarılmış bir ipek yumaktır. Örümcek bolasını salladığında, tıpkı bir balıkçının oltası fırlatıldığında makarasının boşalması gibi, ipek de otomatik bir şekilde açılır. Eğer bola güveye çarparsa ona yapışır ve güve dönüp durmaya başlar. Öykünün geri kalanı, kolay kopan iplikleri olan örümceklerinkiyle aşağı yukarı aynıdır. Güve örümceğe doğru çekilir ve öldürücü dişler saplanır. Bola örümceği Güney Amerika’da yaşar ve Kızılderililerin bola fikrini bu örümceğin hareketini gözledikleri için bulmuş olabilecekleri fikri muhteşemdir.

Bu noktaya kadar standart dairesel ağların bazı çeşitlerine ve indirgenmiş biçimlerine bakmış olduk. Dairesel ağın

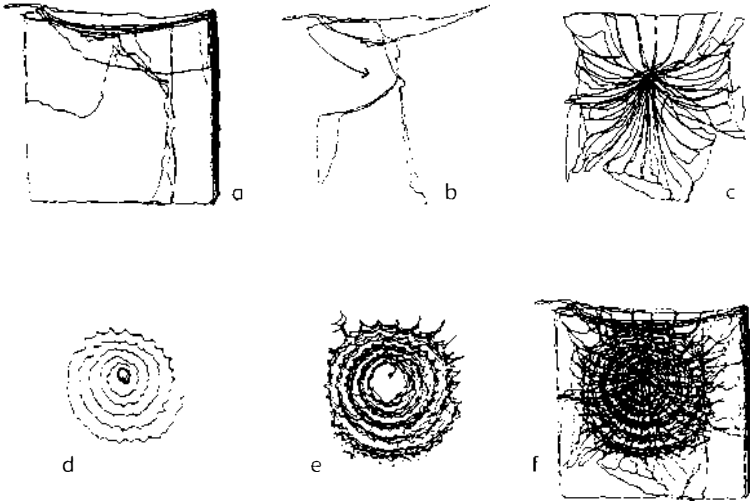
kendisine dönme vakti şimdi. Bir önceki bölümün sonunda, yapay seçilimin bir bilgisayar modelini alıp (biyobiçim programını örneğin), seçimi insan gözü yerine kör doğanın yaptığı bir doğal seçim programına nasıl dönüştürebileceğimiz sorusunu ortaya atmıştık. Biyobiçimlerle ilgili sorunun, onların hayatta kalma, başarılı ya da başarısız olma gibi durumlarına yol açacak olan, gerçek dünyaya karşılık gelen hiçbir şeye sahip olmamaları olduğunda mutabık kalmıştık. Bazı biyobiçimleri avcılar gibi davranıyor olarak hayal edebilirdik; yani av gibi davranan diğer biyobiçimleri kovalıyor olarak. Ama bu sefer de, av kovalamada ve avcılardan kaçmada biyobiçimlerin hangi özelliklerinin onları iyi ya da kötü yapacağına karar vermek için doğal ve tasarlanmamış bir yol yokmuş gibi görünür. İnsan gözü, bir biyobiçimin bir ucuna konumlanmış ve salyasını akıtan bir çift yırtıcı ön diş görebilir (Çizim 1.17, s.48). Ancak bu açık çeneler bizim hayal gücümüze ne kadar korkutucu gelirlerse gelsinler, kendilerini pratikte kanıtlayamazlar, çünkü hareket etmezler; keskin dişlerini gerçek bir kabuğa saplayabilecekleri ya da saklanabilecekleri gerçek fiziksel bir dünyada yaşamazlar. Ön dişler ve deri, sadece iki boyutlu bir ekranda çizilmiş piksel desenleridir. Keskinlik ve sertlik, kırılganlık ve zehirlilik; bu niceliklerin bilgisayar ekranının ötesinde bir anlamı yoktur, programcı tarafından uydurulmuş keyfi sayılar olarak tanımlanmışlardır. Sayıların başka sayılara karşı savaştığı bir bilgisayar oyunu yazabilirsiniz, ama bu sayıları grafiklerle giydirmek kozmetik bir olaydır ve yüzeyseldir. “Keyfi” ve “uydurulmuş” kelimeleri o oyunları oynayan oyunculara küçümseme gibi gelse de durum budur. Bir önceki bölümün tam da bu noktasında bir çare olarak örümcek ağına bel bağlamıştık. Çünkü örümcek ağında keyfi olmadan benzeşimi yapılabilecek bir parça doğa vardı.

Gerçek hayattaki dairesel ağlar işlerini çoğunlukla iki boyutta görürler. Ağ gözleri çok genişse, sinekler içinden geçip giderler. Eğer ağ gözleri çok darsa, rakip örümcekler daha düşük ipek maliyetleriyle yakın sonuçlar elde edecekler ve böylelikle ekonomik anlamda daha tutumlu olan genlerini

aktarmak için geride daha fazla soy bırakacaklar. Doğal seçim etkili uzlaşmayı bulur. Bilgisayar ekranında çizilen bir ağın, ekrana çizilen sineklerle (hemen hemen hiç keyfi olmayan yollarla) etkileşime giren özellikleri vardır. Ağ çizgileri arasındaki boşluklar, bilgisayar “sineğinin” boyutuyla bağlantılı olarak bilgisayar ekranında gerçekten anlamı olan bir niceliktir. Toplam çizgi miktarı (yani kullanılan “ipeğin maliyeti”) böylesi bir başka niceliktir. Bu iki nicelik arasında verimliliği tanımlayan orantı, kabul edilebilir orandaki küçük bir keyfi yapaylık toleransı ile ölçülebilir. Bu bilgisayar modeline biraz daha gelişmiş fizik kuralları eklemek bile mümkündür ve Fritz Vollrath (ki bu bölümde yazdığım bilgilerin çoğunu kendisinden öğrendim) ve fizikçi meslektaşları Lorraine Lin ve Donald Edmonds bu konuda iyi bir başlangıç yapmışlardır. Bilgisayar “ipeğindeki” “elastikiyet” ve “kopma geriliminin” benzeşimini yapmak, örneğin bir bilgisayar “avcısından” kaçmadaki “çevikliğin” ya da o avcılardan birinin “yerini saptamadaki” “uyanıklığın” benzeşimini yapmaktan daha kolaydır. Ama bu bölümde ağ örme davranışı modelleriyle daha çok ilgileneceğiz.

Programcı, bir bilgisayar örümceği için benzeşim kuralları yazarken, gerçek örümceklerin doğada fiilen takip ettiği kurallardan ve örümcek davranışının gidişatını şekillendiren karar noktaları üzerine yapılmış detaylı birçok araştırmadan faydalanma avantajına sahiptir. Profesör Vollrath ve onun uluslararası örümcek araştırma grubu üyeleri bu araştırmaların ön saflarında yer aldılar ve bu yüzden bu bilgiyi bir bilgisayar programı olarak somutlaştırmak için iyi bir noktadadırlar. Aslında bir bilgisayar programı yazmak, herhangi bir kurallar seti hakkında elde olan bilgileri özetlemek adına oldukça iyi bir yoldur. Sam Zschokke, ağ ören örümceklerin gözlemlenen hareketleriyle ilgili betimleyici bilgileri bilgisayar formatında özetleme görevi için işe alınmış grup üyesiydi ve yazdığı program “Hareket İzleyici” olarak adlandırıldı.

Nick Gotts ile Alun ap Rhisiart’ın çalışmalarını temel alarak geliştiren Peter Fuchs ve Thiemo Krink, “bilgisayar sineklerini” yakalayan “bilgisayar örümceklerini” programlama



Çizim 2.10 Belirli bir örümcek (*Araneus diadematus*) ağ örerken pozisyonunun bilgisayar tarafından çizilmesi. Sam Zschokke tarafından yazılmış olan Hareketizleyici programı: (a), (b) başlangıç noktaları; (c) yarıçaplar; (d) yardımcı sarmal; (e) yapışkan sarmal; (f) üst üste getirilmiş tüm hareketler.

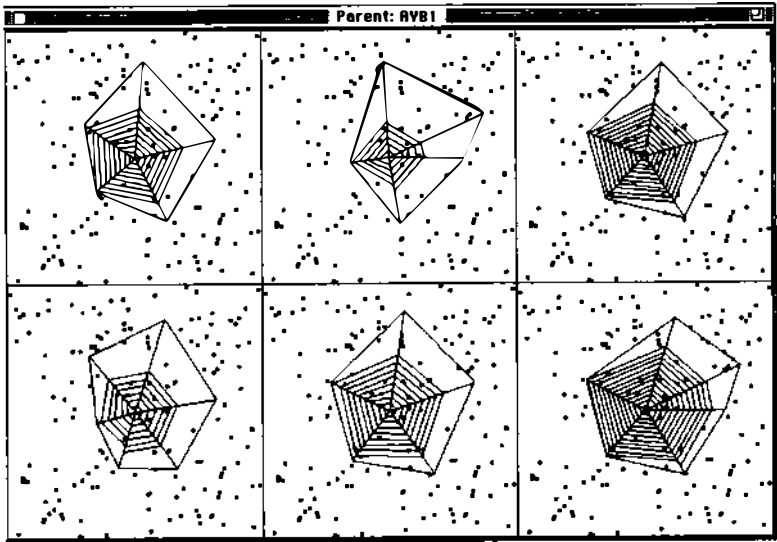
şeklindeki tersi göreve odaklanmışlardı. Onların programları da AğÖrücü olarak adlandırıldı.

Çizim 2.10, Hareketizleyici programında tipik bir bahçe örümceği olarak bahsetmiş olduğumuz *Araneus diadematus*'un belirli bir ağı örerkenki hareketlerinin resmidir. Dikkat edin, her ne kadar yüzeysel olarak benzeseler de bunlar ağların fotoğrafları değildir. Burada gördüğümüz şey, bir örümceğin zaman içindeki hareketlerinin gözlenerek kaydedilmesidir. Bu resimler, örümcek ağını ördüğü sırada video kaydının alınmasıyla elde edilmişti. Örümceğin birbirini takip eden anlardaki konumları bir çift ızgara koordinatı (x, y) şeklinde bilgisayara verildi. Sonra bilgisayar birbirini takip eden konumlar arasında çizgiler çizdi. Örneğin Çizim 2.10 e'deki "yapışkan spiral" çizgiler, örümceğin yapışkan spirali yaparkenki rotasını temsil etmektedir. Bu çizgiler herhangi bir ipek ipliğinin tam pozisyonunu temsil etmezler. Eğer öyle olsalardı, daha eşit bir biçimde yayılmış olurlardı. Şu anki durumda bu çizgiler gördüğümüz üzere "dalgalı" halinde yoğunlaşmış-

lar ve örümceğin yapışkan spirali inşa ederken yardımcı geçici spirali (Çizim 2.10 d) bir destek olarak kullandığı gerçeğini ortaya koyuyorlar. Bu çizimler “bilgisayar” örümceklerinin davranış modellerini temsil etmezler, onun yerine “gerçek” örümcek davranışının bilgisayar tasvirleridirler.

Şimdi de AğÖrücü'ye dönelim. Bu program bir tür idealleştirilmiş teorik örümcek gibi davranan tamamlayıcı bir programdır. Program, büyük çeşitlilikteki örümcek türlerinden herhangi biri gibi davranıyor hale getirilebilir. Tıpkı biyobiçim programının sinek benzeri varlıkların anatomilerinin benzeşimini yaptığı gibi, AğÖrücü programı da yapay örümcek davranışının benzeşimini yapar. “Genlerin” etkisi altında detaylarının çeşitlilik gösterdiği davranışsal kuralları kullanarak bilgisayar ekranında “ağlar” örer. Biyobiçimlerde olduğu gibi, bu programda da genler sadece bilgisayar belleğinde bulunan sayılardır ve nesilden nesile iletilirler. Genler her nesil içerisinde yapay örümceğin “davranışını” ve böylelikle de “ağın” şeklini etkilerler. Örneğin bir gen ışınsal çizgiler arasındaki açıyı kontrol ediyor olabilir: Bu gendeki mutasyon, bilgisayar örümceğinin davranışsal düzenlerinden birinde bir sayısal değişiklik yaparak bu ana çizgilerin sayısını değiştirebilir. Yine biyobiçim programında olduğu gibi burada da genlerin nesiller geçtikçe değerlerinde rastgele küçük değişimler olmasına izin verilir. Bu mutasyonlar kendilerini ağ şeklindeki değişiklikler olarak gösterirler ve bu yüzden seçilime tabidirler.

Çizim 2.11'deki altı ağı biyobiçimlirmiş gibi düşünebilirsiniz (noktaları şimdilik göz ardı edin). Sol üstteki ağ ebeveynidir. Diğer beş ağ ise onun mutasyon geçirmiş yavrulardır. Elbette gerçek hayatta ağlar başka ağlar doğurmazlar; (ağ yapan) örümcekler (ağ yapan) örümcekleri doğururlar. Ama aslında burada ağlar için söylediğim şey bir açıdan bakıldığında bedenler için de söylenebilir. Genler (ki insan ebeveynlerini inşa ederler) genlere sebebiyet verirler (ki bunlar da insan çocuklarını inşa ederler). Bilgisayar modelinde ise, (bizim aslında ekranda görmediğimiz hayali bir örümceğin davranışı üzerindeki etkileri yoluyla) sol üstteki ebeveyn ağı



Çizim 2.11 Bilgisayar sineklerinin yağmuruna tutulan, bilgisayar tarafından yapılmış ağlar. Peter Fuchs ve Thiemo Krink tarafından yazılmış olan AğÖrücü programı.

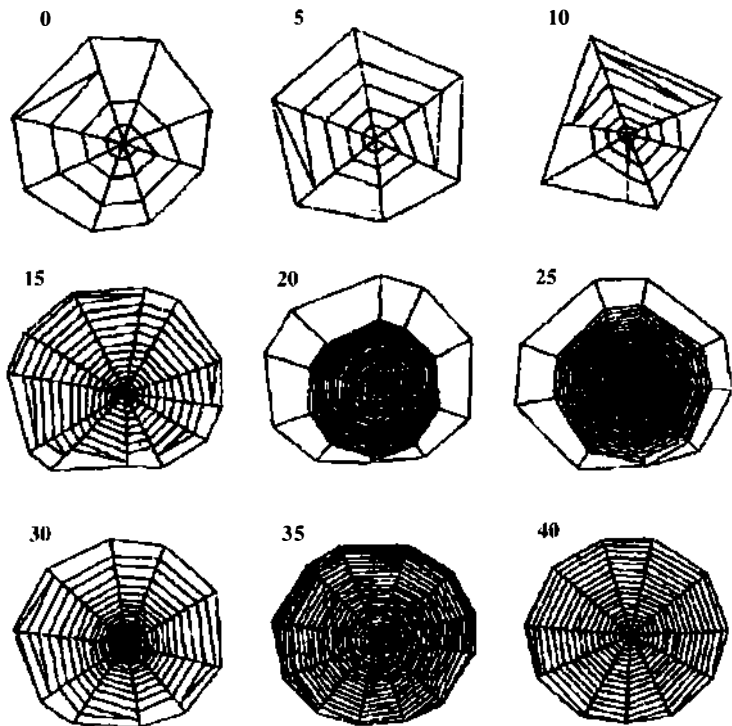
yapan genler, resimdeki beş yavru ağı yapan genleri doğuracak şekilde mutasyon geçirmiş genlerdir.

Elbette, üremesi için bir biyobiçim seçermiş gibi, üremesi için bu altı ağdan birini göz yardımıyla seçebilirdik. Bu da *seçtiğimiz ağı üreten* genlerin bir sonraki nesle (mutasyon geçirerek) aktarılmak için seçilmiş genler oldukları anlamına gelirdi. Ancak bu yapay seçim olurdu. Ve zaten biyobiçimlerden örümcek ağlarına geçmemizin tek nedeni, doğal seçilimin benzeşimini yapmak için olası bir fırsat görmüş olmamızdı. Estetik kaygısı taşıyan insan tarafından seçim yerine “sinekleri” yakalama verimliliği yüzünden seçim olsun istiyorduk.

Şimdi şekildeki noktalara bakalım. Bunlar bilgisayarın ağlara rastgele fırlattığı “sinekler.” Dikkatli bakarsanız, altı örümcek ağının tamamına da aynı rastgele konumlandırılmış sinek setinin fırlatılmış olduğunu fark edersiniz. Bu durum, gerçek hayatın aksine bir bilgisayarın siz ona yapmasını söylemediğiniz takdirde sürekli yaptığı bir şeydir. Bu vakada tekrarlama çok önem taşımaz ve hatta ağlar arasın-

daki kıyaslamayı kolaylaştırır. Kıyaslama, kısmen, bilgisayarın altı ağ tarafından “yakalanan” sineklerin sayısını sayması anlamına gelmektedir. Eğer kıyaslamanın tek ölçütü bu olsaydı, yapışkan sarmalı en çok sayıdaki sineği tuttuğu için yarışmayı sağ alttaki ağ kazanırdı. Fakat salt sinek sayısı tek önemli değişken değildir. İpeğin maliyeti de bir ölçüttür. Üst ortadaki ağ en az miktarda ipek kullanan ağdır, yani maliyet tek ölçüt olsaydı yarışmayı o kazanırdı. Gerçek kazanan, en çok sineği yakalayan ağ *eksi* harcanan ipeğin uzunluğuyla hesaplanan bir maliyet fonksiyonudur (puan = yakalanan sinek sayısı – ipek maliyeti fonksiyonu). Bu daha gelişmiş hesaplama göre kazanan ağ alt ortadaki ağ olur. Bu ağ, üremek için seçilen ve genlerini bir sonraki nesle aktaracak olan ağ olur. Biyobiçim programında olduğu gibi, birçok nesil boyunca kazananlardan yeni nesiller üretme süreci, kademeli bir evrimsel gidişatı besler. Ancak biyobiçimlerde bu gidişatın yönü salt insan seçimiyle yönlendirilmişken, AğÖrücü’nün durumunda evrimin yönü gittikçe artan verimliliğe doğru otomatik olarak yönlendirilir. İşte bu da bizim peşinde koştuğumuz şeydi. Yapay seçilimin değil de doğal seçilimin bir bilgisayar modelini istiyorduk. Peki bu koşullar altında ne evrilir? Bir gecede oluşturulan kırk nesilden sonra ortaya çıkan ağların oldukça gerçekçi görünmesi memnuniyet verici (Çizim 2.12).

Şu ana kadar gösterdiğim resimler, genel olarak Peter Fuchs’un eseri olan AğÖrücü II programı tarafından üretilmişti (AğÖrücü I bir ön aşama sürümüydü). AğÖrücü programının Thimo Krink tarafından yeniden yazılan ileriki sürümleri ek bir önemli açıdan daha biyobiçimlere baskın çıktı. AğÖrücü III eşeyli üremeyi de olaya dâhil etti. Biyobiçimler ve AğÖrücü II sadece eşeysiz olarak üreme yapıyordu. Peki bilgisayar örümceklerinin eşeyli üremesi ne anlama geliyor olabilir? Ekranda örümceklerin çiftleştiğini görmüyorsunuz tabi, ancak hiç şüphe yok ki bu da yapılabilir, hatta arada sırada gerçekleşen yamyamlık bile dahil edilebilir. Programın yaptığı şey, eşeyli üremenin genetik ilişkilerini hazırlamak, yani ebeveynlerden birinin genlerinin yarısını diğer ebeveynin genlerinin yarısıyla kombine etmektir.



Çizim 2.12 AğÖrücü tarafından yapılan ağın, her beş nesilde bir gösterilen, bir gece süren hızlı evrimi.

Nasıl çalıştığına bakalım. Programdaki herhangi bir nesilde, her biri birer ağ ören yarım düzine örümcekte oluşan bir nüfus bölgesi veya “deme”¹ bulunur. Ağın şekli bir “kromozom” (yani bir dizi gen) tarafından belirlenir. Her bir gen, daha önce gördüğümüz gibi kendine özgü belirli bir ağ yapma “kuralını” etkileyerek çalışır. Daha sonra ağlar “sineklerle” bombardıman edilir. Ağın “kalitesi”, yine daha önce gördüğümüz gibi, bir “yakalanan ‘sinek’ sayısı” fonksiyonundan bir “kullanılan ‘ipeğin’ maliyeti” fonksiyonunun çıkarılmasıyla hesaplanır. Örümcek nüfusunun belirlenmiş sabit bir oranı her nesilde ölür ve bu ölenler en verimsiz ağlara sahip olanlardan seçilirler. Kalan örümcekler yeni bir örümcek nesli

1 -ed.n. Yunanca kökenli ve birkaç köyden oluşan bölge (nahiye) anlamına gelen *deme* kelimesi, biyolojide kullanılan teknik anlamıyla, bir türün bireylerinin yerel bir nüfusu anlamına gelir.

oluşturmak için rastgele birbirleriyle çiftleşirler. “Çiftleşme” iki örümceğin kromozomlarının “dizilerek” uzunlukları boyunca belli bir orandaki kısımlarının karşılıklı olarak değiş tokuş yapılması anlamına gelmektedir. Bu kulağa yapay olarak tasarlanmış ve tuhaf geliyor, tabii kendimizin ve örümceklerin gerçek kromozomlarının eşeyli üremede yaptıkları şeyin tam olarak bu olduğunu hatırlayana kadar.

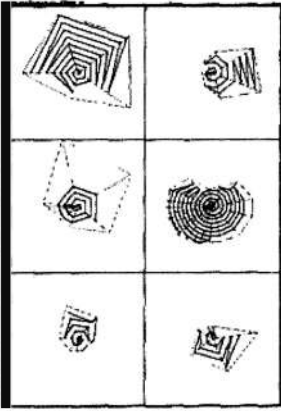
Programda bu süreç devam ediyor ve nüfus nesiller boyunca evriliyor, ama bir rötuş daha var. Altı örümcekten oluşan tek bir nüfus bölgesi yerine toplamda üç bölge var ve bu üç bölge birbirlerinden yarı bağımsızlar. (Çizim 2.13). Bu üç yarı bağımsız bölgenin her birindeki örümcekler diğer bölgelerdeki örümceklerden yalıtılmış olarak evriliyorlar. Ancak zaman zaman zaman bireylerden biri başka bir bölgeye “göç ediyor” ve genlerini de yanında götürüyor. Bu durumun arkasındaki teoriye Bölüm 4’te döneceğiz. Şimdilik özetle söyleyebileceğimiz şey, bu üç bölgenin üçünün de iyileştirilmiş ağlara doğru eviriliyor oldukları. Yani ağlar sinek yakalamada ekonomik olarak daha iyiye gitmektedirler. Ancak bu sırada bazı bölgeler evrimsel olarak çıkmaz yollara da girmiş olabilirler. Ve göç eden örümcek genleri başka bir nüfus bölgesinden taze fikirlerin enjekte edilmesi olarak düşünülebilirler. Bu durum, başarılı bir alt nüfusun daha az başarılı olan bir nüfusa genler göndererek ağ yapma problemine daha iyi bir çözüm “önerisinde bulunması” gibidir adeta.

Birinci nesilde, her üç bölgede de geniş çeşitlilikte ağ şekilleri bulunur ve bunların çoğunluğu pek verimli değildir. Çizim 2.12’deki eşeysiz örnekte olduğu gibi, nesiller geçtikçe gözlemlediğimiz şey, çeşitlenmenin daha iyi ve daha etkili bir şekle doğru aşamalı olarak azalmasıdır. Bu noktada eşeyli üreme “fikirlerin” bölgelerin kendi içinde paylaşılmasını ve böylelikle her bir bölgenin üyelerinin diğer arkadaşlarına oldukça benzemesini sağlamaktadır. Aynı zamanda bu bölgeler diğer bölgelerden genetik olarak yalıtılmışlardır. Yani bölgeler arasında gözle görülür farklılıklar bulunur. On birinci nesilde bir noktada, iki ağın genleri Bölge 3’ten Bölge 2’ye göç ediyor ve böylelikle o bölgeyi kendi bölgelerinden getirdikleri

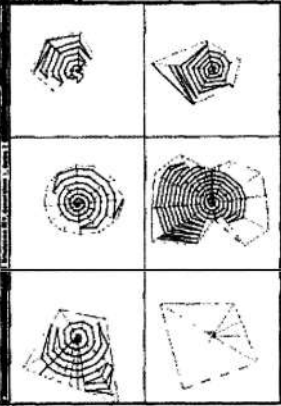
1. Nesil

10. Nesil

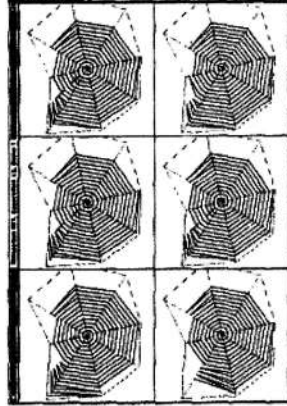
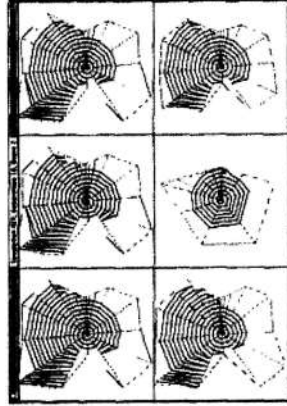
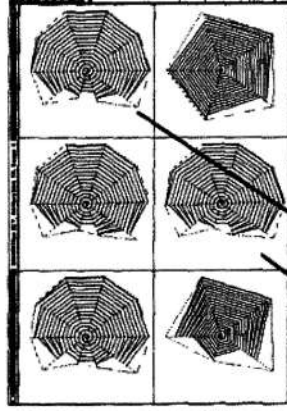
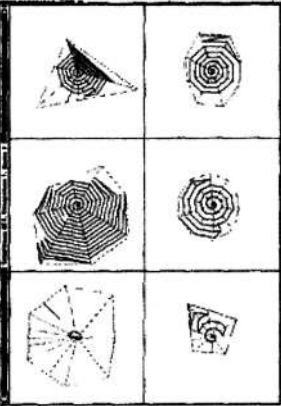
Deme 3



Deme 2

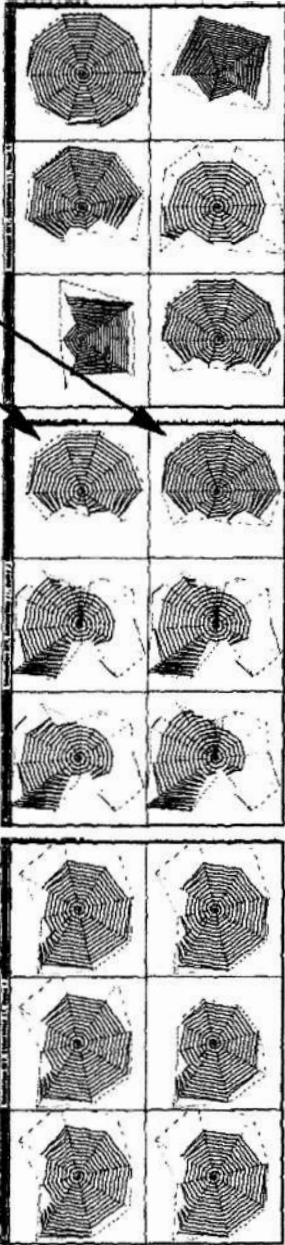


Deme 1

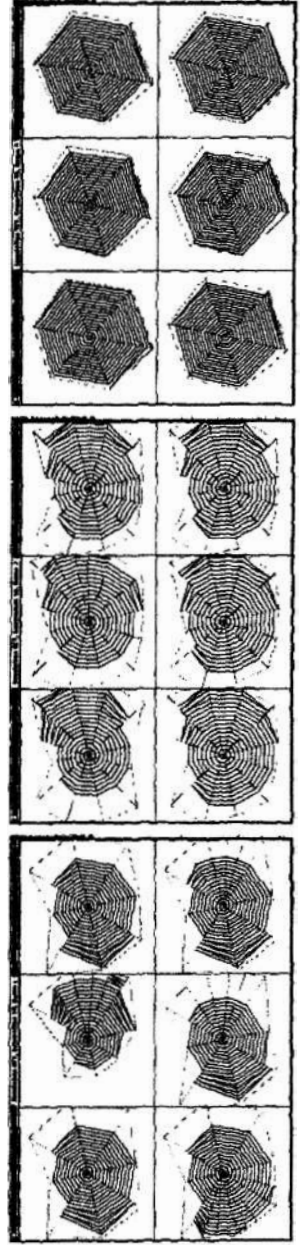


Çizim 2.13 AğÖrücü programında “doğal” seçilim yoluyla ıslah edilmiş olan bilgisayar ağlarından oluşan üç eşeyli üreyen bölgedeki elli neslin

11. Nesil



50. Nesil



evrimi. On birinci nesilde, Bölge 3'ten iki ağ genotipi, çaprazlama için müsait olan Bölge 2'ye hareket etti (bu resimde iki okla gösterildi).

fikirlerle etkiliyor. Ellinci nesil civarına gelindiğinde (esasınca, bazı durumlarda bundan çok daha kısa bir zaman önce) ağlar daha iyi, dengeli ve verimli sinek yakalama aletlerine evrilmiş oluyordular.

Yani, sinek yakalamada ilk ağlardan daha etkili olan yapay ağlar üretmek amacıyla doğal seçilime benzer bir şey bir bilgisayar da çalışabilir. Bu haliyle hala tam doğal seçim olmasa da, doğal seçilime biyobiçimlerin salt yapay seçimlerinden daha yakındır. Fakat AğÖrücü hala tam bir doğal seçim değildir. Hangi ağların üremek için iyi olduğu konusunda AğÖrücü'nün bir hesaplama yapması gerekir. Programcı tarafından verilmesi gereken bir karar vardır: Belirli bir miktardaki "ipek", birimi "sinek" olan bir para birimi cinsinden ne kadar maliyete sahip olmalıdır. Programcı ne zaman isterse bu birim dönüştürme oranını değiştirebilir. Örneğin ipeğin "fiyatını" iki katına çıkarabilir. Bu durum, fazladan birkaç sinek daha yakalamak için ipek kullanımı konusunda biraz müsrif davranan daha geniş ya da daha yoğun olan ağların üreme şansını azaltabilir. Birim dönüştürmeye programcının kendisi karar vermek durumundadır ve istediği dönüştürme oranını seçebilir. Bu, programın arka tarafında işlemekte olan böyle bir çok birim dönüştürmeden yalnızca birisidir. Sinek "etinin" yavru örümceklere dönüştürülme oranına da programcı tarafından karar verilir. Bu durum farklı olabilirdi. Ağlarının ne kadar iyi olduğuyula hiç alakası olmaksızın, örümceklerin başka sebeplerden dolayı ölmeleri konusuna da üstü kapalı bir biçimde programcı karar verir. Verilen karar keyfi olduğu için farklı bir karar farklı bir evrimsel sonucu doğuracaktır.

Gerçek hayatta bu kararların hiçbirisi keyfi değildir. Esasında bunlar karar bile değildir ve bunlar için hiçbir hesaplama cihazı kullanılmaz. Sadece gerçekleşirler. Doğal biçimde ve gürültüsüzce. Sinek eti bir şekilde örümcek yavrusu etine dönüştürülür ve birim dönüştürme etkeni de bir şekilde belirlenmiştir. Olay noktasına sonradan gelip hesaplırsak, bu sadece bizim için önemli olan bir iş olacaktır. Dönüştürme otomatik bir şekilde gerçekleşir, herhangi birisi bu dönüştürmeyi matematiksel ekonomi terimlerine dönüştürsün veya

dönüştürmesin sürekli yaşanır. Aynı şey böcek etinin ipeğe dönüştürülmesinde de geçerlidir. AğÖrücü tüm sineklerin birbirleriyle aynı olduğunu varsayar. Gerçek hayatta ise ayrıntılarda müthiş ölçüde bir karmaşıklık olabilir ve bunlar da basit bir şekilde ve sessizce olup biter. Bazı böceklerin diğerlerinden daha büyük olduğu gerçeğinin yanı sıra ciddi niteliksel farklılıklar da bulunabilir. Örneğin ipek üretebilmek için az bulunan bir amino asidin gerekli olduğunu düşünün. Farklı böcek türleri, bu belirli amino aside sahip olma bakımından ne kadar zengin oldukları konusunda çeşitlilik gösterecektir. O halde, bir böceğin gerçek değerinin doğru hesaplamasında, böceğin büyüklüğünün yanında, ne tür bir böcek olduğu da hesaba katılmalıdır. AğÖrücü bu türde etkiyi hesaplayabilir-di ancak bu da yine bir başka keyfi hesaplama olurdu.

Gerçek hayatta tüm bunlar kendiliklerinden, otomatik olarak ve herhangi bir düzenek olmaksızın gerçekleşirler. Bir başka detaya daha bakalım. Fazladan bir sineğin değerinin, örümcek toka yakın olduğu zaman, aç olduğu zamankinden daha az olduğu varsayılabilir. AğÖrücü bunu görmezden gelir, gerçek hayat ise görmezden gelmez. AğÖrücü tokluk detayını göz önünde bulunduran bir hesaplama gerçekleştirebilirdi. Gerçek hayatta ise bu isteğe bağlı bir durum değildir. Ve hiçbir ek hesaplamanın yapılmasına gerek olmaz.

Ortaya koymaya çalıştığım nokta o kadar açık ki, neredeyse açıklama yapmama gerek yok. Ancak o kadar önemli ki, bu açıklamanın yapılması gerek. AğÖrücü'ye ek ve karmaşık bir ayrıntı konusu işlendiği her defasında, zeki bir insan programcı tarafından fazladan sayfalar dolusu zor bilgisayar kodları yazılması gerekir. Ancak gerçek hayatta bunun tam zıddı olarak, belirgin bir hesap kitap yapma *eksikliği* göze çarpar. Sinek proteini ve ipek proteini arasındaki birim dönüştürme etkeni kendiliğinden oradadır. Bir sineğin aç bir örümceğe tok bir örümcekten daha önemli geldiği gerçeği için eklenecek hiçbir hesaplamaya gerek yoktur. Aç bir örümcek için yemek daha değerli olmasaydı bu şaşırtıcı olurdu. Bizler bilgisayar modelini gerçek dünyanın basitleştirilmiş bir modeli olarak görmeye alışkınız. Ancak doğal seçilimin bilgisayar modelleri-

rinin gerçek dünyanın basitleştirilmesi değil, karmaşıkleştirilmesi olarak görülebileceğı bir bakış açısı da bulunur.

Doğal seçilim son derece basit bir süreçtir, tabi çalışması için son derece düşük miktarda mekanizmaların olmasına ihtiyaç duyması açısından bakıldığında. Elbette doğal seçilimin etkileri ve sonuçları en uç noktada karmaşıktır. Ancak doğal seçilimin gerçek bir gezegen üzerinde çalışmasını sağlamak için gerekli olan tek şey kalıtsal (miras alınan) bilginin varlığıdır. Doğal seçilimin bilgisayarda çalışan bir taklidini yapmak için de kesinlikle kalıtsal bilginin eşdeğerine ihtiyacınız var, ancak bunun yanında başka birçok şeye de ihtiyacınız bulunur. Büyük miktarlardaki maliyetleri ve büyük miktardaki kazanımları ve birbirine dönüştürülebilen varsayımsal birimleri hesap etmek amacıyla özenle hazırlanmış ayrıntılı bir mekanizmaya ihtiyacınız bulunur.

Dahası, büyük bir yapay fizik ortamı kurmanız gerekir. Biz örneğimiz için örümcek ağlarını seçtik, çünkü doğal dünyada bulunan tüm mekanizmalar içerisinde örümcek ağları bilgisayar koşullarına çevrilmesi en basit olanlar arasındadır. Kanatlar, omurgalar, dişler, pençeler, yüzgeçler ve tüyler: Prensipde bunların hepsinin bilgisayarda modellerini yapabiliriz ve bilgisayar bunların çeşitlenmiş formlarının verimliliğini ölçmek için programlanabilirdi. Ancak bu çileden çıkarıcı bir şekilde zor bir programlama işi olurdu. Bir kanat, bir yüzgeç, ya da bir tüy, direnç, elastiklik, türbülans örüntüleri gibi özelliklere sahip olan bir fiziksel ortama (havaya ya da suya) koyulmadığı sürece kalitesini gösteremez. Ve bu fiziksel ortamların benzeşimini yapmak oldukça zordur. Bir uzva ait kemik ya da bir omurga, gerginlik, baskı ya da sürünmeden oluşan fiziksel bir sistem içerisine yerleştirilmeden gerçek kalitesini gösteremez. Sertlikler, kırılganlıklar, bükülmeye veya basınç altında olmaya karşı elastikiyet: Tüm bunların bilgisayarda temsil edilmesi gerekirdi. Farklı açılardan desteklenmiş ve bağ dokuları ve tendonlarla birbirlerine bağlanmış birçok kemik arasındaki dinamik etkileşimleri taklit etmek her seferinde keyfi kararlar vermeyi de içerecek oldukça zor bir hesaplama işidir. Bir kanat etrafındaki hava

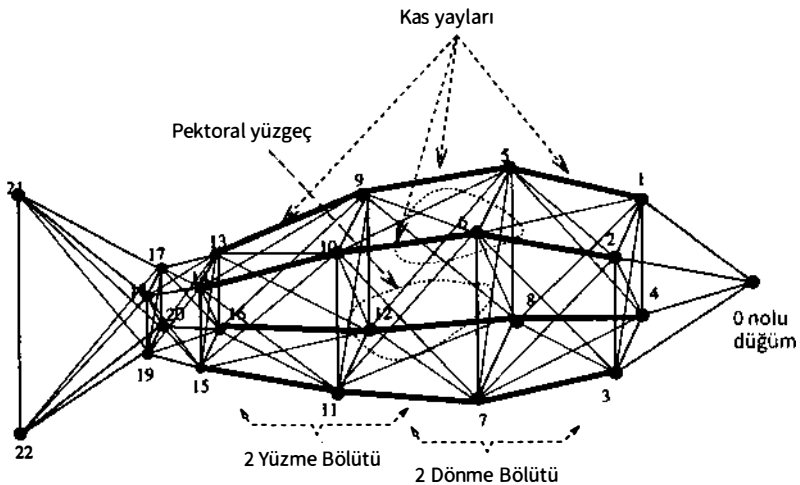
akışının ve türbülansın bilgisayarda benzeşimini yapmak o kadar zor bir iştir ki, havacılık mühendisleri sıklıkla bilgisayarda benzeşim yapmaya çalışmak yerine rüzgâr tünellerindeki modellere başvurlar.¹

Fakat bilgisayar modelcilerinin çıkardıkları işleri de hafife almamalıyım. “Yapay Yaşam” bilim dalı adı 1987’de koyuldu ve ben de bir zamanlar atom bombasının evi olan, sonraları daha yapıcı amaçlar için kullanılmaya başlanan Los Alamos’taki ad koyma törenine davet edilme onurunu yaşadım. 1987’deki ilk konferansın ve ardılarının ilham kaynağı ve organizatörü olan Christopher Langton, tam o sıralar ilk sayısı çıkan bir yapay yaşam dergisini kurdu. Bu dergi, bir önceki paragrafın kötümserliğini şimdiden aydınlatan makaleler içeriyor. Örneğin Demetri Terzopoulos, Xiaoyuan Tu ve Radek Grzeszczuk adındaki üç Kuzey Amerikalı bilimci, gerçek balıklar gibi davranan ve simüle edilmiş bilgisayar su ortamında birbirleriyle etkileşimde olan bilgisayar balıklarının harika bir benzeşim programını yazmışlar. Bu balıkların içerisinde yüzdüğü bilgisayar dünyası, gerçek fizik kurallarından esinlenilmiş kendi simüle edilmiş su fiziği kurallarına sahip. Programlama çabasının büyük bir çoğunluğu tek bir balığın benzeşimine, yani bu tek balığın davranışını doğru temsil etmeye odaklanıyor. Daha sonra bu çalışan balık, hafifçe değiştirilmiş çeşitleriyle birlikte defalarca yeniden üretilip “suya” salınıyor ve burada birbirlerini “fark edip” etkileşime giriyorlar. Örneğin, birbirleriyle “çarpmaktan” kaçınıyorlar ve “sürüler” içinde birbirleriyle iş birliği yapıyorlar.

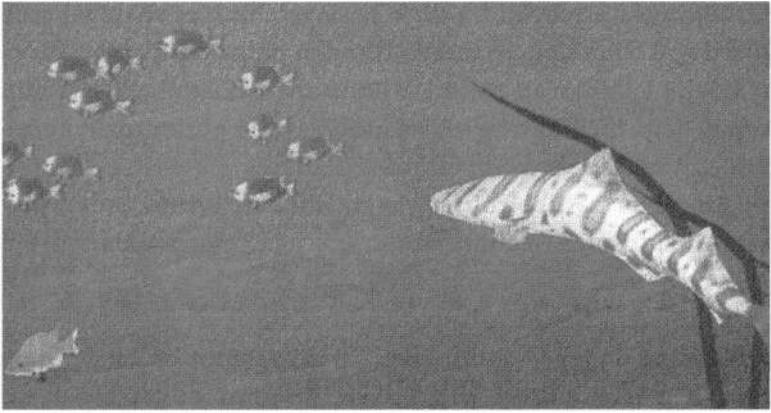
Bilgisayar balıklarının her biri 23 boğumdan oluşmuş bir anatomiye sahip ve boğumlar komşu boğumlara toplamda 91 “yayla” bağlanmışlar (Çizim 2.14). Yayların on ikisi kasılma özelliğine sahip, yani bunlar yapay balığın “kasları.” Gerçek bir balığın kıvrılarak yaptığı yüzme hareketleri, dönüşleri de içerecek bir şekilde, “kaslar” arasında ilerleyen kontrollü kasılma dalgalarıyla taklit ediliyor. Balıklar, yüzmek, dönmek

1 -ed.n. Bu kitabın yazılmasının üzerinden yaklaşık otuz beş yıl geçmesine ve bilgisayar teknolojisinin bu sürede neredeyse ışık hızıyla ilerlemiş olmasına rağmen durum hala böyledir.

ve hedefleri takip edebilmek için gerekli kas kasılmalarının sıralamasını iyileştirmek için deneyimlerinden öğrenebiliyorlar. “Açlık”, “libido” ve “korku” adı verilen üç “zihinsel durum değişkenine” sahipler. Bunlar da birleşip “amaçları” oluşturuyorlar. Amaçlar “yeme”, “çiftleşme”, “etrafta gezinme”, “ayrılma” ve “çarpışmadan kaçınma” durumlarını içeriyor. Balığın iki tane duyu organı var, biri suyun sıcaklığını ölçüyor, diğeri de dünyasında bulunan nesnelerin yerini, rengini ve boyutunu belirleyerek basit bir “göz” gibi çalışıyor. Estetik görünüm amacıyla, boğumlardan ve yaylardan oluşan iskelet, balık derisini andıran bir kılıfla kaplanmış. Farklı balık türleri, örneğin avcılar ve avlar, sadece dışlarındaki kozmetik tasarımla değil, davranışlarıyla da farklılık gösteriyorlar (Resim 2.15). Programda avcılar, avlardan sadece boyutları açısından değil, davranış eğilimleri, yukarıda bahsettiğimiz üç zihinsel durum değişkenine verilen ağırlıkları ve değişik “amaçları” açısından farklılık gösteriyorlar. Bu arada, günümüzün hızlı bilgisayarlarıyla bile bu tür benzeşimler bilgisayar zamanı bakımından o kadar maliyetlidir ki, etkileşim halinde olan birçok balığın bulunduğu yapay bir dünya oldukça yavaş işler. Programda balıklar gerçek dünyadan çok daha yavaş bir zaman diliminde yüzerler ve birbirlerini kovalarlar, birbirlerinden kaçarlar ve birbirleriyle kur yaparlar;



Çizim 2.14: Yapay balık. Yaylardan yapılmış iskelet.



Resim 2.15: Balık sürüsüne gizlice sokulan yapay köpekbalığı.

bu yüzden eğer kendimizi yaşam hızında eğlendirmek istiyorsak, zaman aralıklı fotoğraflama¹ yönteminin eşdeğerine başvurmak durumundayız. Ancak bu büyük bir teorik öneme sahip olmayan bir detay ve gelecek bilgisayar nesillerinde ortadan kaybolacaktır.

Terzopoulos, Tu ve Grzeszczuk'un bilgisayar suyundaki yapay balık dünyası evrimsel benzeşim için iyi bir aday olabilecek kadar zengin. Şu an için onların balıkları "çiftleşmeler" de, bu, yalnızca kur yapma davranışıyla sınırlı ve gerçekten üremiyorlar. Programın yazarlarının da gayet farkında olduğu sıradaki adım, kas yaylarını (ve daha yüksek bir seviyede zihinsel durum değişkenlerini ve amaçları) yöneten çeşitli davranışsal değişkenlerin sayısal ağırlıkları için olan "genler" oluşturmaktır. Çiftleşen erkek ve dişiler, farklı genetik bileşime sahip yeni nesiller üretmek için genlerini birleştirebilirler (zaman zaman oluşan mutasyonlarla birlikte tabi). Ardından, bilgisayarın nihayetinde yapay ortamında olsa da, doğal seçilimli evrim takip edecektir. Avcılar ve avlar olarak iki ayrı tür balık tanımlamaya gerek bile olmayabilir. Sadece boyut ve çiftleşme uyumluluğu bakımından farklılık gösteren ama alışkanlıkları bakımından

1 -ed.n. Zaman aralıklı fotoğraflama (*Time-lapse photography*) yavaş değişen bir manzaranın aralıklarla resminin çekilip bir film halinde gösterilmesi, yani hızlı çekim izlenilmesidir. Örneğin bir pencere önüne fotoğraf makinesi zaman aralıklı (*time-lapse*) modunda kurulup dışarıdaki manzaranın 24 saat içinde nasıl değiştiğinin resimleri aralıklarla çekilebilir ve tüm resimler 1 dakikalık bir film halinde izlenecek bir hızlı çekim videosu şekline sokulabilir.

farklılık göstermeyen iki türle başlayabilirsiniz ve doğal seçim doğal olarak birçok nesil ardından daha büyük olan türlerin daha küçük olan türleri avlama alışkanlığını geliştirebilir. Yapay doğa tarihinin ne gibi tuhaflıklarının gözlerinizin önünde ortaya çıkacağını kim tahmin edebilir?

Birisinin çıkıp, birbirleriyle zıt anlamlı kelimelerden oluşan Yapay Doğal Seçilim adını vereceği, tomurcuklanan bir araştırma alanı olacağını öngörüyor ve bunun gerçekleşmesini dört gözle bekliyorum. Bununla beraber, bir açıdan bakıldığında doğal seçilimin gerçek dünyasının en basit “benzeşimi” gerçek dünyanın kendisidir. Kemikler gerçekten de kırılma gerilimi, sıkıştırma elastikliği, sertlik, kuvvet çizgileri ve kalsiyum harcaması konularında çeşitlilik gösterirler. Eğer isterseniz detayları hesaplayabilirsiniz ama hesaplasanız da hesaplamaşanız da bazı kemiklerin kırılıp bazı kemiklerin kırılmadığı, bazı kemiklerin değerli kalsiyumdan oldukça fazla tükettiği, bazılarının ise az tüketip süt üretimi için geriye fazladan kalsiyum bıraktığı gerçeği orada durur. İşte bu anlamda gerçek dünya çarpıcı biçimde basittir. Bazı hayvanların ölmesi diğerlerinden daha olasıdır. Amerika’daki en hızlı bilgisayarın bu detayları hesaplamak ve onların maliyetlerini çıkarmak için bir yıla ihtiyacı olabilir. Ancak doğada zalim bir gerçek vardır ki bazı hayvanlar ölür diğerleri ölmez. Hepsi bu.

Eğer dilerseniz dünyadaki tüm nüfusların içerisindeki genleri devasa bir bilgisayarı oluşturuyor olarak düşünebilirsiniz. Bu bilgisayar maliyetleri ve faydaları ve para birimi dönüşümlerini hesaplıyor. Bu hesaplamaları elektronik veri işlemcisinin mekik dokuyan 1’leri ve 0’ları yerine gen sıklıklarının değişen desenleriyle yapıyor. Bu anlayış oldukça aydınlatıcı ve kitabın kapanış sayfalarında buna geri döneceğiz. Fakat şimdi kitabın başlığını aydınlatma zamanı. Olasılıksızlık Dağı nedir ve ondan neler öğreneceğiz?

BÖLÜM 3

DAĞDAN GELEN MESAJ

Olasılıksızlık Dağı, düzlüklerden gökyüzüne doğru yükseliyor, baş döndürücü zirveleri gittikçe seyrekleşen havayı deliyor. Keskin ve dik kayalıkları sanki asla tırmanılamazmış gibi görünüyor. Dağın yanında böcek gibi kalan ve güçlkle ilerleyebilen dağcılar dağın eteklerinde ağır aksak yürüyor ve tırmanmaya çabalyorlar. Gözleri sarp ve ulaşılabilir olan zirvelerde umutsuzca geziniyor. Küçük, şaşkın başlarını sallıyorlar ve zorlu zirveyi sonsuza kadar tırmanılmaz olarak ilân ediyorlar.

Dağcılarımız fazlaca hırslı. Uçurumların sarplığının heyecanına o kadar kendilerini kaptırmışlar ki, dağın diğer tarafına dolaşıp orayı kolaçan etmeyi akıl edemiyorlar. Eğer bunu yapmayı düşünebilselerdi, bulacakları şey dimdik uçurumlar ve yankılı derin vadiler değil, yumuşak eğimli çimenli çayır olacaktı. Uzaktaki zirvelere doğru düzgün ve yumuşak eğimli bir şekilde yükselen çimenli yokuşlar göreceklerdi. Bu kademeli yükseliş arada sırada küçük, sarp bir kayalıkla kesiliyor ama genellikle çok aramanıza gerek kalmadan, sağlam ayakları ve harcayacak vakti olan formda bir dağ yürüyüşü için çok dik olmayan dolambaçlı bir yol bulabilirsi-

niz. Doruk noktasının muazzam yüksekliği, ona tek bir sıçrayışla tırmanmaya çalışmadığınız sürece fark etmez. Hafifçe eğimli olan yolu bulun ve sınırsız vaktiniz de varsa, tırmanış ancak bir sonraki atacağınız adımın zorluğu kadar zor bir hale gelir. Olasılıksızlık Dağının öyküsü, ders çıkarmak için anlattığımız bir hikâye elbette. Ve bu bölüm ve bir sonrakinde bu öykünün taşıdığı anlamı keşfedeceğiz.

Aşağıdaki yazı Londra'daki *The Times* gazetesinde birkaç yıl önce yayımlanan bir mektuptan alıntı. Mektubun herhangi bir utanca sebep olmamak için adını gizli tuttuğum yazarı bir fizikçi. İngiltere'nin en saygın bilim enstitüsü olan Kraliyet Akademisi'ne meslektaşları tarafından bir üye olarak seçilecek kadar yüksek bir saygınlığa sahip.

Sör, ben şu fizik bilimcilerden biriyim... Darwin'in evrim teorisinden şüphe eden fizikçilerden biri yani. Şüphelerim herhangi bir dini sebepten ya da herhangi bir tartışmanın herhangi bir tarafına yakıt sağlama arzusundan kaynaklanmıyor. Tek sebebi Darwinciliğin bilimsel olarak savunulamaz olduğunu düşünmem sadece.

... Evrimi kabullenmekten başka seçeneğimiz yok çünkü bütün fosil kanıtlar onu işaret ediyor. Tartışma konusu sadece nedenle ilgili. Darwin nedenin rastlantı olduğunu iddia ediyor: Nesiller nesilleri takip ettikçe, tesadüf eseri küçük çeşitlenmeler oluyor, bu çeşitlenmelerin bazı avantaj sağlayanları kalıyor, sağlamayanları yok oluyor. Böylelikle canlılar kademeli olarak daha iyiye gidiyor, örneğin yiyecek bulmakta ya da düşmanlarını yok etmekte daha güçleniyorlar. Bu süreci Darwin doğal seçim olarak adlandırdı.

Bir fizikçi olarak ben bunu kabul edemem. Şansa dayalı çeşitlenmelerin harikulade bir mekanizma olan insan bedenini oluşturmuş olacağı bana imkânsız geliyor. Tek bir örnek alalım, gözü. Darwin gözün onu bozguna uğrattığını itiraf etmişti; ışığa hassas basit bir organdan nasıl evrilmiş olabileceğini anlayamıyordu. Ben

kendim canlıların tasarlandığı hipotezinden başka bir alternatif göremiyorum. Hayatın kökeni standart bilimin terimleriyle açıklanabilir değildir. Bu gezegenin milyarlarca yıllık varlığı boyunca mükemmel bir şekilde birbirini izleyerek oluşmuş canlıların da öyle.

Fakat Tasarımcı kimdi?

Saygılarımla,

Yazar, yanlış anlamamamız için kendisinin fizikçi olduğundan iki kez bahsediyor. Galiba ona göre fizikçi olması görüşlerine özel bir ağırlık katıyor. Benzer bir şekilde, California San Jose Devlet Üniversitesi'nde kimya bölümünde profesör olan bir başka fizik bilimci de, "İzmir (Smyrna) İncirinin Üremesini Açıklamak İçin Tanrı'ya İhtiyaç Var" adlı yayımıyla biyolojiye gömülmüş. İncirler ve onların tozlaştırıcıları olan yabanarıları ile aralarındaki ilişkinin çarpıcı karmaşıklığını (bkz. Bölüm 10) anlatmış ve şu sonuca varmış:

Bir yaban arısı larvası tüm kış boyunca bir yaban incirinin içinde hareketsiz yatar. Ama yaban incirlerinin yaz mahsulünü verdiği sırada yumurtalarını bırakmak için bu arı tam da doğru zamanda yumurtadan çıkar. İncirler döllenebilmek için kendilerini tozlaştıracak bu yaban arılarına zaten tam da o anda ihtiyaç duyarlar. Bu sürecin tamamı kusursuz bir zamanlama gerektirir ve bu da Tanrı'nın onu kontrol ettiği anlamına gelir! (Sondaki ünlem işareti bana ait.)

Tüm bu hatasız işleyen düzenin evrimsel şansla oluştuğunu düşünmek akıl almaz bir şeydir. Tanrı olmadan İzmir inciri gibi bir şey var olamazdı... Evrimciler, varlıklar kesin bir amaç ya da tamamen düşünülmüş bir plan olmadan rastlantı eseri ortaya çıkmış gibi davranırlar.

İngiltere'nin en ünlü fizikçilerinden biri olan Sör Fred Hoyle, doğalarından gelen "olasılıksızlıkları" (yani şans eseri ortaya çıkabilmeleri olasılığı) göz ya da incirinkinden daha kolay hesaplanabilir olan örneğin enzimler gibi daha büyük mo-

leküllerle ilgili benzeri bir görüşünü sıklıkla ifade eder. (Lafı açılmışken, Fred Hoyle şimdiye dek yazılmış en iyi bilim kurgu romanlarından biri sayılması gereken *Kara Bulut*'un da yazarıdır.) Enzimler, moleküler toplu üretim makinelerine oldukça benzer bir şekilde hücrelerin içinde oldukça fazla sayılarda çalışan büyük moleküllerdir. Enzimlerin etkileri üç boyutlu şekillerine bağlıdır. Üç boyutlu şekilleri, onları oluşturan protein zincirinin hangi noktalardan kıvrılacağına bağlıdır. Bu zincir arka arkaya dizilen amino asitlerden oluşmuştur ve zincirin hangi noktalardan kıvrılıp enzimin nasıl bir şekil alacağı nihayetinde zinciri oluşturan aminoasitlerin sıralamasına bağlıdır. Bu sıralamanın kesin biçimi doğrudan genler tarafından kontrol edilir ve sıralama gerçekten fark yaratır. Soru, bu sıralamanın şans eseri ortaya çıkıp çıkmayacağıdır.

Hoyle bu soruya hayır cevabını verir ve haklıdır. Zincirde kullanılabilecek aminoasitlerin sabit bir sayısı vardır ve bu sayı yirmidir. Tipik bir enzim, her bir halkası bu yirmi amino asitten biri olan birkaç yüz halkalık bir zincirdir. Basit bir hesaplama gösterir ki, örneğin 100 aminoasitlik bir zincirde belli bir dizilimin kendiliğinden oluşması şansı 20'nin yüz kez birbiriyle çarpımında bire, yani 20^{100} 'de bire eşittir. Bu sayı hayal edilemeyecek kadar büyüktür, evrenin tamamındaki temel parçacıkların sayısından çok daha büyüktür. Sör Fred Hoyle, Darwinci muhalifleri olarak gördüğü kişilere karşı adil davranmak için (daha sonra göreceğimiz gibi, gereksiz yere) fazlasıyla çaba sarf ederek cömertlik gösterip olasılığı 10^{20} 'de 1'e indirger. Bu elbette daha mütevazî bir sayı, ancak hala korkunç derecede düşük bir olasılık. Hoyle'un kitabının ortak yazarı ve meslektaşı, astrofizikçi, Profesör Chandra Wickramasinghe, Hoyle'un şu sözünü aktarır: "İş gören bir enzimin 'şans eseri' kendiliğinden varlık bulmuş olması, bir hurdalıkta esen kasırganın şans eseri bir Boeing 747 oluşturmaları gibidir." Hoyle ile Wickramasinghe'nin kaçırdıkları nokta Darwinciliğin bir rastgele şans teorisi *olmadığıdır*. Darwinci doğal seçim teorisi, rastgele mutasyona eşlik eden rastgele-olmayan birikimli doğal seçim teorisidir. Merak

ediyorum, entelektüel bilim insanları için bile bu basit noktayı anlamak neden bu kadar zor?

Darwin de kendi zamanında, onun teorisinde ölümcül açık olarak gördükleri “rastlantı” iddiasını haykıran bu fizik bilimcilerin daha eski bir kuşağıyla bizzat mücadele etmek durumunda kalmıştı. William Thomson, yani Lord Kelvin¹ belki de Darwin’in zamanının en büyük fizikçisi ve Darwin’in en tanınan bilimsel muhalifiydi. Lord Kelvin’in birçok başarısı arasında, dünyanın bir zamanlar Güneş’in “alevlerinin” bir parçası olduğunu varsayarak, soğuma oranlarına dayanarak dünyanın yaşını hesaplamış olması vardı. Dünya’nın yaşının birkaç on milyon olduğu sonucuna varmıştı. Modern hesaplamalar Dünya’nın yaşını birkaç milyar yıl olarak ortaya koyar. Lord Kelvin’in tahmininin doğru yanıtın yüzde biri olması, onun itibarına herhangi bir şekilde gölge düşürmez. Çünkü onun zamanında radyoaktif bozunmayı kullanan tarihlendirme yöntemleri mevcut değildi ve Güneş’in gerçek “alevleri” olan nükleer füzyon bilinmiyordu. Yani onun soğuma oranı hesaplaması daha en başından başarısız olmaya mahkumdu. Daha az affedilebilir olan şey ise, onun “bir fizikçi olarak” Darwin’in biyolojik kanıtını reddetmiş olmasıydı. Ona göre dünya yeteri kadar yaşlı değildi. Darwinci evrim sürecinin etrafımızda gördüğümüz sonuçları elde edebileceği kadar zaman geçmemişti, yani daha üstün olan fiziksel kanıtların gölgesinde kalan biyolojik kanıtlar basitçe yanlış olmalıydı. Darwin biyolojik kanıtın evrimi işaret ettiğini, bu sebeple evrimin gerçekleşmesi için yeterli sürenin geçmiş olması gerektiğini, böylelikle de fizikçilerin kanıtının yanlış olması gerektiğini söyleyerek ona cevap yapıştırabilirdi (ama öyle yapmadı).

“Rastlantı” noktasına geri dönecek olursak, Lord Kelvin, İngiliz Bilim Derneği’ne yaptığı Başkanlık Hitabının itibarlı platformunu kullanarak, bir başka saygın fizik bilimci olan Sör John Herschel’in beğendiği şu sözlerini alıntılamıştı (bu

1 -ed.n. William Thomson, Lordlar Kamarasına yükselen ilk bilim adamıydı. Kelvin unvanı, bu bilimcinin Glasgow Üniversitesindeki laboratuvarı yakınlarında bulunan Kelvin nehrine ithafen verilmişti (bazen 1. Baron Kelvin olarak da adlandırılır).

arada Herschel Darwinciliği “Karman Çorman Yasası” olarak adlandırmıştı):

Gelişigüzel ve tesadüfi çeşitlenme ve doğal seçim prensibini, geçmişin ve günümüzün organik dünyasının başlı başına yeterli açıklaması olarak görmek, Shakespeare’in eserlerinin ve Newton’un *Principia*’sının¹ nasıl yazıldığının açıklaması olarak Laputa tarzı kitap yazma yöntemi olduğunu düşünmekten daha savunulabilir değildir.

Herschel’in burada kullandığı “Laputa tarzı kitap yazma” benzetmesi Jonathan Swift’in fantastik romanı olan *Gulliver’in Gezileri*’nde dalga geçtiği, Laputa isimli hayali ülkede kelimelerin rastgele arka arkaya dizilmesiyle kitap yazılması yöntemine göndermeydi. Herschel ve Kelvin, Hoyle ve Wickramasinghe, benim yukarıda ismini vermeden alıntı yaptığım fizik bilimci ve sürekli etrafta dağıtılan Yehova Şahitleri broşürlerinin² hepsi Darwinci doğal seçilimi Laputa tarzı kitap yazma gibi görme hatasına düşüyor. Günümüzde bile Darwincilik geniş bir kesim tarafından bir “şans” teorisi olarak görülüyor. Bu konuda daha fazla şey bilinmesi gereken çevrelerde bile.

Ezici, gıcırtilı ve gürültülü bir şekilde barizdir ki, Darwincilik eğer gerçekten bir şans teorisi olsaydı, işe yarayamazdı. Bir gözün ya da bir hemoglobinin molekülünün salt karman çorman şansla kendisini oluşturması için gereken zamanın şu andan başlayıp sonsuza kadar süreceğini hesaplamak için bir matematikçi ya da fizikçi olmanız gerekmez. Sadece Darwinciliğe has bir zorluk olmanın çok daha ötesinde, gözlerin ve dizlerin, enzimlerin ve dirsek eklemlerinin ve diğer

1 -ed.n. *Principia Mathematica* (Matematiğin Temel İlkeleri), Isaac Newton’un bilimsel çalışmalarını ve bulduğu kanunları yazdığı, bilim tarihinin en önemli çalışmalarından sayılan üç ciltlik ünlü kitabı.

1 -ed.n. *Principia Mathematica* (Matematiğin Temel İlkeleri), Isaac Newton’un bilimsel çalışmalarını ve bulduğu kanunları yazdığı, bilim tarihinin en önemli çalışmalarından sayılan üç ciltlik ünlü kitabı.

2 -ed.n. Yehova Şahitleri 1870’lerde başlayan, İsa’nın da tanrı olduğu inancını reddeden ve Müslümanlıktaki gibi sadece tek bir tanrı olduğunu söyleyen, şu anki dünya düzeninin yıkılacağı Armageddon’un (büyük Kıyamet savaşının) eli kulağında olduğunu iddia eden bir Hristiyanlık mezhebidir ve insanları bu mezhebe çekmek için üyeleri Batı ülkelerinde sürekli broşürler dağıtırlar, sokakta veya ev ziyaretlerinde insanlarla konuşarak onları ikna etmeye uğraşırlar. www.bbc.com/news/magazine-28166192

canlı harikalarının oluşmasının astronomik derecede olan olasılıksızlığı, yaşama dair *her* teorinin detaylı bir biçimde çözüme kavuşturması gereken problemdir ve yalnızca Darwincilik benzersiz bir şekilde bu problemi *çözer*. Olasılıksızlığı küçük ve hakkından gelinebilir parçalara bölerek, gerekli olan şans faktörünü ortadan kaldırarak ve Olasılıksızlık Dağının arkasına dolaşıp oradaki hafif eğimleri milyon yıllık adımlarla tırmanarak çözer. Sadece Tanrı tek bir sıçrayışla bu sarp kayalıkların üzerine sıçrama gibi delice bir işe kalkıştırdı. Ve eğer biz onun bizim kozmik tasarımcımız olduğu önermesini kabul edersek, aslında en baş noktaya geri dönmüş olarak kendimizi buluruz. Çünkü etrafımızdaki göz alıcı çeşitlilikteki canlıları üretme gücü olan her Tasarımcının, tüm hayal gücümüzün ötesinde bir zekaya ve karmaşıklığa sahip olması gerekirdi. Ve karmaşıklık, olasılıksızlık için başka bir kelimeden ibarettir ve bu yüzden açıklama gerektirir. Tanrısının son derece basit olduğu cevabını yapıştıran bir ilahiyatçı, bu konuyu savuşturmaktadır (aslında pek savuşturamamaktadır). Çünkü yeteri kadar basit olan bir tanrı, bir evren tasarlayamayacak kadar basit olurdu (evreni tasarlamamanın ötesinde, günahları bağışlamaktan, dualara karşılık vermekten, birliği kutsamaktan, suyu şaraba dönüştürmekten ve kendisinden beklenen daha nice başarıdan bahsetmiyoruz bile). Bu iki zıt şeye aynı anda sahip olamazsınız. Ya Tanrınız dünyalar tasarlamaya ve tüm tanrısal işleri yapmaya muktedirdir, ki bu durumda kendisinin varlığının açıklamasını gerektirir, ya da muktedir değildir, ki bu durumda da en baştaki probleme bir açıklama *sağlayamaz*. Yani Tanrı aslında Fred Hoyle tarafından nihai Boeing 747 olarak görülmelidir.

Olasılıksızlık Dağının yüksekliği, gözlerde ve enzim moleküllerinde (ve onları tasarlama yeteneğine sahip olduğu söylenen tanrılarda) özetlenmiş olan mükemmelliğin ve olasılıksızlığın birleşimini temsil etmektedir. Bir göz ya da protein molekülü gibi bir nesnenin olasılıksız olduğunu söylemek daha incelikli bir şeyi ifade eder. Bu nesneler çok sayıda parçanın son derece özenli bir yolla düzenlenmesiyle oluşturulmuşlardır. Ve bu parçaların farklı bir şekilde bir ara-

ya getirilmesiyle oluşturulabilecek farklı kombinasyon sayısı muazzam büyüklüktedir. Protein molekülü vakasında bu büyük sayıyı gerçekten hesaplayabiliriz. Isaac Asimov bu hesaplamaı hemoglobin isimli belli bir protein için gerçekleştirdi ve bu sayıya Hemoglobin Sayısı adını verdi. Hemoglobin Sayısının 190 tane sıfırı vardır. Bu sayı, hemoglobinin parçalarını, sonucun hemoglobin olmayacağı şekilde yeniden bir araya getirme yollarının sayısıdır. Göz olayında ise, çok sayıda varsayım üretmeden hemoglobin durumuna eşdeğer bir hesaplama yapamayız. Fakat onun da bir başka afallatıcı büyüklükte sayıya ulaşacağını sezgisel olarak görebiliriz. Göz, parçalarının trilyonlarca olası düzenlenme yolu arasından sadece elimizdeki örneğe uyan düzene gelmesi açısından bakıldığında olasılıksızdır.

Bu noktada ilgi çekici olmayan başka bir bakış açısını da dile getirelim: Parçaların bir araya gelebileceği trilyonlarca yollardan her biri, sonradan bakıldıklarında en az diğerleri kadar olasılıksızdır. Herhangi bir gerçek hurdalık bile, oluştuktan sonra baktığımızda en az bir Boeing 747 kadar olasılıksızdır. Çünkü parçaları birçok farklı başka yolla bir araya getirilmiş olabilirdi. Buradaki sorun, bu birçok farklı yolun da neticede bir hurdalık olacağıdır. Burası nitelik fikrinin devreye girdiği yer. Bir Boeing hurdalığındaki parçaların bir araya geliş şekillerinin muazzam büyüklükteki bir çoğunluğu uçamayacaktır. Sadece çok küçük bir kısmı uçabilecektir. Benzeri şekilde, bir gözün parçalarının olası trilyonlarca bir araya geliş biçimi arasından sadece oldukça küçük bir kısmı görebilecektir. İnsan gözü bir retina üzerinde keskin bir görüntü oluşturur. Bu görüntüdeki küresel ve renksel sapmalar¹ düzeltilmiştir. Dışarıdaki ışık yoğunluğundaki büyük dalgalanmalar karşısında gözün içindeki ışık yoğunluğunu

1 -ed.n. Küresel sapma, kıvrımlı bir yüzeye sahip merceklerin dış kısımlarına doğru gelen ışınların orta kısımlarına gelen ışınlarla kıyasla daha çok yansıtılması veya sapması dolayısıyla odaklanma noktasında oluşan bozulmalardır. Renksel sapma ise, farklı renklerin farklı dalga boylarına sahip olmaları nedeniyle mercekten geçerken hafifçe farklı kırılmaları dolayısıyla oluşan sapmadır. Bu bozulmalar oluşturulan resimlerin kalitesini düşürür. İnsan optik teknolojisinde bu sapmaları düzeltme amacıyla arka arkaya birkaç iç bükü ve dış bükü mercek kombine edilir. en.wikipedia.org/wiki/Spherical_aberration en.wikipedia.org/wiki/Chromatic_aberration

görece sabit tutmak için bir iris diyaframıyla içeri girmesine izin verilen ışık otomatik olarak azaltılır veya arttırılır. Bakılmakta olan nesnenin yakında ya da uzakta olmasına bağlı olarak otomatik bir şekilde merceğin odak uzunluğunu değiştirir. Üç farklı türde ışığa duyarlı hücrenin tetiklenme oranlarını kıyaslayarak renkleri çözümler. Bir gözün kısımlarının rastgele birleştirildiği neredeyse tüm kombinasyonlar bu hassas ve zor görevleri yapmakta başarısız olurdu. Şu an mevcut olan belirli kombinasyonla ilgili çok özel bir nokta bulunur. Rastgele kombinasyonların her biri en az bir diğeri kadar olasılıksız olsa da, bu kombinasyonlardan işe yaramaz olanlarının sayısı, işe yarayacak olanların sayısı yanında devasa kalır. İşe yarar aygıtlar olasılıksızdırlar ve özel bir açıklama gerektirirler.

Matematiksel genetikçi ve modern istatistik biliminin kurucusu olan büyük bilim insanı R. A. Fisher 1930 yılında özenli üslubuyla olaya noktayı şöyle koydu (ben kendisiyle hiç tanışmadım ama cefakeş karısına yaptırdığı özenli dikteyi insan neredeyse duyabiliyor):

Bir organizma, belli bir duruma veya içinde yaşadığı ortamı oluşturan durumların toplamına uyum sağlamış olarak düşünülür. Bir noktaya kadar bu hayvanın her şey hesaba katıldığında biraz daha az uyum sağlayacağı bir parça daha değişik durumlar veya ortamlar topluluğunu hayal edebiliriz. Ve yine bir noktaya kadar bu ortama biraz daha az uyumlu olacak hafif bir miktar değişik organik biçimler topluluğu da hayal edebiliriz.

Gözler, kulaklar ve kalpler, bir akbabanın kanadı, bir örümceğin ağı, bunların hepsi, nerede görürsek görelim mühendisliklerinin bariz mükemmellikleriyle bizi etkilerler. Bazı parçalarının yeri değiştirildiği veya başka bir biçimde bir araya getirildiği neredeyse tüm diğer yollarda daha kötü hale geleceklerini anlamak için onları doğal ortamlarında izlememize gerek bile olmaz. Her taraflarına “olasılıksız mükemmellik” yazılmıştır. Bir mühendis onların belli bir sorunu çözmek için tasarlanmış şeyler olduklarını, kendisinden aynı sorun-

ları çözmesi istenseydi onlar gibi sonuçlara doğru yönelebileceğini fark edebilir. Bu durum, bu gibi nesnelerin “şans eseri ortaya çıkmışlar” denilerek açıklanamayacağını söylemenin bir başka yoludur. Gördüğümüz gibi, açıklama olarak tek başına şansa başvurmak, Olasılıksızlık Dağının en dik kayalığının dibinde durup üstüne tek bir sıçrayışla zıplamaya eşdeğerdir. Peki, dağın öbür tarafındaki yumuşak eğimli, çimenli yokuşlardan yavaş yavaş tırmanmak benzetmesi neye denk geliyor? Geldiği anlam, rastgele çeşitlenen organizmaların rastgele olmayan şekilde hayatta kalmaları, birikimli olarak, her defasında bir adım atarak yavaş yavaş tırmanmalarıdır ve Darwin bunu doğal seçim olarak adlandırmıştır. Olasılıksızlık Dağı mecazı, bu bölümün başında alıntı yaptığımız şüphecilerin hatasını dramatize etmektedir. Yanlış yola sap-tıkları yer, gözlerini sarp uçuruma ve onun çarpıcı yüksekliğine sabitledikleri noktaydı. Gözlerin ve protein moleküllerinin ve parçaların diğer olasılıksız düzenlenişlerinin üzerinde durduğu zirveye gidilecek tek yolun bu sarp uçurumdan geçtiğini varsaydılar. Darwin’in büyük başarısı, dağın öbür tarafında yukarıya doğru çıkan hafif eğimleri keşfetmek oldu.

Ama acaba bu “ateş olmayan yerden duman çıkmaz” sözünün yanlış çıktığı nadir vakalardan biri midir? Darwincilik salt şans teorisi zannedilerek yaygın bir şekilde yanlış anlaşılmaktadır. Bu asılsız bilginin ortaya çıkışını tetikleyecek bir şey yapmış olamaz mı? Aslında evet, yanlış anlaşılmış söylen-tinin arkasında bir şey bulunur. Zayıf bir dayanağı vardır bu çarpıtmanın. Darwinci süreçteki aşamalardan biri gerçekten de bir şans sürecidir: Mutasyon. Mutasyon, taze genetik çeşitlenmeleri seçilime dahil eden süreçtir ve genellikle rastgele olarak tanımlanır. Ancak Darwincilerin mutasyonun “rastgeleliği” konusundan bahsetmelerinin sebebi, doğal seçim sürecinin bir sonraki ayağı olan seçilimin rastgele olmayışının *zıtlığına dikkat çekme* arzusudur. Aslında doğal seçilimin çalışması için mutasyonun illa rastgele olması *gerekmez*. Doğal seçim, mutasyon yönlendirilmiş olsa da olmasa da işini yapabilir. Mutasyonun rastlantısal *olabileceğini* vurgulamak, onun aksine seçilimin görkemli ve mükemmel bir şekilde

rastgele olmayışına dikkat çekme yolumuzdur. Mutasyonun rastgeleliği ile doğal seçilimin rastgele olmayışının birbirine zıtlığı üzerine yapılan bu vurgunun insanları teorinin tamamının bir şans teorisi olduğunu düşünmeye yöneltmiş olması ironiktir.

İşin doğrusu mutasyonlar bile çeşitli açılardan bakıldıklarında rastgele değildirler. Gerçi bu açılar bizim buradaki tartışmamıza etki etmezler çünkü canlıların olasılıksız mükemmelliğine yapıcı bir katkıda bulunmazlar. Bu bakış açılara örnek verecek olursak, mutasyonların çok iyi anlaşılmış fiziksel sebepleri vardır ve bu açıdan bakıldığında rastgele değildirler. Röntgen operatörlerinin düğmeye basmadan önce bir adım geriye çekilmelerinin veya kurşun içeren koruyucu göğüslükler takmalarının sebebi X ışınlarının mutasyonlara neden olmasıdır. Ayrıca mutasyonların bazı genlerde görülme ihtimali diğerlerine kıyasla daha yüksektir. Kromozomların üzerinde, mutasyonların ortalamadan kayda değer miktarda fazla gerçekleştiği “sıcak noktalar” vardır. Bu da bir başka tür rastgele olmama durumudur. Mutasyonlar tersine çevrilebilirler (bunlara “geri mutasyonlar” denir). Genlerin çoğunluğu için mutasyonun her iki yönde olma olasılığı eşittir. Ama diğer bazıları için bir yönde mutasyon, tersi yönündeki geri mutasyondan daha sık görülür. Bu durum “mutasyon baskısı” olarak adlandırılan durumu doğurur. Mutasyon baskısı, seçim baskısı hangi yönde olursa olsun belli bir yöne doğru evrilme eğilimidir. Yine bu da mutasyonun rastgele olmayan bir şey olarak tanımlanabileceği bakış açılarından bir başkasıdır. Ancak mutasyon baskısının sistematik bir şekilde iyileşme yönüne doğru uygulanmadığını unutmayın. X ışınları da öyle. Aslında tam aksine, mutasyonların çok büyük bir kısmı kötü sonuçlara yol açar. Çünkü mutasyonların etkileri rastgeledir ve bir organizmanın değişerek daha iyi hale gelmesinden çok daha fazla miktarda, değişerek daha kötü hale gelme yolu bulunur.

Mutasyonların iyileşmeye doğru meyilli oldukları teorik bir dünya hayal edilebilir. Bu varsayımsal dünyadaki mutasyonlar rastgele olmazlardı. Bu rastgele olmama durumu

yukarıda bahsettiğimiz “X ışınlarının yol açtığı mutasyonların rastgele olarak görülmeyeceği bakış açısı”nın ötesinde olurdu çünkü bu varsayımsal mutasyonlar sistematik olarak seçilimin bir adım ötesinde olmaya ve canlının ihtiyaçlarını önceden tahmin etmeye meyledecekti. Ancak bu tip rastgele olmama durumu, sayısız teorik arzunun aksine, neredeyse kesin olarak gerçek bir temelden yoksundur. Çünkü mutasyonların canlının ihtiyaçlarını sistematik olarak tahmin etmesi olası değildir, bu tip önceden kestirme durumunun nasıl işleyeceği de açık değildir. “Önceden kestirme” ifadesinin ne anlama gelebileceğini gelin biraz açalım. Başlangıçta ılıman olan bir bölgeye korkunç bir buzul çağının sokulmakta olduğunu ve o bölgenin yerel geyiklerinin ince postlarının içinde soğuktan telef olmakta olduklarını varsayalım. Bireylerin çoğu zaten ölecektir, ama bu geyik türü yok olmaya ramak kalmışken ayı postu gibi kalın bir post evriltebilirse, kurtulacaktır. Gerekli zaman istenen mutasyonları çalıştırmaya ayarlanmış, işe yarayacak bir mekanizma hayal etmek prensipte olasıdır. X ışınlarının genel mutasyon oranını artırdığını biliyoruz, post kalınlığında meydana getireceği değişim ayırım yapmadan daha ince ya da daha kalın yöne doğru eşit olacaktır. Ya aşırı soğuk hava, bir şekilde mutasyon oranını sadece bir yönde, yani daha kalın postlara doğru artırabiliyor olsaydı? Ve simetrik biçimde, ya yoğun sıcaklık mutasyonları daha ince postlara doğru olan ters yönde uyartılabileydi?

Böyle Hızır gibi yardıma yetişen mutasyonlar gerçekleşiyor olsaydı, Darwinciler *sorun etmezdi*. Böyle bir şey Darwin-ciliği baltalamazdı, yalnızca tek etken olduğu iddialarını bitirirdi: Bir deniz aşırı uçuşta bir kuyruk rüzgârı herkesin kabul edeceği bir yolla varışınızı hızlandırabilir ve bu durum sizi evinize ulaştıran ana gücün jet motoru olduğu inancınızı baltalamaz. Fakat Darwinciler, eğer böylesi bir iyiliksever mutasyon mekanizması keşfedilseydi, üç sebepten dolayı gerçekten oldukça şaşırırlardı (aynı zamanda meraklanırlardı).

Bu sebeplerin birincisi, hummalı aramalara rağmen henüz böyle herhangi bir mekanizmanın keşfedilmemiş olmasıdır (en azından hayvanlarda ve bitkilerde: Bakterilerde verilerin

halen tartışmaya açık olduğu çok özel ve genelde konumuzla çok alakalı olmayan bir iddia var). İkincisi, bedenın hangi türde mutasyonları teşvik edeceğini nereden “bilebileceğini” açıklayabilecek mevcut bir teorinin olmamasıdır. Sanırım insan şöyle bir şey hayal edebilir: Eğer milyonlarca yıl öncesine uzanan düzinelerce buz devri döngüleri gerçekleşmiş ve bu bir çeşit “soy deneyimi” oluşturmuşsa, henüz keşfedilmemiş bir türden daha yüksek seviyeli bir doğal seçim, bir sonraki buzul çağıının ilk işaretleri görölmeye başladığında doğru yönde mutasyona uğrama eğilimini organizmaya işlemiş olabilir. Ancak tekrar ediyorum, bu türde etkiye sahip bir şey için mevcut hiçbir kanıt yok ve dahası şu ana kadar ortaya atılmış, bu konuyu çözebilecek hiçbir teori bulunmuyor. Üçüncüsü (ve bu bizi daha önceki noktaya getiriyor), ben de dâhil olmak üzere bazı Darwinciler, önerilen yönlendirilmiş mutasyon mekanizmasının inceliksiz bir gereksizlik olduğunu düşünürüz. Bizim bu tepkimiz estetik bir tepki ve bu yüzden aşırı bir anlam taşıdığı düşünölmemelidir. Fakat yönlendirilmiş mutasyon iddialarına soğuk tepkiler vermemizin sebebi bu tip iddiaların genellikle böylesi bir teoriye *ihtiyaç olduğunu* yanlış bir şekilde düşünen insanlar tarafından ortaya atılıyor olmasıdır. İhtiyaç olduğunu düşünürler çünkü seçilimi anlamazlar. Mutasyon rastgele olsa bile seçilimin işi yapmaya gücünün yettiğini kavrayamazlar. Rastgele olmayan seçilimin yeterliliğini dramatikleştirmenin bir yolu, doğal seçim teorisinin mutasyonun rastgele olmasına *izin verdiğini* vurgulamaktır. Ama daha önce de söylediğim gibi, mutasyonun rastgele olması gerçeğı teori için kritik bir önemde değildir ve teorinin tamamına şans katranı sürerek kötölemek için kesinlikle herhangi bir bahane sağlamaz. Mutasyon rastgele olabilir, ama seçim kesinlikle değildir.

Az önceki varsayımsal olayımızdaki geyiğimizi gittikçe şiddetlenen soğuşa terk etmeden önce son bir çözüm olarak, bu son üç paragrafı okuduktan sonra içinize doğmuş olabilecek bir çeşit “Hızır gibi yetişen mutasyon teorisi” bulunur. Bedenin, soğuk havanın daha kalın bir posta doğru giden bir mutasyon gerektirdiğini, sıcak havanın ise tersi yönde bir

mutasyon gerektirdiğini nasıl “bilebileceğini” görmek gerçekten de çok zor olabilir. Ama işlerin zorlaştığı dönemlerde mutasyon oranlarının (ayrım gözetmeksizin her yönde) fırlamaya programlandığını hayal etmek bir parça daha kolaydır. Bu durumun sezgisel açıklaması şunun gibi bir şey olabilir: Yeni bir kriz, örneğin bir buz devri ya da aşırı ısınma dönemi gibi bir kriz, beden tarafından stres olarak hissedilir. Üzerimdeki yüksek stres, bu ister soğuktan, ister sıcaktan, kuraklıktan veya belirsiz başka bir sebepten dolayı olsun, gösterir ki mevcut koşullar karşısında benim bedensel ekipmanımda *bir şeyler* yanlış. Benim için çok geç olabilir, ama cinsel organlarımda bulunan üreme hücrelerimdeki genleri hangi yöne olduğuna bakmaksızın çılgınca rastgele yönlerde mutasyona uğrattırsam belki yavrularımın bazıları için yaşam koşulları bir parça iyileştirilmiş olabilir. Çevresel kriz ne olursa olsun (soğuk, yüksek ısı, kuraklık, sel), mutasyon geçirmiş yavrularımdan, mutasyonlarının yanlış yönde olduğu ortaya çıkanları (yani muhtemelen çoğunluğu) ölecek. Ama eğer kriz yeteri kadar şiddetliydiyse zaten ölmüş olacaktı. Belki de bir hayvan bir kuluçka dolusu mutasyona uğramış anormal yaratıklar ve canavarlar üreterek bu yeni krizle kendisinden daha iyi başa çıkabilen bir çocuk üretme şansını artırıyordu.

Gerçekten de etkileri “başka genlerdeki mutasyon oranlarını kontrol etmek” olan genler bulunur. Teoride, bu “mutasyoncu genlerin” stres tarafından tetiklenebileceği ve böylesi bir eğilimin bir çeşit yüksek-seviye doğal seçim tarafından kayırılıyor olabileceği öne sürülebilir. Ama ne yazık ki bu teorisinin de daha önce bahsettiğimiz faydalı yönlere yönlendirilen mutasyon teorisinden daha fazla dayanağı olmadığı ortaya çıkıyor. Öncelikle bu teoriyi destekleyen hiçbir kanıt yoktur. Daha da önemlisi, doğal seçilimin arttırılmış mutasyon oranlarını kayırdığına dair herhangi bir görüşe dair derin teorik zorluklar bulunur. Bu konuda elimizde olan veriler genel bir tablo sunuyor ve bizi mutasyoncu genlerin daima nüfustan yok olma eğilimine sahip olacakları sonucuna götürüyor. Bu sonuç elbette varsayımsal stres altındaki hayvanlarımız için de geçerli olacaktır.

Bunun genel açıklaması özetle şöyledir: Bir ebeveyn olma yaşına ulaşmayı başarmış her hayvan zaten epey iyi olmalıdır. Epey iyi olan bir şeyle başlar ve onu rastgele değiştirirseniz, büyük ihtimalle daha kötü hale getirirsiniz. Ve gerçekte de mutasyonların büyük bir çoğunluğu işleri kötüleştirir. Mutasyonların küçük bir azınlığının işleri iyileştirebileceği doğrudur. Zaten doğal seçimle evrimin mümkün olmasının sebebi nihayetinde budur. Bir mutasyoncu genin toplam mutasyon oranını arttırarak, sahibinin bu küçük ve değerli azınlığın (yani iyi yönde sonuçlar doğuran bir mutasyona sahip azınlık grubun) bir üyesine ulaşmasına yardımcı olabileceği de doğrudur. Böyle bir şey olduğunda mutasyoncu genin bu belli kopyasının yayılma şansı geçici olarak patlayacaktır çünkü yaratılmasına yardımcı olduğu “iyi yönde gerçekleşmiş mutasyonla” aynı bedeni paylaşacaktır. Bunun, mutasyoncu genin lehine pozitif doğal seçim teşkil edeceğini ve bunun sonucu olarak mutasyon oranlarının artabileceğini düşünebilirsiniz. Ne yazık ki şimdi anlatacağımız bunu takip eden olaylar bu düşüncüyü boşa çıkarırlar.

İleriki nesillerde cinsel üreme kendi görevi olan genleri karıştırma işini gerçekleştirecek, birey bedenlerini paylaşacak genleri tekrar düzenleyip yeni kombinasyonlar oluşturmaktadır. Nesiller geçtikçe mutasyoncu genin kendi yarattığı iyi genden ayrılmasını durduracak hiçbir şey yoktur. Bazı bireyler sadece iyi gene, diğerleri de sadece mutasyoncu gene sahip olarak doğacaktır. İyi gen doğal seçim tarafından ödüllendirilmeye devam edecek ve ileriki nesillerde gittikçe daha fazla yayılma şansına sahip olabilecektir. Ancak onu yaratan talihsiz mutasyoncu gen cinsel karılma tarafından başka bir tarafa savrulmuştur. Başka herhangi bir gen gibi, mutasyoncu genin de uzun vadedeki akıbeti kendi *ortalama* etkilerine bağlıdır. Yani içerisinde varlık bulacağı farklı bedenlerin tümü üzerindeki uzun vadedeki ortalama etkilerine göre kaderi belirlenecektir. Mutasyoncu genin yarattığı iyi genin ortalama etkileri iyidir ve bu iyi gen nüfusta gittikçe daha da fazla beden içerisinde hayatta kalacaktır. Ama mutasyoncu genin kendisinin ortalama etkileri kötüdür ve arada sırada

olan parlak yararlarına rağmen, ortalamada mutasyoncu gen doğal seçim tarafından cezalandırılmaya mahkumdur. Kendisini içinde bulduğu vücutların çoğu hilkat garibesi veya ölü olacaktır.

Mutasyoncu genlerin seçim tarafından kayırılma olasılığına muhalefet eden yukarıdaki bu görüş üremenin eşeyli olduğu varsayımına dayanır. Eğer üreme eşeysiz gerçekleşiyorsa, bu görüşteki genlerin “karılması” adımı eksik kalır. Eşeysiz üremede, uzun vadelerde mutasyoncu genler doğal seçim tarafından seçiliyor olabilirler, çünkü eşeyli üreme olmayınca mutasyoncu genler arada sırada yarattıkları iyi genlerden ayrılmıyorlardır ve bu genlerin “sırtına binerek” nesiller boyunca aktarılabilirler. Üreme eşeysiz olunca, yeni bir iyi mutasyon, yeni bir başarılı birey klonları dizisini başlatacaktır. Yeni bir kötü mutasyon ise, hilkat garibelerinden oluşan alt klonlarını da kendisiyle birlikte batırarak hızla yok olacaktır. Eğer bir iyi mutasyon yeteri kadar iyiye, klon başarılı olmaya devam edecek ve içerisindeki tüm genler bu başarının kaymağını yiyecektir, kötü olanlar bile. Bu kötü olanlar yayılacaktır çünkü kötü etkilerine rağmen klondaki genlerin ortalama kalitesi pozitiftir. Ve bu başarı treninin arkasına takılan kaçak yolcu genler arasında, iyi geni en başta yaratmaktan sorumlu mutasyoncu gen de olacaktır. İyi mutasyonun bakış açısından bakıldığında, kötü genlerin ölü ağırlığını üzerinden silkeleyip atmayı “dileyecektir” ve mutasyoncu gen de buna bir istisna değildir. Bu iyi mutasyon, eğer düşünebilseydi, iyi ve temizleyici (kötü genleri ayırma ihtimali olan) bir eşeyli üreme arzuları. “Keşke bedenim biraz eşeyli üreme işine dahil olsaydı,” diyecekti, “o zaman bu çirkin otostopçu kalabalığını üzerimden silkeleyip atabilirdim. Sadece kendi erdemlerimle değerlendiriliyor olurdum. Kendimi içinde bulduğum bedenlerin bazıları kötü, bazıları iyi olurdu, fakat ortalamada kendi iyi etkilerimden fayda sağlamakta özgür olurdum.” Öte yandan, kötü genlerde hiçbir eşeyli üreme “arzusunu” yoktur çünkü onlar iyi bir şeyin üzerindedirler. Onlar eğer genetik “herkese özgürlük” olayından, yani eşeyli üremeden tek başlarına geçmek zorunda kalsalardı, kısa sürede bayrağı çekerlerdi.

Bu görüş tek başına eşeyli üremenin ilk başta neden gerçekleştiğinin açıklamasını oluşturmaz. Gerçi böyle bir açıklama için temel haline getirilebilir. İyi genlerin eşeyli üremenin varlığından yararlanabileceklerini, kötü genlerin ise yokluktan fayda sağlayacağını (benim yaptığım gibi) söylemek, eşeyli üremenin orada duruyor olduğunu açıklamakla kesinlikle aynı şey değildir. Eşeyli üremenin neden var olduğunu açıklamaya çalışan birçok teori bulunur ve bunlardan hiçbirisi çok güçlü ikna edicilikte değildir. Ortaya atılmış teorilerin en eskilerinden birini ele alırsak, “Muller’in Cırcırlı Çarkı¹” teorisi benim iyi genlerin ve kötü genlerin “istekleri” olarak konuşma diliyle ifade ettiğim teorinin daha düzene sokulmuş halidir. Benim mutasyoncu genler görüşüm, Muller’in Cırcırlı Çarkı teorisine ek bir teşvik sağlıyor olarak görülebilir. Eşeysiz üreme sadece kötü genlerin nüfusta birikmesine izin vermekle kalmaz, mutasyoncu genlere aktif bir teşvik de sağlar.

Bu durumun eşeysiz üremeye üretilen klonların soylarının yok olmasına hız vermesi büyük ihtimaldir. Bir başka deyişle, muhtemelen Muller’in Cırcırlı Çarkı’nın işleyişini hızlandırıyordur. Ancak eşeyli üreme, neden ortaya çıktığı, Muller’in Cırcırlı Çarkı ve tüm alakalı şeyler tamamen başka bir hikâye ve anlatılması oldukça zor. Belki bir gün onu tamamen ele alacak cesareti toplar ve cinsiyetin evrimiyle ilgili bir kitap yazarım.

Fakat eşeyli üremeye daha fazla dalmak bizi asıl konumuzdan saptıracaktır. Netice itibariyle, eşeyli üremenin olduğu yerde mutasyonların bazıları (küçük bir azınlığı) zaman zaman doğal seçim tarafından kayrılrsa da, mutasyon fenomeni doğal seçim tarafından cezalandırılmaktadır. Bu durum arttırılmış mutasyon oranlarının desteklenmesinin yüzeysel olarak akla yatkın görüldüğü, bir parça stres altında olunan şartlar karşısında bile geçerlidir. Her ne kadar bireysel mutas-

1 -ed.n. Bir “cırcırlı çark” tek bir yöne dönebilen çarktır. Bir örneğini de klasik mekanik saatlerin içinde görebileceğimiz bu mekanizmada, geri gitmesini engelleyen bir durdurucu kol çarka eklenerek çarkın sadece tek bir yöne dönebilmesi sağlanır.



yonların arada sırada iyi çıktıkları görülse de, mutasyonun yeğlenmesi her zaman kötüdür. Bu söyleyeceğim bir parça çelişkisel olmanın ötesine geçse bile, doğal seçilimi sıfır mutasyon oranını kayırıyor olarak düşünmek en iyisidir. Bizim için talihli (ve evrimin sürebilmesini de sağlayan) bir şekilde bu genetik Nirvanaya, yani sıfır mutasyon oranına hiçbir zaman tam olarak ulaşamaz. Darwinci süreçteki ikinci aşama olan doğal seçim rastgele olmayan bir güçtür, daha verimli olmaya doğru iter. Mutasyon, yani süreçteki ilk aşama, verimli olmaya doğru itmemesi anlamında rastgeledir. Bu sebepten dolayı, tüm iyileşmeler en başta şanslı olaylardır; insanların Darwinciliği yanlışlıkla bir şans teorisi olarak düşünmelerinin sebebi de budur. Ama yanılmak, işte bu onları tanımlayan kelimedir.

Doğal seçilimin sıfır oranında bir mutasyonu tercih ettiği ve mutasyonun yönlendirilmemiş olduğu inancı, benim “evrilebilirliğin evrimi” olarak nitelendirdiğim ve yine bu başlığı taşıyan bir makalede savunduğum ilginç bir olasılıktır.¹ Bölüm 7’de bu düşüncenin yeni bir versiyonunu (kaleydoskopik embriyolojiyi) açıklayacağım. Ama o zamana kadar doğal seçilimin kendisine, yani bir yarısını mutasyonun oluşturduğu Darwinci ortaklığın diğer yarısına dönelim. Mutasyonun rastgele olmasına izin verilmesine ve bir bakış açısına göre neredeyse kesin olarak rastgele olmasına rağmen, diğer ortak olan doğal seçilimin tüm özü, rastgele *olmayış*ıdır. Hayatta kalabilecek olan tüm kurtların rastgele olmayan bir örnekleme (alt grubu) (en çevik ayaklara, en yüksek zekâyâ, en keskin duyulara ve dişlere sahip olanları) hayatta kalacak ve genlerini aktaracak olanlardır. Bunun sonucu olarak, günümüzde gördüğümüz genler, geçmişte var olmuş genlerin rastgele olmayan bir örnekleminin kopyalarıdır. Her bir nesil birer gen eleğidir. Bir milyon elenmiş nesilden sonra hala var olan genler, eleklerden geçmek için gereken şeyler neyse onlara sahip olan genlerdir. Milyonlarca bedenin embriyonik inşasına tek bir hata bile yapmadan katkıda bulunmuşlardır.

1 -ed.n. Bu makaleyi yazarın *Kör Saatçi* isimli kitabının sonunda tam metniyle bulabilirsiniz.

Bu milyon tane bedeninin her biri yetişkinliğe kadar hayatta kalmıştır. Hiçbirisi bir eş bulamayacak kadar cazibesiz değildir (cazibesiz, söz konusu türün müstakbel eşlerine çekici görünmeyen şey her neyse o anlamdadır). Her birisi en azından bir çocuğun annesi ya da babası olma başarısına sahip olduğunu kanıtladı. Bu elek oldukça titizdir. Geleceğe aktarılan genler rastgele bir örneklem değildir, onlar birer elittir. Buz devirlerinden ve kuraklıklardan, vebalardan ve avcılardan, kıyımlardan ve nüfus patlamalarından sağ olarak çıkmayı başardılar. Yalnızca yağmur, buz devri ve kuraklık gibi geleksel anlamlara gelen bir iklim değişikliğinde değil, başka anlamlarda değişen iklimlerde de sağ kaldılar. Kendilerine eşlik eden genlerin değişen iklimlerinden sağ olarak çıktılar. Gen iklimi değişir çünkü eşeyli üremenin olduğu yerdeki genlerin çoğu her nesilde başka gen ortaklarıyla aynı gemiyi paylaşır. Hayatta kalan genler, türün tamamının genlerinden nesil ardına nesil boyunca seçilen örneklemelerin hepsiyle omuz omuza çalışırken iyi iş çıkaran genlerdi. Türün tamamının genleri, türün diğer genleriyle iş birliği yapmakta iyi olan genler anlamına gelir. Bir genin içinde hayatta kalması gereken iklimin baskın kısmı, türün diğer genleridir. Bu diğer genler, nesiller boyunca birbirini ardına gelen bedenler yoluyla akan "Cennetten Gelen Irmak'ta" ona eşlik eden eşlikçilerdir. Bu ırmak kollara ayrılırken birbirlerinden ayrı düşen farklı türleri, içinde değişik gen kümelerinin hayatta kalması gereken farklı mikro iklimler olarak düşünebiliriz.

Basit olmak adına, mutasyonun Darwinci süreçteki ilk aşama olduğunu söylüyoruz, doğal seçilimin de ikinci aşama olduğunu. Fakat bu ifademiz, doğal seçilimin mutasyonun gerçekleşmesini beklediğini ve sonra mutasyonun ret veya kabul edildiğini, sonrasında da beklemenin yeniden başladığını akla getirirse bu yanıltıcı olur. Böylesi bir mutasyon bekleyen doğal seçim muhtemelen işe yarabilirdi ve belki evrenin başka bir köşesinde gerçekten iş başındadır. Ama gördüğümüz kadarıyla bu gezegende durum genelde böyle değildir. Başlarda mutasyonlardan oluşan bir damlayla beslenen ama önemli bir ölçüde, eşeyli üreme yoluyla daha büyük

bir çeşitlenmeye doğru harekete geçirilen büyük bir çeşitlenme havuzu vardır gerçekte. Çeşitlenme öncelikle mutasyondan gelir ama doğal seçim onların üzerinde çalışmaya geldiğinde mutasyonlar oldukça eski hale gelmiş olabilir.

Örneğin Oxford'dan iş arkadaşım rahmetli Bernard Kettlewell, meşhur araştırmasında yakın zamana kadar açık renkli olan ama günümüzde renkleri koyulaşmış ve neredeyse siyah olmuş güve türlerinin evrimini incelemişti. Onun özellikle üzerinde çalıştığı tür olan *Biston betularia* türünde, koyu bireyler açık olanlardan bir parça daha dayanıklı olma eğiliminde oluyorlar, ama kirlenmemiş kırsal bölgelerde nadir bulunuyorlar çünkü kuşların dikkatini çekiyor ve derhal kapılıyorlar. Ağaç gövdelerinin kirlilik nedeniyle siyahlaştığı sanayi bölgelerinde ise açık renkli formlardan daha az dikkat çekiyorlar ve sonuç olarak yenmeleri daha az olabiliyor. Bu endüstriyel ortamlar aynı zamanda onlara doğal ek dayanıklılıklarının avantajlarından faydalanma fırsatı sunuyor. Bunun sonucu olarak koyu renkli formların sayısındaki artış ve on dokuzuncu yüzyılın ortalarından itibaren sanayi bölgelerindeki ezici sayısal baskınlıkları oldukça dramatik olmuştu ve iş başındaki doğal seçilimin teyit edilmiş en iyi örneklerinden birini sergiledi. Şimdi de bu örnekten bahsetme sebebimize gelelim. Sıklıkla ve yanlış bir şekilde düşünüldü ki, Sanayi Devriminden sonra doğal seçim yepyeni tek bir mutasyon üzerinde çalıştı ve bu değişim gerçekleşti. Bunun tam aksine, her dönemde koyu bireylerin var olmuş olduklarından emin olabiliriz. Sadece çok uzun yaşayamıyorlardı. Birçok mutasyon gibi, bu mutasyon da tekrar tekrar gerçekleşiyor olmalıdır, ancak koyu renkli güveler neredeyse her zaman kuşlar tarafından kapılıyorlardı. Sanayi Devriminden sonra koşullar değiştiğinde, doğal seçim, üzerinde çalışmak için gen havuzunda azınlıkta olan hazır mevcut bir koyu renk genleri grubu buldu.

Bu noktaya kadar evrimin gerçekleşmesi için gerekli olan iki bileşeni tanımlamış olduk: Mutasyon ve doğal seçim. Herhangi bir gezegende bu ikisinden daha temel bir bileşenin, yani kalıtımın ortaya çıktığı kabul edildiğinde, bu iki bi-

leşen otomatik olarak bu temel bileşeni takip edecektir. Bu temel bileşenin ortaya çıkması zor olsa da, açıkça gördüğümüz gibi imkansız değildir (çünkü burada ortaya çıktı). Evrenin herhangi bir yerinde doğal seçilimin gerçekleşmesi için, nüfuslarının geneline oranla atalarına daha çok benzeyen varlık soyları olmalıdır. Kalıtım, üreme ile aynı şey değildir. Kalıtım olmadan da üremeye sahip olabilirsiniz. Çalı yangınları kalıtım olmadan ürerler.

Kuru, kavrulan bir çayır düşünün, her yöne doğru kilometrelerce ve kilometrelerce uzanıyor. Şimdi, belirli bir yerde, dikkatsiz bir sigara tiryakisi elinden yanan kibriti düşürüyor ve bir anda tüm otlak çayır çayır yanmaya başlıyor. Öksürmekte olan sigara tiryakimiz hasar görmüş akciğerleri elverdiği kadar hızlı bir şekilde olay yerinden kaçıyor, ancak biz yangının yayılma şekliyle daha çok ilgiliyiz. Alevler ilk başlama yerinden durmadan dışa doğru yayılmakla kalmıyor, aynı zamanda havaya kıvılcımlar saçıyor.

Bu kıvılcımlar, ya da yanmakta olan kuru ot parçaları, rüzgâr aracılığıyla yangının başlangıç yerinden çok uzaklara taşıyor. Savrulan bir kıvılcım sonunda yere indiğinde, güneşten kavrulmuş çayırın üzerinde başka bir yerde yeni bir yangın başlatıyor. Ve daha sonra bu yeni yangın başka yerlerde daha çok yangın başlatacak kıvılcımlar saçıyor havaya. Burada, yangınların bir tür üreme gerçekleştirmekte olduklarını söyleyebilirdik. Her yeni yangının bir anne (ebeveyn) yangını vardır. Annesi, onu başlatan kıvılcımı ilk başta havaya saçmış olan yangındı. Bu yavru yangının büyük annesi de vardı. Ve büyük büyük annesi de. Bu silsile, sigara tiryakisinin elinden düşen kibrit çöpünün başlattığı atasal ateşe kadar böyle uzanır. Yeni bir yangın sadece bir anneye sahip olabilir ama birden fazla çocuğa sahip olabilir, çünkü farklı yönlerde birden fazla kıvılcım saçabilir. Eğer tüm bu süreci yukarıdan izleseydiniz ve her bir alevlenmenin tarihçesini kaydedebilseydiniz, çayırın üzerinde çıkmış olan yangınların eksiksiz bir aile ağacını kâğıda çizebilirdiniz.

Öykünün ana fikrine gelecek olursak, yangınlar arasında üreme olmasına rağmen gerçek bir *kalıtım* yoktur. Çünkü

gerçek bir kalıtımın varlığından söz edebilmek için, her bir yangının diğer yangınlara kıyasla annesini daha çok andırması gerekirdi. Bir yangının annesini andırması *düşüncesinde* herhangi bir yanlış yoktur. Bazen gerçekleşebilir. Yangınlar gerçekten çeşitlilik gösterirler, bireysel nitelikleri vardır, tıpkı insanlar gibi. Bir yangının kendi karakteristik alev rengi, duman rengi, alev boyutu, gürültü düzeyi ve bunun gibi karakteristikleri olabilir. Bu yangın bu karakteristiklerin herhangi birisi açısından anne yangınına andırıyor olabilir. Eğer, genel olarak yangınlar gerçekten ebeveynlerini bu açılardan andırıyorsa, önümüzde gerçek kalıtım olduğunu söyleyebilirdik. Fakat gerçekte ateşler çayıra nokta nokta dağılmış diğer yangınların genelinden daha fazla bir biçimde kendi ebeveynlerini andırmazlar. Yeni başlayan bir yangın kendi karakteristiklerini, yani alev boyutunu, duman rengini, çatırdama sesini ve benzeri şeyleri bulunduğu ortamdan alır. Ortam, örneğin kıvılcımın düştüğü yerdeki çimenlerin türü, çimenlerin kuruluk oranı, orada esen rüzgârın yönü ve şiddeti gibi etkenlerin toplamıdır. Bu etkenlerin tamamı kıvılcımın düştüğü yerel bölgenin nitelikleridir, kıvılcımın kaynağı olan anne yangının nitelikleri değil.

Orada gerçek kalıtımın olabilmesi için, her bir kıvılcımın yanında annesinin niteliklerinin bazılarını, yani onun karakteristik özünün bir miktarını götürmesi gerekirdi. Örneğin bazı yangınların sarı, bazılarının kırmızı ve bazılarının da mavi renkte alevlere sahip olduğunu varsayalım. Şimdi, eğer yeşil alevli yangınlar yeni yeşil alevli yangınları başlatacak olan alevleri ve kırmızı alevli yangınlar yeni kırmızı alevli yangınları başlatacak olan alevleri etrafa saçsaydı ve diğer renkler de bu şekilde olsaydı, işte o zaman elimizde gerçek kalıtım olurdu. Ama gerçekleşen şey bu değildir. Mavi bir alev görmüşsek, “Bu bölgede bakır tuzları falan olmalı” deriz. “Bu yangın başka bir yerdeki mavi alevli bir yangının kıvılcımı tarafından başlatılmış olmalı” demeyiz.

Ve elbette bu, tavşanların, insanların ve karahindibaların yangınlardan ayrıldığı yerdir. Bu arada, tavşanlar iki ebeveyne ve dört büyük-ebeveyne sahipken yangınların yalnızca

bir ebeveyn ve bir büyük-ebeveyne sahip olduğu gerçeği sizi yanıltmasın. Bu önemli bir fark ama şu an için bahsettiğimiz şey açısından bir önem taşımıyor. Eğer yardımı dokunacaksa, tavşanları değil de, dişilerinin erkeğe hiç ihtiyaç duymadan kızlara ve kız torunlara sahip olabildiği sopa böceklerini ya da yaprak bitlerini düşünün. Bir sopa böceğinin şeklinin, renginin, boyutunun ve vücut sıcaklığının onun yetiştiği yerden ve ortamdan etkilendiği şüphe götürmezdir. Ancak sopa böceği yavrusu sadece ortamın etkisinde olmakla kalmayıp, sadece ebeveynden yavruya geçen bir kıvılcımın da etkisindedir. Peki, yangından yangına taşınmayan ama canlı ebeveyninden yavrusuna taşınan bu gizemli kıvılcım nedir? Bu gezegende o DNA'dır. Dünyadaki en ilginç moleküldür. DNA'yı bir bedenin onu kullanarak kendisi gibi başka bir bedeni yaptığı bilgi olarak düşünmek kolaydır. Ancak bedeni bir araç olarak düşünmek daha doğru olur. DNA bu aracı kendisi gibi DNA'lardan daha fazlasını üretmek için kullanıyordur. Herhangi bir zamanda, (örneğin şimdi) dünyada bulunan tüm DNA, başarılı atalarının kırılmaz zinciri yoluyla gelmiştir. Hiçbir birey çifti (tek yumurta ikizleri hariç) tamamen aynı DNA'ya sahip değildir. Bireylerin DNA'ları arasındaki farklar, onların hayatta kalmalarına ve kendilerinde bulunan DNA'nın aynısını üretme olasılıklarına gerçekten katkıda bulunur. Tekrar etmek gerekir çünkü çok önemli: Zamanın nehri ileriye doğru akıyor. Zamanın nehrinden ilerleyip günümüze ulaşmayı başarmış olan DNA, yüz milyonlarca yıl boyunca başarılı ataların bedenlerinin içinde ikamet etmiş olan DNA'dır. Birçok ata adayı olgunlaşmadan öldü ya da eş bulmayı başaramadı. Ancak onlardan hiçbirisinin DNA'sı bugün aramızda değil.

Bu noktada, DNA onlar aracılığıyla nesilden nesle geçerken iyi ve başarılı atasal bedenlerden bir tür başarı iksirinin, bir tür kutsallık parfümünün DNA'nın "üzerine serpildiğini" düşünme yanılgısına düşmek kolaydır. O türden bir şey gerçekleşmez kesinlikle. Bizim vasıtamızla geleceğe doğru akan DNA nehri, tam olarak bize geçtiği andaki haliyle ve değişmeden bizi terk eden (mutasyonlar hariç) saf bir nehirdir. Kesin konuşmak gerekirse, DNA eşeyli tekrar kombinasyonla

sürekli olarak karışmaktadır. İçinizdeki DNA'nın yarısı babanızdan, diğer yarısı annenizden gelir. Spermelerinizin ya da yumurtalarınızın her biri babanızdan gelen genetik derecikle annenizden gelen genetik dereciğin birleştirilmesiyle meydana getirilmiş farklı bir karışım içerecektir. Ancak anlatmakta olduğum nokta doğru kalır. Genler uzak geleceğe doğru geçip giderlerken, içlerinde bulundukları başarılı atalardan genlerin “üzerine serpilen” hiçbir şey yoktur.

Canlıların yapmakta olduğu şeylerde nasıl bu kadar iyi olduklarına dair Darwinci açıklama oldukça basittir. Atalarının birikimli bilgeliği sayesinde iyidirler. Ancak bu bilgelik, öğrendikleri ya da edindikleri bir bilgelik değildir. Şanslı rastgele mutasyonlarla tesadüfen yakaladıkları bilgeliktir; sonrasında seçilimsel ve rastgele olmayan bir şekilde türün genetik veri tabanına kaydedilmiş bir bilgeliktir. Her bir nesilde şans miktarı çok fazla değildi, daha önce alıntı yaptığım şüpheli fizikçilerin bile inanabileceği kadar küçük bir miktardı. Ancak şans birçok nesil boyunca biriktirildiği için son ürünü gördüğümüzde görünüşteki olasılıksızlığı karşısında oldukça etkileniriz. Tüm Darwinci sirk gösterisi kalıtımın varlığına bel bağlar (ve ondan doğar). Kalıtımı temel bileşen olarak nitelendirdiğimde anlatmak istediğim şey şuydu: Evrende kalıtıma denk gelen bir şeyin var olduğu herhangi bir gezegende onu Darwincilik ve de hayat neredeyse kaçınılmaz bir biçimde takip edecektir.

Şimdi Olasılıksızlık Dağına, yani şans faktörünü ortadan kaldırmaya geri dönmüş olduk: Muazzam miktarda şans gibi gözüken şeyi (daha önce hiç göz yokken tek bir hamleyle bir gözü oluşturmak gibi görünen şey için gerekli olan şans) indirgemeye ve onu her biri kendinden önce gelenlerin üzerine birikimli olarak eklenen bir sürü küçük şans parçalarına ayırarak açıklamaya geldik. Artık bunun gerçekte nasıl işlediğini görmüş olduk, hayatta kalan DNA'daki bir sürü atasal küçük şans parçalarının birikmesiyle gerçekleşmekte. Hayatta kalan genetik olarak iyi durumda olan bireyler azınlığının yanı sıra, daha az tercih edilmiş büyük sayılarda yok olan birey vardı. Her bir nesil Darwinci açıdan kendi başarısız bi-

reylerine sahiptir, fakat her bir yeni nesil sadece daha önceki neslin başarılı azınlıklarından türemiştir.

Dağdan gelen mesaj üç bölümden oluşur. Birincisi zaten bahsetmiş olduğumuz mesajdır: Yukarıya doğru ani sıçramalar olamaz. Düzenli karmaşıklıkta¹ hızlı artışlar yoktur. İkincisi, yokuş aşağı gitmeler hiçbir zaman gerçekleşmez: Türler daha iyiye gidebilmek amacıyla birkaç adım kötüleşemezler. Üçüncüsü, birden fazla doruk noktası olabilir: Aynı soruna karşı, hepsi birden dünyada başarıya ulaşabilecek birden fazla çözüm yolu olabilir.

Herhangi bir hayvanın ya da bitkinin herhangi bir parçasına baktığımızda, o kısmın daha önceki bir atanın herhangi bir parçasından aşamalı dönüşümle nasıl oluştuğunu sormak mantıklı bir sorudur. Bazen bu oluşum sürecini birbirini izleyen fosil nesillerine bakarak takip edebiliriz. Meşhur bir örnek, memeli kulak kemiklerimizin kademeli türeyişidir. Bu kemikler, sesi kulak zarından iç kulağa ileten üç kemiktir. Fosil kanıtlar, çekiç, örs ve üzengi olarak adlandırılan bu üç kemiğin sürüngen atalarımızda çene eklemi oluşturduğu eşdeğer kemiğin zamanla değişmesiyle ortaya çıktıklarını açıkça göstermektedir.

Fosil kayıtları diğer örneklerde sıklıkla bize daha insafsız davranmaktadır. Bazen alakalı olabilecek ya da olmayabilecek modern hayvanlardan da esinlenerek olası ara tahminler yapmamız gerekir. Fillerin hortumlarında kemik yoktur ve fosilleşmezler ama filin hortumunun başlangıçta bir burun gibi olduğunu fark etmek için fosile ihtiyacımız yoktur. Ne zaman okusam beni utandırıcı biçimde gözyaşlarına boğmuş olan bir kitaptan alıntı yapmak istiyorum izninizle: *Filler İçin Savaş*, Ian ve Oria Douglas-Hamilton isimli bir çift kahraman tarafından yazılmış bir kitaptır. Bölümleri dönüşümlü olarak

1 -ed.n. "Düzenli karmaşıklık" ifadesi yazarın *Kör Saatçi* kitabında ayrıntıyla açıklanmıştır. Çok kaba bir örnek şöyle olabilir: Bir hurdalık oldukça karmaşık bir nesneler yığını olmasına rağmen düzenli bir karmaşıklık değildir çünkü parçalarının yeri özel bir işlev görmesi için düzenlenmemiştir. Oysa bir kuş kanadı gibi bir nesne, özel bir işlev gerçekleştirmek, yani uçmak için bir araya gelmiş tüyler, kas, kemik, deri ve birçok bileşenden oluşan düzenli bir karmaşıklıktır. Yine bir saat de düzenli bir karmaşıklık- tır çünkü parçalar, ortak bir amacı, yani zamanı göstermeyi başarmak üzere birlikte çalışırlar.

yazmışlar ve Oria kitabın 220. sayfasında Zimbabve’de bir filin “ıskartaya çıkartılmasına” tanık olmasının dehşet dolu tasvirini şöyle yapmış:

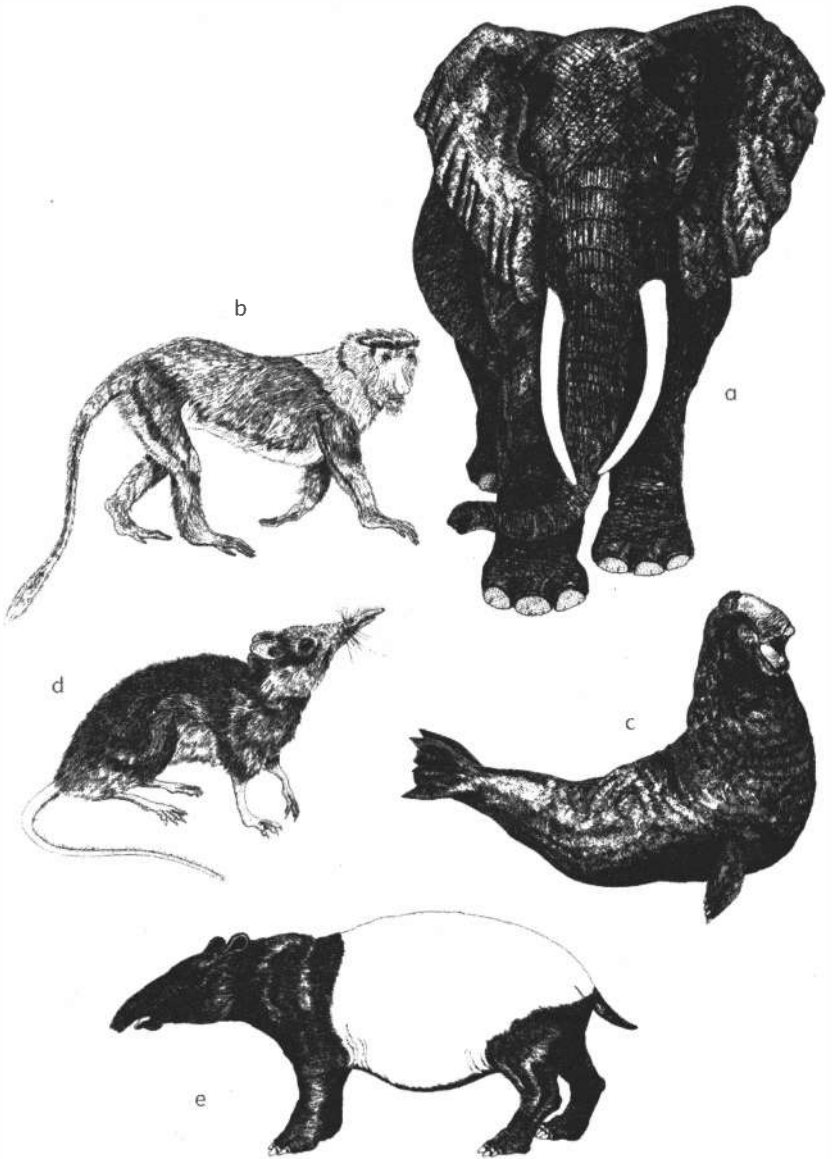
Bir köşeye atılmış hortumların birine baktım ve evrimin böyle bir mucizeyi ortaya çıkartması için kaç milyon yıl geçmiş olması gerektiğini düşündüm. Elli bin kasla donatılan ve böyle bir karmaşıklığı kaldırabilecek bir beyin tarafından yönetilen bu şey, tonlarca ağırlıkta güçle sıkıştırabilir ve itebilir. Ama aynı zamanda, küçük bir tohum kapsülünü ağzına atmak için ağaçtan koparma gibi en hassas görevleri yerine getirebilir. Bu çok işlevli organ, içilmek ya da bedene püskürtülmek üzere dört litre su alabilen bir sifon olduğu gibi, uzun bir parmak, bir trompet veya hoparlör olarak da işlev görür.

Hortumun sosyal işlevleri de vardır: Okşama, cinsel sırnaşma, güven verme, selamlaşma, karşılıklı kucaklaşma; ve erkekler birbirleriyle dişlerini çarpıştırdıklarında ve oyun veya gerçek mücadele amacıyla yapılan bu dalaşta rakibe baskın çıkmak istediklerinde hortumu rakibe vurmak veya güreşçiler gibi rakiple cebelleşmek amacıyla kullanırlar. Ama o işte orada yatıyor, Afrika’nın her tarafında daha önce gördüğüm birçok fil hortumu gibi, kesilip bir tarafa atılmış bir şekilde.

Bu paragraf bende her zamanki etkiye sebep oldu...

Burada dağdan gelen mesaj şöyle: Fillerin ataları aşağı yukarı uzun olan burunlara sahip olan sürekli bir ara formlar dizisini içermiş olmalı. Bu bir parça uzun burun, tapirler, fil fareleri, uzun burunlu maymunlar ya da deniz filleri gibi hayvanlarda bulunan gibiydi örneğin. Bu canlıların hiçbirisi fillerle yakından akraba değildir (ya da birbirleriyle). Hepsi de uzun burunlarını birbirlerinden bağımsız olarak ve muhtemelen farklı sebeplerle geliştirmişti (Çizim 3.1).

Filin kısa burunlu atasından evriminde, gittikçe uzayan burunların akıcı ve aşamalı bir silsilesi gerçekleşmiş olmalıdır. Gittikçe kalınlaşan kaslar ve gittikçe daha çok dallanıp



Çizim 3.1 (a) Afrika fili (*Loxodonta africana*) ve uzun burunlarını muhtemelen bağımsız amaçlar için geliştiren ve onunla doğrudan akraba olmayan uzun burunlu memeliler: (b) Uzun burunlu maymun (*Nasalis larvatus*), (c) güney deniz fili (*Mirounga leonina*), (d) fil faresi (*Rhynchocyon petersi*), (e) Malezya tapiri (*Tapirus indicus*).

budaklanan sinir lifleri olmalıdır. Ortalama hortumun uzunluğuna her bir santimetre eklendikçe, hortum, işinde daha iyi bir hale gelmiş olmalıdır. Şöyle bir şey söylemek hiçbir zaman mümkün olmamalıdır: “Orta uzunluktaki bir hortum faydasızdır çünkü ne düzgün bir burundur ne de düzgün bir hortum, ama endişelenme, birkaç milyon yıl daha geçsin sorun kalmaz.” Hiçbir hayvan salt daha iyiye giden evrimsel bir yol üzerinde bulunduğu için sağ kalmayı başarmış değildir. Hayvanlar yaşamlarını yiyerek, yenmekten kaçınarak ve üreyerek sağlarlar. Eğer orta uzunluktaki bir hortum bu amaçlar doğrultusunda küçük bir burundan daima daha az ya da uzun bir hortumdan daima daha fazla verimli olsaydı, uzun hortum hiçbir zaman evrilmiş olmazdı.

Hortumun tüm ara aşamalarda faydalı olmuş olmasının gerekmesi, tüm bu ara aşamalar boyunca aynı amaçlar için faydalı olması gerektiği anlamına gelmez. İlk başlardaki uzama, nesneleri alıp ağza götürmeyle hiçbir alakası olmayan bir avantaj sağlamış olabilir. Belki de burun ilk olarak koku duyusunu yükseltmek için uzamıştı, tıpkı fil farelerinde olduğu gibi; ya da yapılan çağrılarda sesi yansıtıp güçlendirmesi içindi, tıpkı deniz fillerinde olduğu gibi; ya da uzun burunlu maymunlarda olduğu gibi bir eş cezbetmek için süstü (bizim estetik anlayışımıza ne kadar şaşırtıcı görünürse görünsün). Diğer taraftan, hortumun bir “el” gibi kullanılabilirliğinin filin evriminin oldukça erken aşamalarında, yani hortum hala kısayken gerçekleşmiş olması da olasıdır. Bu tahmin, yaprakları tutup onları ağızına doğru çekmek için burunlarını kullanan tapirle kıyaslanınca akla yakın hale gelir. Farklı hayvanlarda benzer aletlerin bağımsız olarak evrimleri, bizim de dahil olduğumuz hayvanları anlama biçimimizi aydınlatabilir.

Fil hortumunun özel durumunda, kafatasının fosilleşen sert kısımlarından, özellikle de fil dişlerinden ve komşu kemiklerden gelen fikir verici kanıtlar bulunur. Günümüzün iki fil türü bir zamanlar her kıtada serpilmiş uzun dişli hayvanlardan oluşan zengin bir ışımanın hayatta kalan son iki üyesidir. Modern fildişleri, muazzam ölçüde büyümüş olan üst kesici dişlerdir ama birçok fosil formu, örneğin masto-

donların bir kısmı, fillerden daha belirgin ve yine öne doğru çıkık alt kesici dişlere sahipti. Bunların bazıları günümüzde artık sadece üst çenede gördüğümüz uzun dişler gibi büyük ve sivri uçluydu. Başka cinslerde ise uç düzdü. Bu şekilde, bu iki büyük diş, alt çene hizasını uzatarak, fildişinden oluşmuş olan büyük bir kürek teşkil ediyordu. Ki bu da muhtemelen kökleri ve yumruları kazmak için kullanılıyordu. Kürek alt çene önünde o kadar uzamıştı ki, üst dudak kazıyıp çıkardığı yiyeceğe ulaşamıyordu. Başlangıç aşamasında olan hortumun ilk baştaki uzamasının küreğe karşı yönde çalışıp onun çıkarttığı yiyeceği kavramak amacıyla gerçekleşmiş olması olasıdır. Daha sonra, oluşmaya başlayan bu hortumun bu işte çok iyi hale gelip, kürek olmadan kendi başına kullanılmaya başlandığı tahminini yapabiliriz. Ve sonra, en azından günümüze ulaşabilen nesillerde, kürek gittikçe küçülürken hortum yerinde kaldı, tıpkı gelgit çekildikten sonra sahilde kalan bir deniz kabuğu gibi. Alt çene ilk baştaki boyutu gibi bir boyuta doğru geri çekildi, geride mirası olarak artık tamamen bağımsız hale gelen hortumu bıraktı. Fil hortumunun evriminin daha kapsamlı açıklaması için John Maynard Smith'in mükemmel kitabı olan *Evrin Teorisi* isimli kitabına bakınız.

"Ön-uyumlanma (pre-adaptasyon)" ifadesi, ilk başta başka bir amaç için kullanılırken evrimsel süreçte başka bir amaç için kullanılır hale gelen bir organın olduğu durumlarda kullanılır. Bu aydınlatıcı bir fikirdir çünkü bizi sık sık bir şeyin evrimsel kökeni üzerine yaşadığımız şaşkınlıktan kurtarır. Kirpi tüyleri günümüzde müthiş silahlardır. Öylece bir anda ortaya çıkmamışlardı, değişim geçirmiş kıllardı. Tamamen değişik bir amaç olan sıcak tutma için ön-uyumlanmış post kıllarıydılar.

Birçok memelinin oldukça gelişmiş ve uzmanlaşmış koku bezleri vardır. Nasıl ortaya çıktıkları, onlara mikroskop altında daha yakından bakana kadar bir gizem gibi gelebilir. Yakından baktığımızda görürüz ki, bu bezler, ter salgılayarak vücudun ısınısını düşürmek gibi oldukça farklı bir amaca sahip olan daha küçük bir bezden değiştirilerek bu hale gelmişler. Değişime uğratılmamış ter bezleri aynı hayvanın diğer

kısımlarında hala yaygındır ve bu yüzden kıyaslama yapmak kolaydır. Diğer koku bezleri de, başlardaki görevi tüy köklerini yağlı bir salgı ile korumak olan yağ bezlerinden evrimleşmiş gibi görünmektedir. Sıklıkla ön-uyumlanma ve onun soyundan gelen modern hali birbiriyle alakasız olmaz. Ter çoğunlukla kokuludur ve salgılandığı durumlardan birisi de hayvanın duygusal olarak uyarıldığı zamanlardır (insanların korkuyla terlediği söylenir ve önemli bir konuşmam planlandığı gibi gitmediği zamanlardan bunun doğru olduğunu bilirim). Bu yüzden bir ter bezinin, yani bir ön-uyumlanmanın evrilerek koku almakta uzmanlaşmış karşılığına dönüşmesi doğaldı.

Bazen hangisi önce gerçekleşti açık değildir: Hangisi ilk baştaki ön-uyumlanma, hangisi sonraki uzmanlaşma anlamakta zorlanırız. Akciğerin evrimsel kökenini merak eden Darwin, balıktaki yüzme kesesini inceleyerek bir cevap aramıştı. Yüzme kesesi kemikli balıkların sudaki batışlarını ayarlamak için kullandıkları içi gaz dolu kesedir. Denizaltılardaki safra tanklarıyla aynı amaç için kullanılır. (Denizaltılar suda ne kadar batacaklarını ayarlamak için safra tanklarını gereken miktarda suyla doldururlar ve suda yükselmek için safra tanklarına hava pompalayarak tanklardaki suyu istenilen miktarda dışarı akıtırlar.) Bir balık, kaslarını bu yüzme kesesinin hacmini değiştirmek için kullanarak, dengede kalacağı derinliği değiştirmek yeteneğine sahiptir. Bu yetenek yalnızca sıradan kemikli balıklar için geçerlidir. Köpek balıklarının yüzme keseleri bulunmaz (balığa benzeyen şekillerine rağmen, köpek balıkları aslında kemikli balıklarla bizden daha uzak akrabadırlar), bunun sonucu olarak, kendilerini belli bir seviyede tutmak için daha fazla yüzmek zorundadırlar. Yüzme kesesi bir akciğer gibi görünür ve Darwin, akciğerlerimizin bugünkü halinin ön-uyumlanmasının, yani atasının o olduğunu düşünmüştü. Modern hayvan bilimcilerin çoğunluğu bu örneği ters yüz eder: Yüzme kesesinin ilkel bir akciğerden evrilen yakın zamanlı bir modifikasyon olduğundan şüphelenirler (hava soluyan balıklar oldukça yaygındır, günümüzde bile). Hangisi daha ilkel olursa olsun, ikisinin de

öncesinde ne olduğunu düşünmeye ihtiyacımız vardır. Belki de akciğer/yüzme kesesi, bağırsaktaki bir kesecikten doğdu ve o zamanlar ilkel bir sindirim işlevi görüyordu. Bu kesenin evriminin her aşamasında, Olasılıksızlık Dağının hafif yokuşundan yukarı her bir adımda, bu kesecik/oyuk/akciğer, kendisini taşıyan hayvan için yararlı bir şey olmalıydı.

Peki fil hortumu tek bir dev adımda ortaya çıkmış olamaz mıydı? Anne-babasının tapir gibi hortumları olan bir yavru neden filinki gibi bir hortumla doğmuş olamasın? Bu ifade içinde aslında üç soru yatar. İlki, çok büyük ölçekli mutasyonların (yani makro mutasyonların) gerçekleşmesinin mümkün olup olmadığıdır. İkincisi, gerçekleştikleri kabul edilirse, doğal seçilimin onları destekleyip desteklemeyeceğidir. Üçüncüsü daha incelikli bir sorudur: Büyük bir mutasyon değişiminden bahsederken ne kastediyoruz? Bu noktada, önceki kitaplarımdan biri olan *Kör Saatçi*'de ayrıntılı olarak ele aldığım, "Boeing 747 makro mutasyonları" ile "Uzatılmış DC8 makro mutasyonları" arasında yaptığım bir ayrıma geri dönmem gerekecek.

Üç sorunun birincisine cevap evettir. Makro mutasyonlar gerçekten yaşanır. Yavrular bazen ebeveynlerin her ikisinden de (ve türün diğer üyelerinden) muazzam ve kökten farklı bir şekilde doğabilirler. *Hamilton Spectator* gazetesinden fotoğrafçı Scott Gardner'ın söylediğine göre bir sonraki sayfadaki karakurbağası, Kanada'nın Ontario eyaletinin Hamilton şehrinde iki kız tarafından bahçelerinde bulunmuş. Kurbağanın fotoğrafını çekebilirsin diye kızların kurbağayı mutfak masasına koyduğunu söylüyor. Kurbağanın başının dış yüzeyinde gözleri yoktu. Ağzını açtığı zaman, diyor Bay Gardner, görünene göre etrafında olup bitenin daha çok farkına varıyordu. Kurbağanın inceleme için Guelph Üniversitesi Veterinerlik Bölümü'ne götürüldüğünü söylüyor fakat bu konuda daha fazla ve detaylı bilgiye şimdiye kadar ulaşamadım. Böyle talihsiz ucubeler ilginçtir çünkü sıklıkla bize embriyonik gelişimin normalde nasıl gerçekleştiğine dair ipuçları verirler. İnsanlardaki doğum kusurlarının hepsi genetik değildir, örneğin bazıları uyuşturucu kullanımından



Resim 3.2: Makro mutasyonlar gerçekten yaşanır. Gözleri ağzının içinde bulunan bu ucube karakurbağasının Kanada'da bir bahçede yaşarken bulunduğu söylenmektedir. Bu fotoğraf ilk olarak *Hamilton Spectator* isimli yerel bir gazetede yayınlanmıştır.

kaynaklanmaktadır. Ancak birçoğu genetik sebeptir. Basit bir baskın gen akondroplazi'ye, yani uzuv kemiklerinin ciddi miktarda kısalmasına yol açarak cüceliğe ve uzuvların sıra dışı orantılara sahip olmasına yol açar. Bunun gibi büyük etkiye sahip olan mutasyonlar (makro mutasyonlar) bazen sıçrama mutasyonları olarak adlandırılırlar. Cücelik geni genelde ebeveynlerin birinden alınır, ancak nadir durumlarda bir mutasyon sebebiyle kendiliğinden ortaya çıkar. Büyük ihtimalle ilk olarak ortaya çıkışı da böyle olmuştur. Benzeri bir dramatik mutasyon tek bir nesilde burnun tapirdeki uzunluktan fildeki uzunluğa ulaşmasına sebebiyet vermiş olabilir (ancak bu bir teori ve ben pratikte böyle bir şeyin olacağından oldukça şüpheliyim).

İkinci soruya gelecek olursak, yani "ucube" bir makro mutasyon gerçekleştiği zaman doğal seçilimin onu desteklemesinin mümkün olup olmadığı sorusuna. Bu sorunun genel bir cevaba sahip türden bir soru olmadığını düşünebilirsiniz.

Duruma göre değişkenlik göstermez mi cevap? Örneęin cüceliğe evet denilip iki başlı danalara hayır deniliyor olamaz mı? Cücelik geninin köpeklerdeki eşdeğeri gerçekten de insan hayvan yetiştiricileri tarafından pozitif olarak desteklenmiştir. Bu yetiştiriciler sırf gözlerine hoř geldiği için değil, iře yarar, iř gören köpekler üretmek için de bunu yapmışlardı. Daksund cinsi köpekler porsuk deliklerinden içeri girebilmeleri için yetiştirilmişlerdi ve bu cinsin oluşmasına yol ačan genetik yontmanın önemli bir kısmı cücelik geninin cinsin gen havuzuna dahil edilmesi idi. Belki de cücelik gibi çok büyük mutasyonların bir anda yeni bir yaşam biçimi veya yeni bir beslenme fırsatı sunması doğada yaşanıyordu: Örneęin bir cüce hayvan açık arazide artık avları kovalamakta oldukça avantajsız duruma düşmüş olmasına rağmen, aniden keşfediyordu ki, türdeşlerinin çoğunun aksine, artık avları deliklerine girerek de yakalayabilmektedir.

Evrin teorisyenleri bazen büyük sıçrama mutasyonlarının doğada evrimsel değişimlere dahil olduklarını öne sürmüşlerdir. Ünlü Alman-Amerikan genetikçi Richard Goldschmidt bu teoriye akılda kalıcı “Geleceği Parlak Ucube” ismini vermiş ve savunmuştu. Bu teorisinin olası bir örneğinden Bölüm 7’de bahsedeceğim. Ancak Goldschmidt’in teorisi hiçbir zaman yaygın destek bulmadı ve makro mutasyonların veya ucubelerin evrimde gerçekten önemli olduğundan şüphe etmek için bazı genel sebepler bulunur. Canlılar son derece karmaşık olan ve hassas bir biçimde ayarlanmış makinelerdir. Eğer karmaşık bir makineyi alıp (makine zaten o kadar da iyi çalışmıyor olsa bile) iç bileşenlerinde çok büyük ve *rastgele* bir tadilat yaparsanız, bu makinenin işleyişini iyileştirme şansınız gerçekten de oldukça düşük olur. Öte yandan, iç bileşenlerinde çok küçük bir rastgele değişiklik yaparsanız, onu daha iyi hale getirebilirsiniz. Televizyon anteniniz tam da doğru ayarlanmamışsa, antene yapılacak son derece hafif bir rastgele dokunuşun görüntüyü daha iyi yapma şansı yarı yarıyadır. Bunun sebebi, antenin iyi çekmesi için döndürölmüş olması gereken yön hangisiyse, hafif dokunuşunuzun o yöne doğru olmasının şansının yarı yarıya olmasıdır. Fakat anteni

rastgele biçimde çok büyük bir açıda döndürmenin görüntüyü kötüleştirme ihtimali daha yüksektir. Bunun kısmi sebebi, doğru yönde çevirmiş olsanız bile büyük ihtimalle doğru noktayı ıskalayıp ilerisine geçecek olmasıdır. Sebebinin daha genel olarak ifade edecek olursak, antenin doğru olarak ayarlanmasından çok daha fazla miktarda yanlış olarak ayarlanma yolu vardır. Karmaşık bir mekanizma eğer çalışıyorsa, en iyi şekilde çalışmıyor bile olsa doğru ayardan çok uzak olamaz. Küçük bir rastgele değişiklik onu daha iyi hale getirebilir. Veya kötüleştirebilir de, ancak hala doğru ayarlardan çok uzağa gitmiş olmayacaktır. Ancak çok büyük bir rastgele değişiklik, durumu, olası tüm ayarlamaların devasa kümesi içinden doğru ayarlamayı bulmaya çalışmaya eşdeğer hale getirecektir. Ve olası tüm ayarlamaların ezici çoğunluğu yanlışlar.

Doğru dürüst çalışmayan bir makineye iyi bir tekme atılarak işleyişini iyileştirmek şeklindeki yaygın deneyim bile benim bu savımla çelişmez. Tekme ne kadar şiddetli olursa olsun, televizyon çetin bir donanımdır ve tekme büyük ihtimalle parçaların mevcut düzeni üzerinde büyük bir etki yapmayacaktır. Gerçekleştirebileceği şey, hafifçe yerinden oynamış bir parçanın pozisyonunu değiştirmek olabilir ve bu gevşemiş parçanın arızanın kaynağı olan kısım olma ihtimali yüksektir.¹

Canlılara dönecek olursak, *Kör Saatçi* isimli kitabımda, “canlı olmanın ne kadar çok yolu olursa olsun, ölü olmanın muazzam miktarda fazla yolu olduğu kesindir” diye yazmıştım. (Bu ifade *Oxford Alıntılar Sözlüğü*’ne girmeyi başardığında aldığım keyfi itiraf etmemek için insan olmamam gerekirdi!) Bir hayvanın parçalarını bir araya getirmenin tüm olası yollarını düşünürseniz, bu yolların neredeyse tamamının o

1 Judith Flanders, Robert X. Cringley’in *Tesadüfî İmparatorluklar (Accidental Empires)* adlı kitabında geçen aşağıdaki eğlendirici bir şekilde ilgili hikâyeye dikkatimi çekti. Hikâye, ünlü Apple II ile ondan daha da ünlü olan ve 1980’lerde çıkarılan Macintosh modeli arasındaki bir nesil olan Apple III masaüstü bilgisayarı ile ilgili:

... bir dizi bilgisayar çipini ana kartın üzerine yerleştiren otomatik makine, bunları soketlerine yeterince sıkı bir şekilde koymamış. Bu duruma Apple’ın verdiği tepki ise, 90.000 müşteriye Apple III’lerini dikkatlice yüzey seviyesinden 30-40 cm kaldırıp daha sonra yere bırakmalarını söylemek olmuş, böylelikle yere çarpma etkisinin tüm çipleri yerlerine oturtacağını ummuşlar.

hayvanı cansız yapacağı ortaya çıkar, daha doğrusu bu yollarda çoğunlukla hiç doğmamış olurlar. Hayvan ve bitki türlerinin her biri, hayal edilebilecek bir araya getirilme yollarının muazzam denizinde birer işe yararlık adasıdır. Geriye kalan yollar ise, bir şekilde var olsalar bile iş görmedikleri için ölecektirler. Olası tüm hayvanlar okyanusu, gözleri ayak tabanlarında olan, göz mercekleri gözleri yerine kulaklarında olan, bir sol kanadı ve bir sağ yüzgeci olan, kafatasları midesi etrafını çevreleyip beyinleri etrafında kafatası olmayan hayvanları içerir. Bu bileşimlerden daha fazla icat etmeye devam etmenin bir anlamı yoktur. Hayatta kalabilirlik adaları ne kadar büyük ve sayıca çok olursa olsun, ölü işe yaramazlık denizine kıyasla boyutça ne kadar küçük ve sayıca ne kadar az olduklarını göstermeye yetecek kadar şey söyledim.

Bir ebeveynin mutant bir yavrusu olduğunda, ebeveynin canlı olması gerektiğinden, yavru zaten adaların bir tanesine güvenli bir şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Küçük bir mutasyon, (örneğin bir bacak kemiğinde ufak bir miktarda uzama veya çene açısına yapılacak hassas bir ayarlama) yavruyu sadece aynı adanın farklı bir kısmına itecektir. Ya da kıyıda açıkta küçük bir kumluğa yerleştirip sonra ada toprağıyla birleştirebilir. Ama büyük bir mutasyon, yani şiddetli, anormal, devrim niteliğindeki bir değişiklik, onu uzaktaki azgın denizlere fırlatacak çılgınca bir atlayışa eşdeğerdir. Bu makro-mutant, ebeveyninin yuvası olan adadan çok çok uzaklara rastgele bir yönde fırlatılmıştır. Onun başka bir adaya düşme olasılığı da bulunur. Ancak adalar çok küçük ve az ve deniz çok engin olduğu için, ihtimaller çok çok düşüktür. Birkaç milyon yılda bir gerçekleşiyor olabilir ve gerçekleşirse evrimin gidişatı üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahip olabilir.

Adalar benzetmesini çok zorlamamalıyız. Bu benzetmeyle ilgili fazlaca yanlışlık bulunur. Tüm türler birbirleriyle akrabadır ve bu şu anlama gelir: Olasılıklar okyanusu boyunca, canlı olmanın bir yolundan diğer her birine seyahat etmenin yolları olması gerekir. Burada adalar benzetmesi bize yardımcı olmuyor, Olasılıksızlık Dağı benzetmesi daha iyi. Adalar şu noktayı dramatize etme amacına hizmet ediyor: Mutasyon

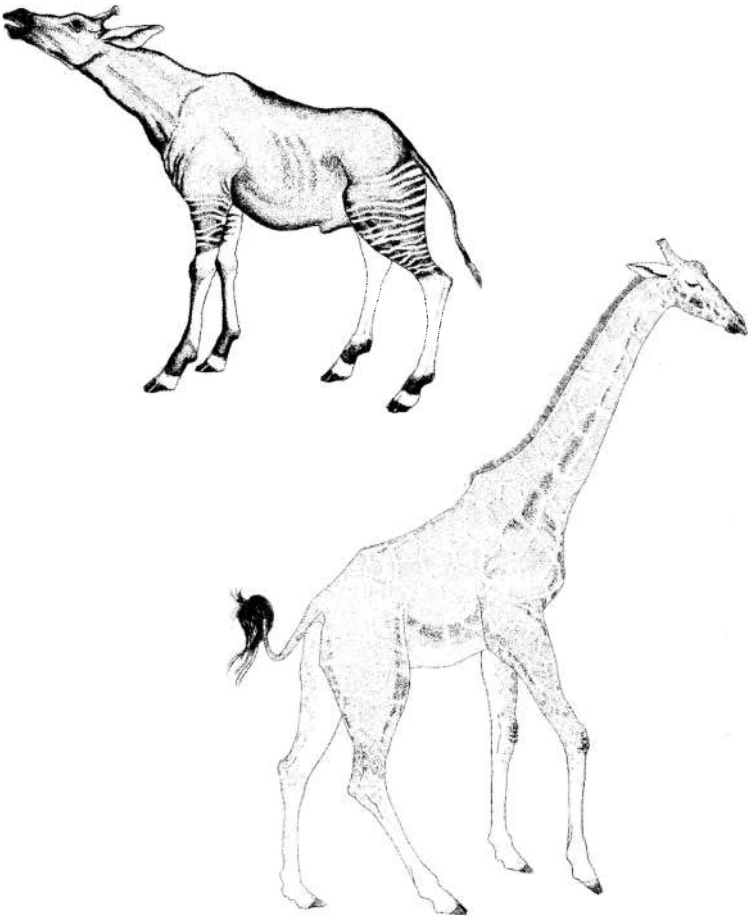
ne kadar büyük ve anormalse, seçim tarafından tercih edilme olasılığı o kadar azdır.

Farklı türdeki mutasyonları birbirlerinden ayırmaya da ihtiyacımız var. Ayak tabanlarında gözleri olan ve kulaklarında göz mercekleli olan hayali hayvanlardan bahsederek, parçaların bir araya getirilişindeki değişiklikler üzerinde yoğunlaştım. Bunun gibi büyük değişikliklerin şanslı vuruşu yaparak hayattakalmayı başarma olasılığı gerçekten oldukça düşüktür. Ama bir de bir parçanın içindeki bileşenlerin düzenlenişi değişmeden ölçeğinde büyük değişimlerin olduğu durumlar vardır. Tapir burnundan bir anda fil hortumuna fırlamak buna bir örnek olabilirdi, tabi bu değişimde gerçekleşen tek şey uzama olmuş olsaydı. Bu türden bir şiddetli değişimin illaki işe yaramazlık veya ölüm okyanusuna bir sıçrayış oluşturup oluşturmayacağı daha az net bir konudur.

“Boeing 747” ve “Uzatılmış DC8 makro mutasyonlarına” döneceğim sözünü vermiştim. Sör Fred Hoyle’un hurdalıklar ve 747’ler hakkındaki tartışma noktasını hatırladınız mı? Protein gibi karmaşık bir molekülün (bundan çıkan sonuç olarak gözün veya kalbin) doğal seçimle evriminin, bir hurdalıkta esen fırtınanın oradaki parçalardan şans eseri bir Boeing 747 meydana getirmesiyle neredeyse aynı olasılıkta olduğunu söylediği aktarılır. Eğer “doğal seçim” yerine “şans” kelimesini kullansaydı, haklı olabilirdi. Aslında onu doğal seçilimin şans *olduğu* şeklindeki derin yanılgı içinde çabala-yıp duran birçokları arasında saymak zorunda kaldığım için üzgünüm. Evrimden hemogloblin molekülü veya bir göz gibi karmaşık yeni bir makineyi tek bir adımda sıfırdan oluşturmasını bekleyen her teori çok fazla şans istemektedir. Böylesi bir teoride, doğal seçilimin yapacağı neredeyse hiç iş yoktur. Tüm “tasarım işi” mutasyon tarafından, tek bir büyük mutasyon tarafından ortaya konulmuştur. 747 ve hurdalık benzetmesini hak eden şey işte bu türden bir makro mutasyondur ve ben onu Boeing 747 makro mutasyonu olarak adlandırıyorum. Boeing 747 makro-mutasyonları gerçek dünyada yaşanmaz ve Darwincilikle hiçbir bağlantıları yoktur.

Diğer uçak benzeşimime dönecek olursak, uzatılmış bir DC8 uçağı, sıradan bir DC8 uçağı gibidir, tek farkı biraz daha uzun olmasıdır. DC8'in temel tasarımı aynen durmaktadır, gövdenin orta noktasına fazladan bir miktar uzunluk daha eklenmiştir. Gövdeyi uzatmaya ek olarak, ek koltuklar, koltuk üstü bagaj bölmeleri ve benzeri diğer tekrar eden öğeler de eklenmiştir. Eşit derecede açık olan değişiklikler, uçağın gövdesinden geçen kablolar, borulara ve halılara yapılan eklemelerdir. Bunlardan biraz daha az belirgin görünen şey ise, yapılan bu uzatmanın sonucu olarak uçağın diğer kısımlarında birçok ayarlama yapılmasının gerekliliğidir. Çünkü gövde biraz daha ağırlaşmıştır ve bu ek ağırlığı da yerden kaldırmak yeni bir iştir. Ancak, temel olarak, DC8 ve Uzatılmış DC8 arasındaki fark tek bir makro mutasyona indirgenmektedir: Gövde birdenbire önceki halinden çok daha uzun bir hale gelmiştir. Ara aşamaların kademeli serileri burada yoktur.

Zürafalar günümüzdeki okapiye oldukça benzeyen bir atadan evrilmişlerdi (Çizim 3.3). En bariz görünen değişiklik boynun uzamasıdır. Bu değişim, tek ve büyük bir mutasyonla gerçekleşmiş olabilir miydi? Hemen söylemem gerek ben kesinlikle eminim ki böyle olmadı. Ancak bunun gerçekleşmeyeceğini söylemek başka bir meseledir. Sıfırdan yepyeni bir karmaşık göz oluşması (iris diyaframı ve yeniden odaklanabilen merceklerin, Athena'nın Zeus'un başının içinden çıkması gibi yoktan birdenbire ortaya çıkması) gibi bir Boeing 747 mutasyonu asla gerçekleşemez, milyar kere milyar yıl geçse bile olmaz. Ancak DC8'in uzatılması gibi, zürafanın boynunun uzaması da tek bir mutasyon adımıyla ortaya fırlamış olabilir (ancak öyle olmadığına bahse girerim). Peki bu ikisi arasındaki fark ne? Fark, boynun gözden fark edilebilir miktarda az karmaşıklığa sahip bir yapı olması olayı değil. Bildiğim kadarıyla, boyun gözden daha bile karmaşık bir yapı olabilir. Hayır, olay, önceki boyun ile sonraki boyun arasındaki *farklılığın* karmaşıklığıdır. Bu farklılık küçüktür, en azından sıfırdan günümüzdeki göze gelmesi için oluşması gereken farkla kıyaslandığında. Zürafanın boynu, okapinin-



Çizim 3.3 Uzun bir boyna giden adımlar. Modern zürafaların atalarından birine benziyor olabilecek Okapi (*Okapia johnstoni*) ve altında Zürafa (*Giraffa camelopardalis reticulata*).

kiyle (ve muhtemelen zürafanın kendi kısa boyunlu atasıyla) aynı karmaşık parçalar düzenlemesine sahiptir. Her ikisinde de, kendi sinirleri, bağdokuları, kas blokları ve kan damarları olan aynı yedi omur aynı sırada dizilmiştir. Fark ise birindeki tüm omurların çok daha uzamış ve bu omurlarla ilintili kısımların uzamayla orantılı olarak uzatılmış veya aralıklandırılmış olmasıdır.

Buradaki nokta, boynun uzunluğunu dört misline çıkartmak için gelişmekte olan embriyoda sadece tek bir şeyi de-ğiş-

tirmeye ihtiyaç duyabilecek olmanızdır. Örneğin diyelim ki embriyo gelişiminde sadece omurgasal primordia büyümesi oranını değiştirmeniz gerekir; ve sonra diğer her şey onu izleyecektir. Ama yalın deriden bir göz geliştirmek için tek bir oranı değil, yüzlercesini, binlercesini değiştirmeniz gerekir (Bölüm 5'e bakınız). Bir okapi bir zürafa boynu geliştirecek şekilde mutasyon geçirecek olursa, bu bir uzatılmış DC8 mutasyonu olacaktır, 747 makro mutasyonu değil. Bu yüzden uzatılmış DC8 mutasyonu tamamen göz ardı edilmemesi gereken bir olasılıktır. Karmaşıklıklaştırmaya bakımından eklenen yeni hiçbir şey yoktur. Gövde, uzatılmanın gerektirdiği tüm bileşenleriyle birlikte uzatılmıştır, ancak bu uzatılma var olan karmaşıklığın uzatılmasıdır, yeni bir karmaşıklığın eklenmesi değil. Zürafanın boynunda yediden fazla omur olsaydı bile bu durum geçerli olurdu. Farklı yılan türlerindeki omur sayısı 200 ila 350 arasında çeşitlilik gösterir. Tüm yılanlar birbirleriyle kuzen oldukları için ve sahip oldukları omurlar, yarım omurlar ve çeyrek omurlar haline gelemeyeceğinden, bu şu anlama gelmelidir: Zaman zaman bir yılan ebeveyninden en az bir tane fazla veya eksik omurla doğmaktadır. Bu omur sayısı değişimi mutasyonları makro mutasyon olarak adlandırılmayı hak ederler ve tüm bu yılanlar var olduklarına göre, bariz bir şekilde evrime dahil olmuşlar. Bunlar uzatılmış DC8 mutasyonlarıdır çünkü var olan karmaşıklığın kopyalanarak çoğaltılmasını içerirler, 747 tarzı yeni karmaşıklıkların icadını değil.

Ucube makro-mutantın evrimsel yardımına yetişiyor olabilecek bir şey bulunur. Her genin etkisinin onunla aynı bedende bulunan diğer genlere bağlı olduğu gerçeğidir bu. Bir bedendeki bir genin etkisi, yani onun fenotipsel etkisi olarak adlandırılan etki, bu genin üzerinde yazılı değildir. Cücelik geninin DNA kodunda, bir moleküler biyoloğun "kısa" ya da "cüce" olarak deşifre edebileceği hiçbir şey bulunmaz. Yalnızca etrafı diğer genler tarafından çevrildiğinde uzuvları kısaltma etkisine sahiptir (çevrenin diğer unsurları da etkide bulunur). Bir genin anlamı, bulunduğu ortama göre değişir. Embriyo tüm genlerin ortaklaşa ürettiği bir iklimde gelişir.

Herhangi bir genin embriyo üzerinde sahip olduğu etki iklimin geri kalanına bağlıdır. Kendisine daha önce de atıfta bulunduğum R. A. Fisher, çok uzun bir zaman önce “bazı genler diğerlerinin etkilerini ‘ayarlayıcı’ rol oynarlar” diyerek bunu ifade etmişti. Bunun bazı genlerin diğerlerinin DNA kodlarını değiştirdiği anlamına gelmediğini unutmayın. Kesinlikle öyle değildir. Ayarlayıcılar diğer genlerin DNA dizilimine etki etmezler, vücuttaki diğer genlerin etkilerini ayarlamak amacıyla iklimi belli bir yönde değiştirirler sadece.

Daha önce gördüğümüz gibi, tapirinki gibi 15 santimetrelik bir hortuma sahip olan bir ebeveynin tek bir nesilde yaşanan tek bir genlik değişim (makro-mutasyon) yüzünden filinki gibi 1,5 metrelik hortuma sahip olan mutant bir yavru doğurmuş olması tamamen akıl almaz değildir. Bu yeni burnun derhal iyi ve iş görür bir hortum gibi davranması ihtimali oldukça azdır. “Ayarlayıcı” genlerin ve diğer genlerin “iklimi” kavramının teoride yardıma yetiştirebileceği yer işte burasıdır. Makro-mutasyon en azından yaklaşık olarak bir şey için iyi olduğu, ona sahip olan bireyleri öldürüp ortadan kaldırmadığı sürece, ayarlayıcı genlerin bu makro mutasyonu takip eden seçimleri detayları toparlayabilir ve çıkıntılı köşeleri yumuşatabilir. Büyük mutasyonun nüfusa ilk girişini, bir buzul çağı gibi felaketli bir zorluğa eşdeğer olarak düşünün. Yeni bir buz devrinin tamamen yeni bir gen kümesinin seçilmesine yol açacağı gibi (örneğin hafif tüyler yerine kalın bir post üreten bir gen kümesini destekleyecektir) şiddetli bir mutasyonal değişim de (örneğin burnun ani uzaması) ortalama bedene aynı etkide bulunacaktır.

Yeni bir büyük mutasyonun hemen ardından “ortalığı temizleyen” genler yalnızca ana genlerin en görünür etkileri üzerinde etki etmezler. Vücudun beklenmedik şekilde uzak bazı kısımlarında da etkilerde bulunabilirler. Bu etkiler büyük mutasyonun kötü etkilerini telafi veya azaltmak için; veya olası faydalarını arttırmak için olabilir. Muazzam bir ölçüde büyüyüp bir hortuma dönüşen bir burnun hemen ardından, bu hortumun başın ağırlığını da artırması yüzünden boyun kemiklerinin de güçlendirilmesi gerekir. Takip eden

zincirleme etkilerle bedenın tüm dengesi bile değişebilir, belki de omurgada ve kalça kemiğinde. Tüm bu artçı seçilim, bedenın birçok değişik kısımlarını etkileyen düzinelerce gen üzerinde işler.

“Ardından ortalığı toparlama” fikrini büyük makro mutasyonlar bağlamında öne sürmüş olmama rağmen, bu türden seçilim evrimde makro mutasyonlar olsun olmasın önemlidir kesinlikle. Mikro mutasyonlar bile bu “ardından ortalığı toplama” işinin son derece arzu edilir olduğu sonuçlar doğururlar. Her gen başka herhangi bir genin etkisinin bir ayarlayıcısı olarak çalışabilir. Pek çok gen birbirlerinin etkilerini değiştirir. Bazı otoriteler herhangi bir etkiye sahip olan genlerin (kromozomdaki birçok gen bir etkide bulunmadan öylece orada durur) çoğunun diğer genlerin etkisini ayarladığını söyleyecek kadar ileri gider. Bir genin içinde sağ kalması gereken “iklimin” büyük ölçüde türün diğer genlerinden oluştuğunu söylediğimde anlatmak istediğim şeylerden biri de buydu.

Makro mutasyonlara gerektiğinden daha fazla değinme pahasına, önceden tahmin edip ortadan kaldırmaya çalışmam gereken bir kafa karışıklığı kaynağı daha bulunuyor. Uсталıklı bir şekilde reklam edilmiş ve ilgi çekici olmadığı söylenemeyecek, “kesintili denge” olarak bilinen bir teori bulunur. Bu teorinin detaylarına girmek beni elinizdeki kitabın kapsamının dışına çıkaracaktır. Ancak teori oldukça şiddetli bir şekilde öne çıkarıldığından ve geniş bir kesimce yanlış anlaşıldığından dolayı burada vurgulamam gereken tek şey kesintili denge teorisinin makro mutasyonla herhangi bir gerçek bağlantısının olmadığıdır (bir bağlantısı varmış gibi de sunulmaması gerekirdi). Bu teori, nesillerin uzun süreleri durağan bir şekilde geçirdiklerini öne sürer. Bu sırada hiçbir evrimsel değişim geçirmiyorlardır. Ancak bu durağanlık arada sırada ani evrimsel değişim patlamalarıyla kesintiye uğruyordur. Bu patlamalar yeni türlerin doğumlarına denk geliyordur. Ama bu patlamalar hızlı olsalar da, hala çok büyük sayılarda nesillere dağıtılmışlardır ve hala *kademelidirler*. Sadece durum, ara biçimlerin genellikle fosil kaydında kalıntılara rastlanamadığı kadar hızlı değişmiş olmalarıdır.

Durağan dönemler arasında yaşanan bu “hızlı kademelenme kesintisi,” tek bir nesilde büyük bir değişim anlamına gelen makro-mutasyondan oldukça farklı bir şeydir. Karışıklık kısmen teorinin en büyük iki savunucusundan biri olan Stephen Gould (diğeri de Niles Eldredge) yüzünden ortaya çıkar. Gould’un bu teoriyi savunmaktan bağımsız olarak, tesadüfen belli türde makro mutasyonlara karşı hassas bir noktası vardı ve zaman zaman hızlı kademecilik ile gerçek makro mutasyon arasındaki ayrımı önemsiz gibi gösterdi. Hızla eklemeliyim ki, onun farkı aktaramadığı makro mutasyonlar mucizevi Boeing 747 makro mutasyonları değildi. Ardından Eldredge ve Gould haklı olarak fikirlerinin yaradılışçılar tarafından kötüye kullanılmasına kızdılar. Bu yaradılışçılar, benim tarzımla anlatırsam, kesintili denge teorisinin devasa 747 tarzı makro mutasyonlar hakkında olduğunu düşündüler. Bu 747 mutasyonlarının mucize gerektireceğine inanıyorlardı ve bunda haklıydılar. Gould şöyle der:

Trendleri açıklamak için kesintili dengeyi öne sürdüğümüzden beri, sanki fosil kayıtlarında yeni türlerin oluşumundaki geçişe dair hiçbir ara form olmadığını itiraf ediyormuşuz gibi tekrar tekrar alıntılanmamız (maksatlı ya da aptallık yüzünden mi, bilmiyorum) çileden çıkarıcı bir durum. Geçiş formları tür düzeyinde genelde eksiktir, fakat türden daha büyük gruplar arasında oldukça zengindir.

Dr. Gould eğer hızlı kademecilik ile sıçramalar (yani makro mutasyonlar) arasındaki ayrımı daha açık bir şekilde vurgulamış olsaydı, böylesi yanlış anlama tehlikelerini azaltmış olurdu. Tanımınıza bağlı olarak, kesintili denge teorisi ya ılımlı ve muhtemelen doğru, ya da devrim niteliğinde ve büyük ihtimalle yanlıştır. Eğer hızlı kademecilik ile sıçrama arasındaki ayrımı bulanıklaştırırsanız, kesinti teorisini daha radikal görünüyor hale getirebilirsiniz. Ama bunu yaparken yanlış anlamaya da açık bir davetiye çıkartırsınız, yaradılışçıların havada kapmakta hiç de yavaş davranmayacakları bir davetiye sağlarsınız yani.

Geçiş formlarının tür düzeyinde genelde neden eksik olduklarına dair fevkalade sıradan bir neden vardır. Bunu en iyi şekilde bir benzetimle açıklayabilirim. Çocuklar aşamalı ve sürekli olarak yetişkinlere dönüşürler ancak kanuni amaçlarla reşitlik yaşı belli bir doğum günü olarak saptanır ve sıklıkla on sekizincisidir. Şöyle söylemek bu yüzden mümkün olmaktadır: “Britanya’da 55 milyon insan var ama bunların hiçbirisi oy kullanamayanlarla oy kullanabilenler arasında ortada bir yerde değil.” Tıpkı yasal sebeplerden dolayı bir gencin on sekizinci yaş gününün gece yarısı geldiğinde bir oy verene dönüştüğü gibi, hayvan bilimciler de daima bir hayvan bireyini ya bir türde ya da bir başkasında olarak sınıflandırmakta ısrar ederler. Eğer bir hayvan bireyi gerçek biçimi itibariyle türler arasında bir yerdeyse (gerçekte birçoğunun olduğu gibi) hayvan bilimcilerinin yasalara benzer gelenekleri hala bu bireyi adlandırmak için onu ya bir türe ya da ötekine zorla zıplatırlar. Bu yüzden yaratılışçıların “hiçbir ara tür yok” iddiaları *tanımı gereği* tür seviyesinde doğru olmalıdır ancak bunun gerçek dünyada olanlarla ilgili anlattığı hiçbir şey yoktur. Anlattığı tek şey hayvan bilimcilerin isimlendirme gelenekleridir.

Bunu görmek için kendi kökenimizin ötesine bakmamıza gerek kalmaz. *Australopithecus*’tan *Homo habilis*’e, ondan *Homo erectus*’a, ondan “eski çağların *Homo sapiens*”ine, ondan da “modern *Homo sapiens*”e geçiş o kadar yumuşak bir kademeli geçişe sahiptir ki, fosil uzmanları sürekli olarak bu fosillerin nasıl sınıflandırılması gerektiği konusunda ağız dalaşlarına girerler. Şimdi bir evrim karşıtı propaganda kitabındaki şu ifadeye bakalım:

Bulunan fosiller ya *Australopithecus* ve bu yüzden de insansı maymunlar, ya da *Homo* ve bu yüzden de insanlar olarak adlandırılmıştı. Yüzyılı aşkındır yapılan hararetli kazılara ve yoğun tartışmalara rağmen, insanlığın farazi atası için ayrılmış olan camlı vitrin hala boş. Kayıp bağlantı hala kayıp.

İnsan bunu okuyunca bir fosilin ara biçim olarak adlandırılmak için ne yapması gerektiğini merak ederken buluyor kendini. Aslında alıntıladığım bu ifade gerçek dünya hakkınca hiçbir şey söylemiyor. İsimlendirme gelenekleriyle ilgili bir şey (oldukça sıkıcı bir şey) söylüyor. Ne kadar kesin bir şekilde tam arada olan bir form olursa olsun, hiçbir “kayıp bağlantı” kendisini bölmenin ya bir tarafına ya da diğer tarafına atacak olan terminolojinin zorlamasından kaçamaz. Ara formları aramanın doğru yöntemi fosillerin adlandırılma geleneklerini unutmak ve bunun yerine gerçekteki şekil ve boyutlarına bakmaktır. Bunu yaptığınızda görürsünüz ki fosil kayıtları son derece güzel kademeli geçişlerle dolu. Ancak bazı boşlukların da olduğu doğru. Bu boşlukların bazıları oldukça geniş ve herkes tarafından bazı hayvan biçimlerinin fosilleşmeyi başaramamaları yüzünden olduğu kabul ediliyor. Ayrıca hatırlamak gerek, isimlendirme süreçlerimiz evrimden haberdar olmadığımız bir çağda, kesinlikle ara türler bulmayı beklemediğimiz ve ayrımların bu süreçler için her şey oldukları zamanda üretilmişti.

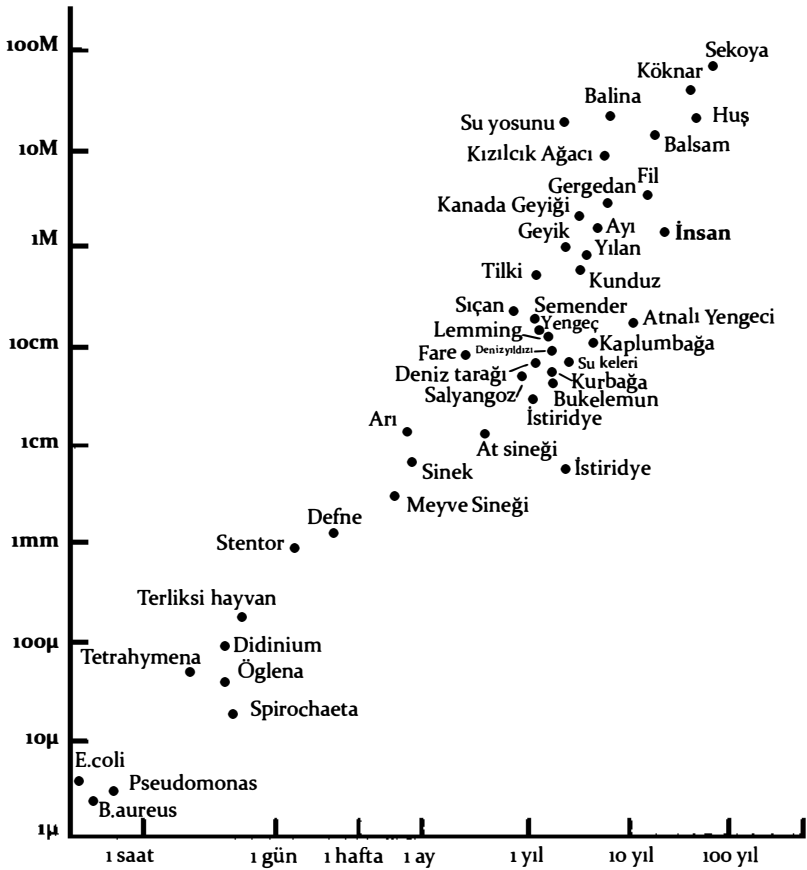
Böylece Olasılıksızlık Dağına bir ön hazırlık bakışı atmış ve bir taraftaki geçit vermez haşın uçurumlar ile diğer taraftaki hoşgörölü yamaçlar arasındaki farkı görmüş olduk. Önümüzdeki iki bölümde, uçurumları özellikle keskin görüldüğü için yaratılışçıların çok sevdiği iki doruk noktasına dikkatli bir biçimde bakacağız. Önce kanatlara bakıp, “yarım bir kanat ne işe yarar?” sorusunu cevaplayacağız ve sonra gözlere ilerleyip yaradılışçıların çok sevdiği şu tekerlemeye bakacağız: Onu oluşturan tüm parçalar yerli yerinde olmadan bir göz göremez, bu yüzden aşamalı olarak evrimleşmiş olamaz.

BÖLÜM 4

YERDEN AYAĞI KESMEK

Uçmak çok uzun bir süre insanlığın umutsuz hayallerinden biri olmuştur ve uçmayı başarmak için o kadar zorlanmıştık ki, zorluğunu abartmak kolaydır. Ancak hayvan türlerinin büyük çoğunluğu için uçmak neredeyse sıradan bir şeydir. Meslektaşım Robert May'in bir özdeyişini bir parça değiştirerek aktarırsam, iyi bir yakınsamayla¹ tüm hayvan türleri uçar. Bunun büyük ölçüde nedeni, onun da gerçekte söylediği gibi, neredeyse türlerin tamamının böcek olmasıdır. Ama sadece sıcakkanlı omurgalıları ele aldığımızda bile, türlerin yarısından fazlasının uçabildiğini söylemek hala yanlış olmaz. Çünkü kuş türü sayısı memeli türü sayısının iki katıdır ve memeli türlerinin dörtte birini yarasalar oluşturur. Uçmanın bize aşırı zor görünmesinin ana nedeni bizim büyük hayvanlar olmamızdır. Fil ve gergedan gibi bizden daha büyük olan hayvan sayısı azdır ve doğal olarak bu büyük hayvanlara dikkatimizi çok veririz ama neredeyse tüm hayvanlar bizden küçüktür (Şekil 4.1).

1 -ed.n. İyi yakınsama, örneğin 1.000.000'da 950.000 gibi büyük bir oran anlamındadır. Bazı tahminlere göre böcek türleri sayısı memeli türleri sayısının 300 katıdır ve böceklerin büyük bir çoğunluğu uçabilir.



Şekil 4.1 Canlılar büyüklük bakımından 10'un sekizinci katı kadar bir aralıkta değişkenlik gösterirler. Çeşitliliği sıraya koymak adına, nesil süresi boyut ölçeğine kıyasla grafiğe çizilmiştir (bu ikisi burada tartışmayacağım nedenlerden dolayı, birbirleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir). Her iki eksen de logaritmik bir ölçekte çizildi. Aksi takdirde, sekoya ağacını kâğıda bir bakterininkile aynı ölçekte sığdırmak için bir ucundan öbür ucuna 1600 kilometre uzunluğunda kâğıt gerekirdi.

Eğer çok küçük bir hayvansanız, gökyüzünü fethetmek sizin için hiç sorun değildir. Çok küçük bir hayvansanız, zor olan iş yerde kalabilmek haline gelebilir. Büyük hayvanlar ve küçük hayvanlar arasındaki bu farklılık fiziğin kaçınılmaz prensiplerinin bazılarından ileri gelmektedir.

Belirli bir şekle sahip olan nesneler için, ağırlık tam olarak uzunlukla orantılı artmaz (yani uzunluğun üçüncü kuvveti olarak artar). Eğer bir devekuşu yumurtasının uzunluğu, aynı biçime sahip bir tavuk yumurtasının uzunluğunun üç katı ise, ağırlığı onun üç katı değil, $3 \times 3 \times 3$ yani 27 katı olacaktır. Alışana kadar, bu çarpıcı bir düşünce gibi gelebilir. Bir tavuğun yumurtası bir adamın kahvaltısına yetiyorsa, bir devekuşu yumurtası 27 kişilik bir müfrezenin kahvaltısına yeter. Hacim ve onun sonucu olarak ağırlık, doğrusal boyutun üçüncü kuvveti (küpü) olarak artar. Öte yandan yüzey alanı, doğrusal boyutun ikinci kuvveti (karesi) olarak artar. Bunu göstermek en kolay kübik kutularla gerçekleştirilebilir ama kural her türlü şekil için geçerlidir.

Küp şeklinde büyük bir kutu hayal edin. İçine bu kutunun kenar uzunluğunun yarısına sahip olan daha küçük kutulardan kaç tane sığdırabilirdiniz? Kutuları kağıda çizerek cevabın sekiz olduğunu hızla görebilirsiniz. Büyük kutu küçük kutudan iki kat değil, sekiz kat daha fazla elma alabilir; içerisine iki kat daha fazla boya tenekesi değil, sekiz kat daha fazla boya tenekesi sığar. Ancak büyük kutunun yüzeyini boyamak isteseydiniz, küçük kutunun dış kısmını boyamak için olandan ne kadar fazla boyaya ihtiyacınız olurdu? Yine sahneyi gözünüzde canlandırarak hızla cevabın bu sefer iki kat ya da sekiz kat değil, dört kat olduğunu onaylayabilirsiniz.

Çok daha farklı boyutlardaki nesnelere baktığınızda, yüzey alanı ve hacim arasındaki fark çok daha dramatik hale gelir. Bir kibrit üreticisi düşünün, bu kibrit üreticisinin reklam amacıyla insan boyunda bir kibrit kutusu yaptığını düşünün. Yerde yatay bir şekilde durduğunda bu büyük kibrit kutusunun yüksekliği 2 metre. Standart bir kibrit kutusunun yüksekliği iki santimetredir. Yani 100 kibrit kutusundan oluşan bir küme büyük kutunun yüksekliğine ulaşacaktır. Yine yatayda, 100 kibrit kutusundan oluşan bir çizgi, büyük kutunun bir ucundan diğer ucuna kadar ulaşacaktır. Ve genişlikte de, 100 kibrit kutuluk bir sıra büyük kutunun genişliğinin bir ucundan ötekine ulaşabilir. Öyleyse, bu büyük kutuyu kibrit kutularıyla doldursaydınız kaç tane kutu alırdı? Sorunun ce-

vabı $100 \times 100 \times 100$, yani bir milyon. Bir açıdan bakıldığında bu büyük kutu sıradan bir kibrit kutusunun sadece 100 katı büyüklüktedir ve insan çok üzerinde düşünmezse onun 100 kat büyük olduğu kestiriminde bulunabilir. Ancak başka bir açıdan bakıldığında kutu bir milyon kat büyüktür ve en az bir milyon kat fazla kibrit alabilir.

Dev kibrit kutusunun sıradan kibrit kutusuyla aynı türde bir kartondan üretildiğini varsaysaydık, kartonun görece maliyeti ne kadar olurdu? Bu maliyet hacme ya da çizgisel boyutlara değil, yüzey alanına bağlıdır. Büyük kutunun bir milyon kat daha fazla değil, sadece on bin kat daha fazla kartona ihtiyacı olurdu. Standart küçük kibrit kutusunun yüzey alanının ağırlığına oranı, dev kibrit kutusununkinden muazzam miktarda fazladır. Küçük bir kibrit kutusunu parça parça keserseniz, elinizdeki bu karton parçalarını başka bir küçük kibrit kutusuna anca sığdırabilirsiniz. Ancak dev kibrit kutumuzu parça parça keserseniz, katlanmış kartonu başka bir dev kibrit kutusunun içine koyduğunuzda kutunun dibinde zar zor fark edilecek kadar az yer kaplardı. Yüzey alanı ile hacim arasındaki oran önemli bir niceliktir. Hacmin her küpü alındığında, yüzey alanının sadece karesi alınır. Yüzey alanının hacme oranı, kibrit kutusunun kartonunu kesip başka bir kibrit kutusuna koyduğumuzda gördüğümüz üzere, küçük nesneler için büyük nesnelerden daha fazladır. Aynı şekle sahip olan küçük nesneler büyük nesnelerden daha “yüzeylidirler.”

Hayattaki bazı önemli şeyler yüzey alanına, başka önemli şeyler hacme, başka önemli şeyler çizgisel boyuta, başka önemli şeyler de bu üçünün çeşitli kombinasyonlarına bağlıdır. Boyutu bir pire boyutuna mükemmel bir şekilde indirgenmiş bir su aygırı düşünün. Gerçek su aygırının boyu (uzunluğu ya da genişliği) pire-aygırınkinden belki de bin kat daha fazladır. Ama aygırın ağırlığı pire-aygırınkinden bir milyar kat daha fazladır. Aygırın yüzey alanı ise pire-aygırınkinden sadece bir milyon kat daha fazladır. Bu yüzden ağırlığa oranla yüzey alanı açısından pire-aygır büyük aygırdan bin kat büyüktür. Boyutu küçültülmüş bir minyatür aygırın bir gerçek boyutlu su aygırına kıyasla bir esinti ile havada sü-

rüklenmeyi daha kolay bir iş olarak göreceğini söylemek sağ duyuymuş gibi gelir ancak bazı durumlarda sağ duyunun arkasında neyin yattığını görmek önemlidir.

Elbette büyük hayvanlar küçük hayvanların ölçeklenerek büyütülmüş halleri kesinlikle değildirler ve şimdi bunun neden böyle olduğunu anlayabiliriz. Doğal seçim öylece boyutlarının ölçekli bir şekilde artmasına izin vermez çünkü bu hayvanların yüzey alanının boyuta oranındaki değişiklik gibi şeyleri telafi etmeleri gerekir. Örneğimizdeki büyük su aygırı, pire-aygırdan yaklaşık bir milyar kat daha fazla hücreye sahip olacaktı, ancak dış yüzeyindeki deri hücresi sayısı sadece bir milyon kat kadar fazla olurdu. Her hücrenin, oksijene, besine ve atık maddelerden kurtulmaya ihtiyacı vardır. Bu yüzden büyük su aygırının bedenine girip çıkacak yaklaşık bir milyar kat fazla şey olacaktı. Pire-aygır dış derisini oksijen ve atıkların içinden geçebileceği yüzeyin önemli bir parçası olarak kullanabilirdi. Fakat gerçek boyuttaki aygırın dış derisi görece o kadar küçüktür ki, içindeki bir milyar kat daha fazla olan hücre nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yüzey alanını oldukça fazla artırması gerekir. Bunu uzun ve kıvrımlı bağırsakla, süngerimsi akciğerlerle ve mikro tüplü böbreklerle yapar ve bunları dallandıkça dalanan muazzam bir kan damarı ağıyla tüm hücrelere bağlar. Bunun sonucu, büyük bir hayvanın içsel yüzey alanının dış derisinden nefes kesici miktarda büyük olmasıdır. Bir hayvan ne kadar küçükse, o kadar az akciğere, solungaca ya da kan damarına ihtiyaç duyar: Bedenin dış yüzeyi, nispeten az sayıdaki hücrelerinin girdi-çıkıtrafiğiyle yardım almadan baş edebilmesi için yeteri kadar geniş bir alana sahiptir. Daha kaba bir şekilde söylemek gerekirse, küçük bir hayvan dış dünyayla doğrudan temas eden daha yüksek *oranda* bir hücre sayısına sahiptir. Su aygırı gibi büyük bir hayvanın dış dünyayla temas halinde olan hücre sayısının geri kalana oranı o kadar azdır ki, akciğer, böbrek ve kılcal damarlar gibi yoğun alanlı organlarla bu oranı arttırması gerekir.

Maddelerin vücuda girip çıkabilme oranları alana bağlıdır ancak alana bağlı olan tek önemli şey bu değildir. Hava-

yı yakalayıp uçuşa eğilimi de alana bağlıdır. Pire-su aygırı en ufak bir rüzgâr esintisiyle bile havalanabilir olacaktı. Bir sıcak hava esintisi üzerinde taşınıp, sonra hassas bir biçimde ve herhangi bir zarar görmeden yere inebilecekti. Gerçek su aygırı ise, aynı yükseklikten yere bırakılsaydı, yere çekül gibi düşüp çakılacaktı ve pire aygırinkiyle orantısal olarak ölçeklenmiş bir orandan düşseydi, yerde kendi mezarını oluşturacak bir çukur bile açabilirdi. Gerçek su aygırı için uçmak imkânsız bir rüyadır. Pire-su aygırının ise uçmamak elinde bile olmayacaktı. Gerçek bir su aygırını uçurmak için, ona bir çift büyük kanat bağlamanız gerekirdi ve bu kanatlar o kadar büyük olurdu ki... aslında bu proje daha en baştan lanetlenmiş olurdu çünkü bu devasa kanatlara güç sağlamak için ihtiyaç duyulacak kas kütlesi, kanatların kaldıramayacağı kadar ağır olurdu. Yani uçan bir hayvan yapmak isteseydiniz, işe bir su aygırıyla başlamazdınız.

Burada ana nokta, büyük bir hayvan yerden havalanacaksa, alan yoğunluklu geniş kanatlar geliştirmesinin gerekmesidir. Bunun sebebi, herhangi bir büyük hayvanın yüzey alanınca zengin olan böbrekler ve ciğerler geliştirmeye ihtiyaç duymasıyla aynıdır. Ancak küçük bir hayvanın havalanması için neredeyse hiçbir şey geliştirmesi gerekmez. Bedeni zaten olduğu haliyle yüzey bakımından zengindir. Hava planktonu (aerial plankton) olarak adlandırılan bir olgu vardır. Birçok küçük böcek ve diğer canlı hava akımlarıyla havalanıp hiç çaba harcamadan atmosferde taşınarak dünyanın çeşitli bölgelerine yayılır. Elbette bunların birçoğu kanatlara sahiptir. Ancak hava planktonu herhangi bir uzmanlaşmış kanatsal yüzeye sahip olmamasına rağmen havada süzülen çok sayıda küçük kanatsız canlı da içerir. Bu canlılar sırf çok küçük oldukları için havada süzülürler ve çok küçük bir hayvan havada süzülmeyi bizim suda yüzmemiz kadar kolay bir iş olarak algılar. Esasında, bu kıyaslama daha da öteye geçer çünkü havada süzülen minnacık bir böcek kanatlara sahip bile olsa, bu kanatları havada “yüzmek” için çok fazla çırpması gerekmez. “Yüzme” kelimesinin uygun kelime olmasının sebebi, çok küçükseniz diğer birtakım garip şeylerin gerçekleşiyor ol-

ması yüzündendir. Bu boyuttaki bir canlı için yüzey gerilimi o kadar önemli bir güçtür ki, hava ona tamamen yapış yapış hissettirecektir. Küçük bir böcek için kanatlarını çırpma, bir şurubun içinde yüzmenin bize hissettirdiği şeymiş gibi hissettiriyor olmalıdır.

Yüksekliği veya dümeni kontrol edemeden havada süzülmenin ne gibi bir faydası olacağını merak ediyor olabilirsiniz. Çok fazla detaya girmeyeceğim ama çaba göstermeden etrafa yayılma, genlerin gözüne bir erdem olarak gelebilir, özellikle de canlı genellikle bir noktadan ayrılmadan yaşıyorsa. Bu durum bitkiler için daha geçerli bir durumdur: Yerin bir bölümü zaman zaman yaşanmaz hale gelir, örneğin orman yangını ya da sel olduğunda. Ayrıca çok miktarda güneş ışığına ihtiyaç duyan bir bitki için orman zemininin tamamı, bir ağacın düşüp gölgeyi araladığı nadir durumlar dışında yaşanmazdır. Genelde, bir hayvan veya bitki başka bir yerde (yani orası hariç herhangi bir yerde) yaşamış olan ataların soyundan gelmiş olacaktır ve başka yerlere dağılmak için adım atacaktır olan genleri içermeleri büyük ihtimaldir. Hindiba tohumlarının pamuklu puflara sahip olmasının nedeni budur. Dikenli tohumların hayvan kürküne tutunacak kancalara sahip olmasının nedeni budur. Birçok böceğin hava planktonu içinde sürüklenip yabancı topraklara yağmasının nedeni budur.

Küçük hayvanların havada süzulebilmelerinin kolaylığı, uçuşmanın ilk başta küçük hayvanlarda evrimleştiğini varsaymaktan ötesine ihtiyacımız olmadığı imasında bulunur ve Olasılıksızlık Dağının uçuş ile ilgili olan zirvesi anında daha az korkutucu görünmeye başlar. Çok küçük böcekler hiç kanta sahip olmadan bile havada yüzerler. Biraz daha büyük olan böcekler rüzgârı tutacak kanat çıkıntılarının yardımını alırlar ve biz de kendimizi Olasılıksızlık Dağında gerçek kanatlara giden yolda düzenli ve çok dik olmayan bir yokuşta buluruz. Aslında Berkeley'deki California Üniversitesi'nde Joel Kingsolver ve Mimi Koehl tarafından yapılmış olan maharetli bir araştırmaya göre durum bu kadar basit olmaya bilir. Bu ikilinin üzerinde çalıştıkları teoriye göre ilk böcek kanatları tamamen farklı bir amaç için ön uyumlanmışlar-

dı: Isınmak için güneş panelleri olarak. Elbette o ilk günlerde kanatlar çırpılamıyor olacaktı. Sadece, göğüs kafesinden dışarı çıkmış küçük çıkıntılardı.

Kingsolver ve Koehl'in araştırma tekniği oldukça zekiceydi. Bilinen en eski fosil böceklerden yola çıkarak basit tahta modeller yaptılar. Modellerin bazılarında kanat yoktu. Diğerlerinin farklı uzunluklarda, birçoğu kanat olarak tanınamayacak ya da uçamayacak kadar kısa olan kanat çıkıntıları vardı. Model böceklerin kendileri de bir dizi değişik uzunlukta yapılmıştı ve bu modellerin bir rüzgâr tüneline, aerodinamik olarak ne kadar etkili oldukları test edildi. Ayrıca modellerin iç kısımlarına minik termometreler yerleştirilmişti, parlak bir projektörden gelen yapay gün ışığını yakalamada ne kadar iyi oldukları anlaşılmaya çalışılıyordu.

Hali hazırda tartışmış olduğumuz şeye uygun olarak, oldukça küçük olan böceklerin hiç kanat olmadan bile havada yeteri kadar iyi süzöldüklerini gördüler. Benim Olasılıksızlık Dağında bulunan yokuştaki bakış açımdan bakıldığında biraz endişelendirici olan şey, o çok küçük boyutlarda, küçük kanatların aerodinamik verimliliğe yardımcı bulunuyor gibi görünmemeleriydi. Kanatlar önemli bir uzunluğa ulaşmamışlarsa işe yarar bir kaldırma gücü sağlamazlar. Vücut uzunluğu 2 santimetre olan model böcekler için bir vücut uzunluğu kadar uzun olan kanatlar kayda değer bir kaldırma gücü sağlarlar. Fakat vücut uzunluğunun sadece yüzde yirmisi uzunluğunda bir kanat hayvan için sıfır kaldırma gücü sağlıyor gibi görünür. Dışarıdan bakıldığında bu durum Olasılıksızlık Dağındaki yeni bir dik uçuşumuş gibi geliyor çünkü kanatları önemli bir boyuta tek seferde çıkartacak tek bir büyük mutasyon gerektiriyormuş gibi görünür. Ancak aşağıdaki iki gerçeği olaya eklediğimizde dik uçuşum artık o kadar da dik olmaktan çıkacak.

İlk olarak, sıfırdan büyük olan bir aerodinamik fayda sağlamak için görece büyük kanatlara sahip olması gereken böcekler sadece çok küçük böceklerdir. Eğer böcek daha büyükse, küçük kanat çıkıntıları da anlamlı bir kaldırma gücü sağlarlar. On santimetrelilik bir vücut uzunluğunda, kanat

çıkıntılarını sıfırdan başlayarak aşamalı olarak arttırırsanız, aerodinamik yarar hemen artmaya başlar.

İkinci ek gerçeğimiz için ise çok küçük böcek modellerine geri dönüyoruz. Burada, minik kanat çıkıntılarının anında bir *ısısal* yarar sağladıkları görüldü. Bu ufak böceklerde küçük kanatlar çok az miktarda büyüdüklerinde fazladan bir kaldırma kuvveti sağlamıyorlar ama gerçekten de daha iyi güneş panelleri haline geliyorlar. Öyle görünüyor ki böceğin vücudu çok küçük olduğunda güneş paneli performansında pürüzsüz bir iyileşme rampası oluyor. Bir milimetrelik kanat çıkıntıları hiç kanat olmamasından daha iyi ve iki milimetrelik kanat çıkıntıları bir milimetre olanlardan daha iyi oluyor ve bu şekilde ilerliyor. Ancak “ve bu şekilde ilerliyor” kısmı sonsuza dek gitmiyor. Belirli bir uzunluğun ötesinde, güneş paneli performansındaki iyileşme bitiyor. Bu yüzden güneş paneli iyileşme rampasının kendi başına kanatçıkları aerodinamik işlevin ana görevi devralabileceği uzunluklara çıkaramayacağı tartışılabilir. Ancak Kingsolver ve Koehl’un buna iyi bir çözümleri var. Küçük böceklerde güneş paneli avantajlarından dolayı kanat çıkıntıları bir kez evrimleştiğinde, bazı böcekler oldukça farklı bir sebepten dolayı daha büyük vücut boyutuna evrildiler. Birçok sebep olabilirdi: Hayvanlar için zaman ilerlerken daha büyük vücutlara evrilmek yaygın görünen bir durumdur. Belki de daha büyük böcekler avantajlıdırlar çünkü yenme olasılıkları çok daha düşüktür. Evrimsel zaman süresince herhangi bir sebepten dolayı büyümüşlerse, güneş paneli kanatçıklarının da onlarla beraber büyümüş olacağı otomatikman varsayılabilir. Bu noktada, bu genel boyut artışının bir sonucu, böceklerin, kanatçıkların ve diğer şeylerin, aerodinamik faydaların devreye girebileceği boyut aralığına otomatik olarak taşınacak olmalarıdır. Her ne kadar farklı bir doruk noktasına giden farklı bir yokuş üzerinden olsa da, Olasılıksızlık Dağına doğru düzenli tırmanışı sürdürmektedir.

Bir rüzgâr tünelineki modellerin 400 milyon yıl önceki Devoniyen döneminde olan biten şeyleri gerçekten temsil edip etmediğinden emin olmak zordur. Böcek kanatlarının

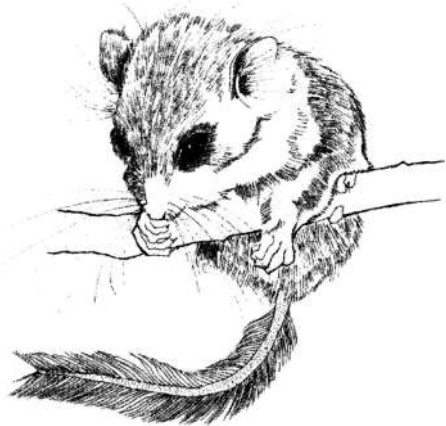
güneş panelleri olarak başladığı ve vücudun tamamı başka bir sebepten dolayı daha büyük hale gelene kadar uçuşma konusunda hiç işe yaramadığı doğru olabilir de olmayabilir de. Belki de gerçek fizik bu modellerden farklıydı ve büyüyen kanat çıkıntıları daha en baştan itibaren uçmak için gittikçe daha iyi işe yarıyordu. Ancak Kingsolver ve Koehl'un araştırması, içinde bizim için çok ilginç bir ders barındırır. Bize incelikli yeni bir yol öğretir. Olasılıksızlık Dağına giden diğer patikaların bulunabileceği bir tür yan yola sapma kavramını gösterir.

Omurgalılara gelirsek, uçuşmanın evrimi onlar için muhtemelen farklı bir öyküydü çünkü omurgalıların çoğu zaten büyüktü. Gerçek güç kullanarak uçuşma, kuşlarda, yarasalarda (muhtemelen en az iki farklı yarasa türünde ayrı ayrı olmak üzere) ve pterozorlarda (68 milyon yıl önce soyları tükenen büyük uçan sürüngenlerdi) birbirlerinden bağımsız olarak evrilmişti. Bu evrimin oluşumuna dair bir ihtimal, gerçek uçuşmanın ağaçların arasında süzülme davranışından evirildiğidir. Gerçek anlamda uçamasalar bile birçok hayvan bunu yapar. Ağaç tepelerinde büyük bir canlılar dünyası vardır. Bizler ormanı yerden yükselen bir şey olarak düşünürüz. Ağaç gövdeleri arasında yolumuzu bulurken bu ormanı büyük, ağır ve hantal olan ve karada yaşayan hayvanların bakış açısından görürüz. Bizler için derin orman, kemerleri ve kubbeleri yerden çok yukarıdaki yeşil tavana ulaşan, mağaralarla dolu karanlık bir katedraldir. Ancak orman sakinlerinin birçoğu ormanın kubbesinin üstünde yaşar ve ormanı bizimle zıt görüş açısından görür. Onların ormanı, hafif inişleri çıkışları olan, güneşli, yeşil muazzam bir çayır ve onlar bu gerçeğin farkında olmasalar da bu çayır sütunlar üzerine kurulu. Sayısız hayvan türü hayatlarının tümünü bu yükseklerdeki çayırda geçirirler. Çayır, yaprakların olduğu yerdir ve yapraklar oradadırlar çünkü orası güneş ışığının olduğu yerdir. Ve güneş ışığı tüm yaşamın nihai enerji kaynağıdır.

Bu çayırlık boşluksuz bir şekilde tepeyi kaplıyor da değildir. Havadaki bu çayıra, yere düşmenin olası olduğu delikler serpiştirilmiştir. Bu delikler yukarıdaki hayvanlar için üzer-

lerinden atlanması gereken boşluklardır. Birçok hayvan türü oldukça büyük gedikler üzerinden kendilerine has yollarla sıçrayabilecek kadar iyi donanımlıdır. Başarılı bir sıçrama ile başarısız olanı arasındaki fark bir ölüm kalım meselesi olabilir. Beden şeklinde sıçrama aralığını bir parça daha artırma etkisine yol açan her değişiklik, ne kadar küçük olursa olsun, pekâlâ bir avantaj olacaktır. Bir sincap ile sıçan arasındaki farklılık başlıca kuyrukta yatar. Kuyruk bir kanat değildir; onunla uçamazsınız. Ancak havayı yakalaması için ona geniş bir yüzey alanı sağlayan kıllarla kaplıdır. Sincap kuyruğuna sahip bir sıçan, sıçankuyruğuna sahip bir sıçandan şüphesiz daha geniş bir aralık üzerinden sıçrayabilirdi. Ve sincapların atalarının sıçanlarındaki gibi kuyrukları olmuş olsaydı, sürekli bir iyileşme yokuşu olurdu, günümüzdeki sıçan kuyruğuna doğru giderek daha da tüylenirlerdi.

Sincap kuyruğunu tüylü olarak tasvir ettim, ancak bu kelime, sincapla tamamen alakasız küçük bir memeli olan kuştüyü kuyruklu pigme sıçan (*Acrobates pygmaeus*) (Çizim 4.2) için daha bile uygun. Bu hayvan bir keselidir; keseli sıçanlara ve kangurulara, sincaplarla sıçanlara olduğundan daha yakındır. Avustralya okalıptüs ormanlarının yüksek üst örtüsünde yaşar. Bu kuyruk elbette gerçek kuş tüyü değildir. Gerçek kuş tüyü, küçük kıvrımlardan ve kıllardan oluşan hassas bir sisteme sahip, kesinlikle kuş icadı olan bir yapıdır. Ancak kuştüyü kuyruklu pigme sıçanının kuyruğu kuş tüyü gibi görünür ve kuş tüyünününe benzer bir iş görür.



Bu hayvanın ayrıca, dirseğinden dizine uzanan bir deri kanatçığı vardır ve bu kanatçık aşağı doğru sü-

Çizim 4.2 Kuştüyü kuyruklu pigme sıçanı, *Acrobates pygmaeus*, Avustralya'dan bir keseli.

zülürken sıçrayışını 18 metreye kadar uzatabilme yeteneği sağlar. Avustralya keseli sıçanlarının bir başka familyası olan uçan keseli sıçanlar bu deri kanatçığı daha da öteye geliştirmiştir. Bu daha büyük planör hayvanda, deriden kanat zarı hala sadece dirseğe kadar uzanır ama yine de 90 metreye kadar süzülebilir ve bu sırada yönünü 90 dereceye ulaşacak kadar değiştirebilir. Bir başka süzülen hayvan olan sarı karınlı uçar kuskus havada daha da yüksek bir başarıya ulaşır. Onun süzülme perdesi tıpkı kısa kafalı uçar kuskus ve büyük sincap kuskusunda olduğu gibi el bileklerinden ayak bileklerine kadar ulaşır.

Dış görünüş olarak onlarla neredeyse aynı olan, ama akrobatik açısından tamamen alakasız olan hayvanlar, Uzak Doğu ormanlarının kırmızı dev uçan sincabı ve Kuzey Amerika'nın kuzeyli uçan sincabıdır. Bunlar gerçek sincaplardır (kemirgenler sınıfındadırlar) ama keseli kuskuslarda olduğu gibi, kol bileklerinden ayak bileklerine kadar ulaşan deri kanatçıklara sahiptirler. Keseli eşdeğerleri kadar maharetli bir şekilde süzülebilirler. Aynı süzülme numarasını geliştiren başka kemirgenler de Afrika'dadırlar. Her ne kadar isimleri pullu kuyruklu uçan sincap ve Zenker'in uçan sincabı olsa da, gerçek sincap değildirler ve süzülmeyi kesinlikle Amerika uçan sincaplarından bağımsız olarak "icat etmişlerdir." Boyun, kuyruk, el ve ayak parmaklarını kapsayan daha bile kapsamlı bir zar da Filipinler ormanlarının gizemli kolugosunda bulunur. Hiç kimse uçan lemur olarak adlandırılan bu hayvanın ne olduğunu tam olarak bilmiyor, tabi lemur olmadığı dışında (gerçek lemurlar yalnızca Madagaskar'da bulunurlar ve ne uçabilir ne de havada süzülebilirler, fakat içlerinden bazıları oldukça etkileyici bir biçimde sıçrayabilir). Kolugo başka her şey olabilir ama kesinlikle bir kemirgen veya keseli değildir. Bir kez daha bu hayvan da süzülme zarını ve onunla ilişkili davranışları tüm diğerlerinden tamamen bağımsız bir şekilde "icat etmiştir."

Çeşitli uçan sincaplar, keseli süzülenler ve kolugo birbirleriyle benzer bir verimlilikle süzülürler. Fakat diğerlerinin uçuş zarları en fazla bileklerine kadar uzanmışken, kolugo-

nun uçuş zarı, ayak ve el parmakları arasında uzandığı için, evrim daha da ilerlerse, farklı bir kanat türünün ortaya çıkışına yol açabilir. Aynı şey daha da açık bir şekilde, çok güzel adlandırılmış *Draco volans*, veya uçan kertenkele ya da “uçan ejder” (Çizim 4.3 d) için de geçerlidir. Bu hayvan ağaçta yaşa-



Çizim 4.3 Ağaçlardan süzülen ama gerçek anlamda uçmayan omurgalılar: (a) Uçan yılan, *Chrysopela paradisi*; (b) kolugo, *Cynocephalus volans*; (c) kısa kafalı uçar kuskus, *Petaurus breviceps*; (d) uçan kertenkele, *Draco volans* ve (e) Wallace uçan kurbağası, *Rhacophorus nigropalmatus*.

yan bir kertenkeledir ve kolugoyla aynı şekilde Filipinler ve Endonezya ormanlarında bulunur. Memeli süzülücülerden farklı olarak, onun hava kanatçığı uzuvları arasında değil, istediği zaman dikleştirebildiği uzatılmış kaburga kemikleri arasında gerilmiştir. Bu süzülen hayvanlar içerisinde benim favorim ise Güneydoğu Asya'nın yağmur ormanlarından bir ağaç kurbağası olan Wallace uçan kurbağasıdır. Uçuş yüzeyi derisi, uzamış el ve ayak parmakları arasındadır ve bunu bahsettiğimiz diğer süzülen hayvanlar gibi ağaçtan ağaca süzülme için kullanır.

Bu vakaların hiçbirisinde Olasılıksızlık Dağına tırmanacak kolay bir yol bulmakta herhangi bir zorluk bulunmaz. Aslında süzülme davranışının bu kadar çok kez evrilmiş olması gerçeği bu dağ patikalarının bulunabilmesinin kolaylığına tanıklık eder. Belki daha da büyük olan bir tanıklık yine Güneydoğu Asya ormanlarında yaşayan ve cennet ağacı yılanı ya da "uçan yılan" olarak adlandırılan yilandan gelir. Bu yılan, herhangi bir kanadı, kanatçığı ya da uçuş yüzeyi kesinlikle olmamasına rağmen kendisini aşağı yukarı 20 metrelik bir mesafeden kasıtlı olarak bırakıp ağaçtan ağaca süzülme gibi oldukça işe yarar bir görevi başarır. Yılanların uzatılmış biçimi bu yılanın zaten ağırlığına oranla nispeten geniş bir yüzey alanı verir ve karnını içe çekip altında içbükey bir yüzey oluşturarak bu etkiyi daha da artırır. Bu yılan gerçek bir süzülme zarı geliştirerek, *Draco volans* gibi bir şeye doğru evrimleşme adına mükemmel bir ilk adım atabilirdi. Ancak yılan bu ikinci adımı asla atmadı, belki de uzatılmış kaburga kemiklerinin yaşamının diğer yönleri açısından bir engel yaratabilecek olması yüzünden.

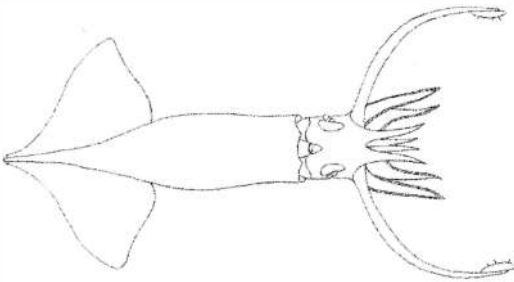
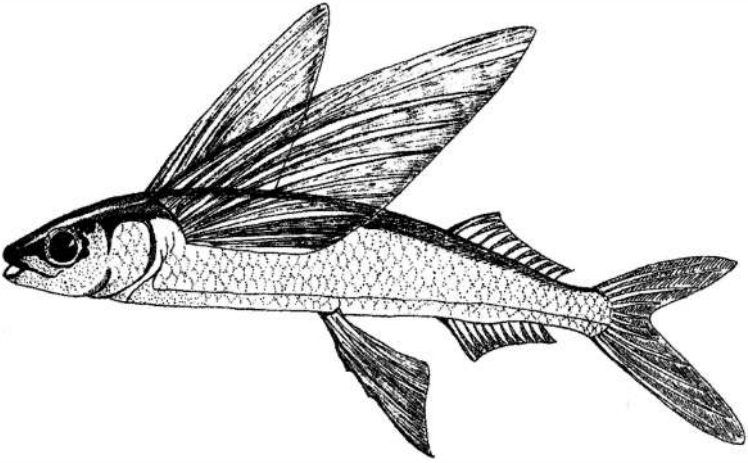
Uçan sincap gibi bir şeyin aşamalı evrimini düşünme biçimi şu şekildedir. Başlangıç olarak, sıradan bir sincap gibi ağaçlarda yaşayan ve herhangi bir özel süzülme zarına sahip olmayan bir ata, küçük gedikler üzerinden sıçrar. Ancak herhangi bir özel deri kanatçığın yardımı olmadan ne kadar uzağa sıçrayabilirse sıçrasın, eğer küçük bir deri kanatçığa ya da kuyruğunda bir miktar daha fazla tüye sahip olsaydı, birkaç santimetre daha fazla sıçrayabilirdi (böylelikle kritik bir

uzunluğa sahip bir gedikle karşılaştığı zaman hayatını kurtarabilirdi). Bu yüzden doğal seçim kol ve bacak eklemelerinin etrafında biraz kesemsi derisi olan bireyleri seçiyor ve bu durum yeni standart haline geliyor. Nüfusun ortalama bir üyesinin normal sıçrama mesafesi böylelikle birkaç santimetre artmış oluyor. Bu noktada, daha da büyük deri zarına sahip olan bireyler birkaç santimetre daha uzağa sıçrayabilirler. Böylece ilerleyen nesillerde bu deri uzaması standart haline gelir ve büyüme böyle ilerleyip gider. Tüm zar boyutları açısından, zardaki az bir artışın yaşam ve ölüm arasındaki farkı belirleyeceği kritik bir gedik uzunluğu vardır. Nüfusun ortalama üyesi tarafından üzerinden sıçranılabilecek gedik boyutu büyürken, yine nüfusun ortalama üyesinin zar boyutu da düzenli bir şekilde büyür. Birçok nesil ardından, keseli kuskuslar ve uçan sincaplar gibi türler evrimleşmiş olurlar ve onlarca metre sıçrayabilir ve kontrollü iniş yapacak şekilde yönlerini değiştirebilirler.

Fakat tüm bu süzölmeler yine de gerçek uçuş değildirler. Bu süzülen hayvanların hiçbiri kanatlarını çırpamaz ve hiçbiri havada süresiz kalamaz. Hepsisi aşağıya doğru giderler; gerçi bazen daha alçak bir ağaç gövdesine konmadan hemen önce vücutlarını bükerek (iniş yumuşatmak için) kısa bir tırmanış yapabilirler. Yarasalar, kuşlar ve teruzorlardaki gibi gerçek uçuşun, bunlar gibi süzülen atalardan evrimleşmiş olması mümkündür. Günümüzdeki bu süzülen hayvanların çoğu daha önce belirledikleri bir yere konmak için süzölüşlerinin hızlarını ve yönlerini kontrol edebilirler. Kanat çırparak uçuşmanın, süzölme yönünü kontrol etmek amacıyla kullanılan kas hareketlerinin tekrarından evrimleştiğini ve evrimsel zaman boyunca da konana kadar geçen ortalama zamanın aşamalı olarak arttırıldığını hayal etmek kolaydır.

Ancak bazı biyologlar, aşağıya doğru uzun mesafeli süzölmeyi, evrimin ağaçtan sıçrama bölümünün çıkmaz sokağı olarak görmeyi tercih ederler. Onlara göre gerçek uçuş, ağaç tepelerinde değil, yerde başladı. İnsan yapımı planörler tepelerden boşluğa bırakılarak ya da yerde hızlı bir şekilde çekilerek havalanabilir. Uçan balık (Çizim 4.4) ikinci yöntemle

havalanır, gerçi yerden değil, denizden havalanır. Ve bu uçan balıklar ağaçlardan süzülen keseli kuskusların en iyileri kadar uzun bir mesafede süzülme yeteneğindedirler. Suda müthiş bir hızda yüzerler ve sonra kendilerini havaya doğru fırlatırlar. Muhtemelen bunu peşlerindeki avcılarını atlatmak için yapıyorlardır çünkü bir kez sudan dışarı fırladıklarında, peşlerindeki avcılarının görüş alanından kaybolup sırta kadem basmış olurlar. O avcılarının bakış açılarına göre bir anda gizemli bir şekilde ortadan yok olmuş olacaklardır. Hava da aşağı yukarı 90 metre gidene kadar suya geri düşmezler. Suyu geri indiklerinde bazen kuyrukları ile suyu sektirip, hız kazanmak için birkaç yüzgeç darbesi gerçekleştirip tekrar



Çizim 4.4 Kendilerini su yüzeyinden havaya fırlattıktan sonra süzülen hayvanlar. Üstte Atlantik uçan balığı, *Cypselurus heterurus* ve altta uçan mürekkep balığı, *Onychoteuthis*.

havaya zıplarlar. Bu balıkların “kanatları” oldukça büyümüş göğüs yüzgeçleridir. Atlantik uçan balığında büyümüş arka yüzgeçler de kullanılır.

Bu gerçek uçan balıklar (Exocoetidae), tamamen alakasız olan ve “uçan” kırlangıç balıkları (Dactylopteridae) şeklinde adlandırılan balıklarla karıştırılmamalıdır (gerçi bu kırlangıç balıkları kahve sehpaındaki kitapların en az iki katı kadar büyük olan yüzgeçlere sahiptirler). Bu kırlangıç balıkları, uçmaktan oldukça uzak bir şekilde, deniz dibi boyunca ağır ağır ilerlerler. Kanatlarını dengeleyici olarak, avcılara karşı korkutucu unsur olarak ve avlarını açığa çıkartmak için kum karıştırıcısı olarak kullandıkları şeklinde çeşitli raporlarda bulunulmuştur. Ayrıca bu balıklar rahatsız edildiklerinde suyun dibinden birkaç metre yükselir ve “kanatlarını” açıp aşağı doğru geri süzülürler. Bu kanatların kullanılmadığı şey ise havada uçmaktır. Bu balıkların uçtuğuna dair efsaneye neyin yol açtığı belli değil: Muhtemelen gerçek uçan balıklarınkinden yüzeysel olarak benzeyen geniş göğüs yüzgeçleri buna neden oldu sadece. Gerçek uçan balıklara dönersek, muhakkak ki dipte yaşayan atalardan değil, yüzeyde hızlı yüzen atalardan evrildiler. Pek çok balık büyümüş yüzgeç yardımı olmadan suyun dışına sıçrar. Böylesi çevik sıçrayıcılar için yüzgeçlerini bir parça daha büyüterek az miktarda fayda sağlamak elbette potansiyel olarak kolaydır. Sonraki nesillerde yüzgeçlerinin yüzey alanını sonunda “kanatlara” dönüşecek kadar arttırmak da öyle. Yunusların çarpıcı sıçrayışlarına rağmen uçan balık aşamasına hiç ilerlememiş olmaları bir parça üzücüdür. Belki de bunun sebebi uçmayı verimli bir şekilde gerçekleştirmek için yunusların şimdikinden daha küçük olmalarının gerekmesidir ve sıcakkanlı yunusların küçük olmalarını zor kılan ısı yalıtımı ve balina yağı ile ilgili başka sebepler de bulunur. Uçan balıkları kovalayanlarla aynı avcılardan, örneğin ton balıklarından kaçmak için bir araç olarak uçan balıklar gibi davranan ve uçan mürekkep balıkları olarak adlandırılan mürekkep balıkları bulunur. *Onychoteuthis* cinsinden mürekkep balıkları suda saatte 70 kilometreye varacak kadar hızlanır, havaya fırlar ve kırk beş metreden fazla süzülürler. Bu

sırada sudan dışarı iki metreye kadar ulaşan bir yükseklikle havalanmış olurlar. Bu hayret verici hıza jet itişini kullanarak ulaşırlar ve başları arkada uçarlar çünkü tüm mürekkep balıklarında olduğu gibi su püskürttükleri boruları başlarından ileriye doğruyu işaret eder. Su jeti ile tüm sularını püskürtüp tükettiklerinde suya dönene kadar ellerinde başka itici güç kalmamış olur. Bu açıdan bakıldığında uçan balıklar davranışları yüzünden avantajlıdır çünkü daha önce de bahsettiğimiz gibi, hala büyük oranda su dışındayken kuyruklarını suda sektirerek hızlarını artırabilirler.

Büyüleyici başka bir örnek Güney Amerika nehirlerinde yaşayan bir balık grubudur. Balta balıkları (*Gasteropelecidae*) isimli bu tatlı su balıklarının göğüs yüzgeçlerini hızlı ve gürültülü bir şekilde titreştirerek havada gerçek bir uçuş yaptıkları rapor edilmiştir. Gerçi sadece kısa mesafelerdedir bu. Bu balıklar gerçek uçan balıklarla yakından akraba değildirler (ya da “uçan” kırlangıç balıklarıyla). Söylemem gerek, bir uçan balta balığının kendi gözlerimin önünden vızıldayarak geçmesini görmek isterdim. İnanmıyorum demiyorum; tüm kitaplarda öyle olduğu yazıyor; ama olta balıkçılarının sallayan arkadaşlarından tecrübe ettiği ve bizim de “uçan” kırlangıç balığı öyküsünden öğrendiğimiz gibi, balık hikâyelerini kendi gözümüzle kontrol etmek bazen iyi bir fikirdir.

Aslında bu çok önemli değil çünkü, (süzülerek) uçan balıkları, gerçek kanatlı uçuşun ağaçlardan süzülen hayvanlarda değil, karada yaşayan hızlı koşan hayvanlarda, kolların normaldeki koşma rolünden kurtulup uçma rolüne geçmesiyle başladığı teorisine giriş olarak vermiştim. Uçan balıklar ve uçan mürekkep balıkları suda yaşıyor olsalar da, süzülen bir hayvan yüzey boyunca yeterince hızlı hareket ederse bir ağacın ya da uçuşunun desteğine ihtiyacı olmadan havalanabileceği prensibini ortaya koymaktadırlar. Bu prensip kuşlar için geçerli olabilir çünkü iki ayaklı dinozorlardan evrildiler (aslında kuşların teknik olarak dinozor *olduklarını* söyleyebilirsiniz), ki bazı dinozorlar muhtemelen bugün devekuşlarının yaptığı gibi oldukça hızlı koşabiliyordu. Uçan balık benzeşimini bir an için devam ettirmek gerekirse, dinozorların

iki ayağı balık kuyruğunun görevini gördü, hayvanı ileriye doğru çok hızlı hareket ettirdi. Bu sırada kolları da yüzgeçlerle aynı rolü oynadı, belki başta denge ve yön ayarlama için kullanıldı ve sonra kanat şekilli yüzeyler olmaya doğru gelişti. Örneğin kangurular gibi iki ayağı üzerinde kendilerini oldukça hızlı ileriye iten ve ellerini başka yönlerde evrilmesi için özgür bırakan bazı memeliler bulunur. Bizim türümüz, iki ayağını kuş benzeri bir biçimde yürümek için kullanan tek memeli gibi görünüyor fakat biz kollarımızı uçmak için değil bir şeyler taşımak ve bir şeyler yapmak için kullanıyoruz. Hızlı koşan iki ayaklı memelilerin tamamı, iki ayağın sırayla değil de aynı anda itildiği kanguru yürüyüşünü kullanır. Kanguru yürüyüş biçimi, örneğin köpek gibi tipik bir koşucu dört ayaklının omurgasının yatayda esnediği gerçeğinden doğar. (Bununla benzeyen bir şekilde, memeli olan balinalar ve yunuslar omurgalarını aşağı yukarı esneterek yüzerken, memeli olmayan balıklar ve timsahlar antik balık davranışlarını izleyerek omurgalarını sağa sola kıvrarak yüzerler. Sözü açılmışken, bugün sürat koşucusu çitalarda ve tazılarda hayranlıkla izlediğimiz, aşağı-ve-yukarı yürüyüş biçiminin öncülüğünü yapmış olan ve memeli-benzeri sürüngenler arasından çıkmış tanınmamış kahramanları şu anda olduğundan daha fazla merak etmemiz gerekir. Antik balık yalpalamasının kalıntıları belki de kuyruk sallayan köpeklerde hala görülebilirdir, özellikle de hareket, boyun eğen bir köpeğin yerdeki kıvranışı sırasında vücudun tamamına yayıldığında.)

Karada yaşayan memeliler arasında “kanguru yürüyüşü” sadece kangurulara ve onların keseli türlerine ait bir tekel değildir. Meslektaşım Dr. Stephen Cobb bir seferinde Nairobi Üniversitesi’nin hayvan bilimi öğrencilerine konferans veriyordu ve onlara ufak kanguruların Avustralya ile Yeni Gine’ye hapsedilmiş olduğunu söyledi. Bir öğrenci “Hayır söz,” diye protesto etti. “Ben Kenya’da bir tane görmüştüm.” Öğrencinin görmüş olduğu şey şüphesiz şunlardan biriydi (Çizim 4.5).



Çizim 4.5

Güney Afrika Bahar tavşanı,
Pedetes capensis.

Güney Afrika bahar tavşanı olarak anılan bu hayvan, ne bir tavşan ne de bir kanguru, aslında bir kemirgen. Kangurular gibi bu hayvan da avcılardan kaçarken hızını arttırmak için sıçrar. Sıçrayan dağ faresi gibi diğer kemirgenler de aynısını yapar. Ancak iki ayaklı memeliler bir sonraki adımı atmış ve uçuş yeteneğini evriltilmişe benzemiyorlar. Gerçek anlamda uçan tek memeliler yarasalardır ve uçuş zarları hem arka ayakları hem de kolları kaplar. Ayağı engelleyici böylesi bir kanadın hızlı koşma rotasıyla nasıl evrilmiş olabileceğini görmek zordur. Aynısı pterozorlar için de geçerlidir. Benim tahminim hem yarasaların hem de pterozorların uçuşu ağaçlardan ve yamaçlardan süzülerek evriltiltikleri yönünde. Ataları bir aşamada bir parça kolugolara benzemiş olabilir.

Kuşlar ise farklı bir konu olabilir. Onların öyküsü zaten farklıdır, harikulade bir mekanizmaya, yani kuş tüyüne dayanır. Kuş tüyleri, değişikliğe uğramış sürüngen pullarıdır. İlk başta tamamen farklı bir amaç doğrultusunda evrilmiş

olmaları mümkündür. Hala çok önemli olan bu amaç ısı yalıtımıdır. Kuş tüyleri, beta keratin adı verilen dayanıklı bir proteinden yapılmıştır. Bu protein kuşların gagalarının ve pençelerinin de yapısını oluşturur. Memelilerin boynuzlarının, tırnaklarının ve kıllarının ana maddesi olan alfa keratin ile çok yakındır. Beta keratin lifleri hafif ve esnek yapılar oluşturabilme yeteneğine sahiptir ve esnek olmasına rağmen sert bir uçuş yüzeyi sağlayacak liflerin üretilmesine izin verir. Kuş kanatları yarasaların ve pterozorların sarkık deri kanatçıklarına hiç benzemez. Kuş tüylerinin harikalığı nedeniyle, kuşların ataları kemikler arasında gerilmeye ihtiyaç duymayan düzgün kanatlar geliştirme kabiliyetine sahipti. Önde kemikli bir kola sahip olmak yeterliydi. Geri kalanını tüylerin sertliği halletti. Arka bacaklar koşmak için özgür bırakılabilirdi. Yere indiklerinde hantal kalan yarasaların ve muhtemelen pterozorların tam aksine, kuşlar, koşmak, sıçramak, tünemek, av yakalamak ve kavga etmek için arka bacaklarını kullanabilirler. Papağanlar ayaklarını insan eli gibi bile kullanırlar. Bu arada ön uzuvlar uçuş işini yürütmeye devam eder.

İşte kuşlarda uçmanın ilk olarak nasıl başladığına dair bir tahmin. Küçük ve çevik bir dinazor olarak hayal edebileceğimiz varsayımsal ata hızla böceklerin peşinden koşuyor, güçlü arka ayaklarıyla havaya sıçırıyor ve avını kapıyor. Böceklerin evrilerek havayı fethetmeleri bundan çok uzun zaman önce olmuştu. Uçan bir böcek, üzerine doğru gelen tehditleri mükemmel bir şekilde savuşturacak hamleleri yapabilme yeteneğine sahiptir ve sıçrayan avcı sıçramasının ortasında böceğin yön değişimine karşı yönünü biraz ayarlayabilseydi bundan fayda sağlardı. Günümüzde kedilerin bunu belli bir dereceye kadar yaptıklarını görebilirsiniz. Zor gözükür, çünkü havada olduğunuzdan kendinizi ona dayayıp itebileceğiniz katı bir şey yoktur. Olayın püf noktası ağırlık merkezinizi değiştirmektir. Vücudunuzun belli kısımlarının pozisyonunu diğer kısımlara görece hareket ettirerek yapabilirsiniz bunu. Başınızı veya kuyruğunuzu hareket ettirebilirdiniz, ancak işe yarayacağı en bariz olan kısımlar kollar ve bacaklardır. Bu noktada, bir kez kollar bu amaç doğrultu-

sunda hareket ettirildiğinde, eğer havayı yakalayacak yüzey geliştirirlerse daha etkili olurlar. Kollardaki kuş tüylerinin ilk olarak bir tür böcek yakalama ağı olarak geliştiği de öne sürülmüştür. Bu ilk bakışta görüldüğü kadar zorlama bir teori değil çünkü bazı yarasalar kanatlarını bu doğrultuda kullanırlar. Ancak bu teoriye göre, kolların en önemli görevi yönlendirme ve kontroldü. Bazı hesaplamalardan çıkan sonuca göre, bir sıçrayışta yanal ve dikey dengeyi kontrol etmek için uygun olan kol hareketleri, gerçekten de kaba kanat çırpma hareketlerini andırır.

Koşma, sıçrama ve uçuş sırasında pozisyonu düzeltme teorisi, ağaçtan süzülme teorisiyle kıyaslandığında, sıralamayı tersine çevirir. Ağaçtan süzülme teorisinde, ilksel kanatçıkların başlangıçtaki rolü kaldırma gücü sağlamaktı. Sadece çok sonrasında kontrol için kullanıldılar ve en sonunda kanat çırpma işini de gerçekleştirdiler. Böcek yakalamak için sıçrama teorisinde ise kontrol önce geldi ve kolların sahip oldukları yüzey alanlarıyla kaldırma gücü sağlama işini gerçekleştirmeleri sadece sonradan ortaya çıkan bir olaydı. Bu teorinin güzelliği, sıçrayan atada yerçekimi merkezini kontrol etmek için kullanılanla aynı sinir devrelerinin, evrimsel öykünün sonraki aşamasında uçuş yüzeylerini kontrol etme işine son derece zahmetsizce katkıda bulunabilecek olmalarıdır. Belki kuşlar yerden sıçrayarak uçmaya başlamışlardır, yarasalar ise ağaçlardan aşağı süzülerek. Veya belki kuşlar da ağaçlardan süzülerek başlamışlardır. Bu konudaki tartışma devam ediyor.

Köken ne olursa olsun, günümüzdeki kuşlar o ilk günlerden bu yana oldukça uzun bir yol kat ettiler. Birçok uzun yollar demeliydim çünkü fethettikleri Olasılıksızlık Dağı zirveleri müthiş fazlalıkta bir sayıdadır. Bir alaca doğan, avına kilitlendiğinde gökyüzünden o ava doğru saatte 160 kilometre hızla dalışa geçebilir. Şahinler ve sinekkuşları, bir helikopterin neredeyse asla başaramayacağı bir rüya olarak, belirli bir noktada iğne-ucu hassasiyetiyle havada asılı durabilirler. Kutup sumruları yılın yarıdan fazlasını göç ederek geçirirler. Bu göç, aralarındaki mesafe 20.000 kilometre kadar olan Ark-

tik ile Antarktik arasında gidiş ve dönüşü kapsar. Üç metrelik kanat açıklığına sahip gezici albatros, kutup etrafında sürekli saat yönünde çember çizer. Bu uçuşa güç sağlamak için kanat çırpmayı değil, Kükreyen Kırklar adı verilen batı yönlü rüzgarların soğuk dalgalarla kesiştiği yerlerde ortaya çıkan, doğal değişken rüzgarlara son derece dikkat edip bu rüzgarlarla süzülerek yaparlar. Sülünler ve tavus kuşları gibi bazı kuşlar uçma yetisini yalnızca olası bir tehlike ile ürktüklerinde ani bir kaçış hamlesi olarak kullanırlar. Devekuşu, Amerikan devekuşu ve Yeni Zelanda dev devekuşları gibi diğer bazı türler uçamayacak kadar büyümüşlerdir ve kanatları devasa, uzun ve tekmeleyici olan bacaklarına kıyasla işlevsizleşmiştir. Bununla tem ters uçta ise, örneğin sağangiller zayıf ve sarsak bacaklara, teknoloji harikası olan, arkaya yatık kanatlara sahiptirler ve neredeyse asla yere inmezler.¹ Sadece yuva yapıp yavrulamak için yere inerler ve çiftleşme ile uyuma bile havada gerçekleşir. Yere indikleri nadir zamanlarda yüksek bir noktayı seçmeleri gerekir çünkü düz bir yerden havalanamazlar. Yuvalarını havada sürüklenmekte olan malzemelerden veya ağaçların yanından hızla geçerken kaptıkları parçalardan yaparlar. Bir sağan için yeryüzüne inmek zor ve anormal bir durum gibi görünebilir. Yere inmek onlar için örneğin bir insanın gökyüzü dalışı yapmasıyla veya su altında yüzmesiyle kıyaslanabilir. Bizim için yeryüzü, günlük meşgalelerimizde sabit ve hareketsiz bir arka plandır. Bir sağanın siyah gözlerinden ise dünyanın normal arka plan durumu, durmadan ufka doğru yol almak, baş döndürücü bir şekilde havada dönmektir. Bizim sağlam toprak fikrimiz belki de bir sağan için korkutucu bir lunapark treni fikri gibidir.

Kuşların tamamı kanat çırpamaz, ancak sadece süzülerek uçabilen kuşlar da muhtemelen kanat çırpın atalardan gelirler. Kanat çırparak gerçekleştirilen uçuş oldukça karmaşıktır ve henüz tüm detaylarıyla anlaşılamamıştır. Kanatların aşağı

1 -ed.n. İngiliz araştırmacıların kuşlara vericiler takarak yaptıkları çalışmaya göre İngiltere'de bulunan sağan kuşları kışı geçirmek için Afrika'ya göç ederlerken, bazı sağanlar 10 ay boyunca hiç durmadan ve yere inmeden uçuyorlar. Geri kalanlar ise sadece çok nadiren yerde kısa süreler boyunca kalıyor.

doğru güçlü itişlerinin kaldırma gücünü doğrudan sağladığını düşünmek cezbedicidir. Bu düşünce hikâyenin bir parçası olabilir, özellikle kalkış sırasında. Fakat kaldırma kuvvetinin büyük bir çoğunluğu aynen bir uçakta olduğu gibi, (yeteri kadar hava hızı sağlandığında) kanadın şekli tarafından sağlanmaktadır. Özel bir kavise veya eğime sahip bir kanat rüzgâr üzerinden eserse kaldırma gücü sağlayabilir. Veya (aynı şeye eşdeğer olarak) kuşun tüm bedeni havaya görece ileri doğru bir sebepten dolayı hareket ediyorsa da bu kanat kaldırma gücü sağlar. Kanatların çırpılma hareketinin ana amacı uçmak için gerekli olan ileriye doğru itme gücünü sağlamakla ilgilidir. Kanatların bu pervane görevi, onların basit bir şekilde aşağı ve yukarı doğru savrulmadıkları gerçeğine dayanmaktadır. Kuş bunun yerine, omzunu ustalıkla bir şekilde döndürürken, eklemlerin tamamında incelikli ayarlamalarda bulunur. Tüylerin bu şekilde bükülmelerinden otomatik olarak başka bazı faydalar da doğar. Bu döndürme, ayarlama ve bükme hareketlerinin sonucu olarak, kanadın yukarı-aşağı çırpılma darbeleri ileri yönlü itiş kuvvetine dönüşür. Bu bir parça balinaların kuyruklarını aşağı yukarı sallayarak ilerlemelerinde olduğu gibidir. Havada ileriye doğru bir itme hareketi olduğunu kabul ettiğimizde, bir kuşun kanatları aşağı yukarı bir uçağinkiyle aynı şekilde kaldırma gücü sağlar (gerçi uçak kanatları çok daha basittir çünkü hareket etmezler). Hız ne kadar fazla olursa, kaldırma kuvveti de o kadar büyük olur. Bir Boeing 747'nin *Güiver'in Gezileri*'ndeki canavarıncı gibi olan ağırlığına rağmen havada durmasının sebebi budur.

Fizik yasaları kuşlar büyüdükçe kanat çırparak uçmalarını zorlaştırmak için komplo kurarlar. Eğer aynı biçime sahip kuşların derece derece daha büyük hale geldiklerini gözümüzde canlandıırırsak, ağırlık uzunluğun küpü olarak artarken, alan uzunluğun yalnızca karesi olarak artar. Daha büyük kuşların havada kalabilmek için aşırı büyük kanatlar geliştirmeleri ve/veya orantısız bir şekilde daha hızlı uçmaları gerekirdi. Daha ve daha da büyük kuşları hayal etmeye devam ettikçe, jet ya da piston motoru onlarda olmadığı için, o boyuttaki bir kuşun sahip olabileceği kas gücünün onu artık

havada tutamayacağı bir noktaya gelirdik. Kuş boyutunun sınırı olan bu kritik nokta, büyük akbabalar ile albatroslardan az miktarda küçük olan bir yerdedir. Daha önce gördüğümüz gibi bazı kuşlar çabalamaktan vazgeçmiş, kendilerini temelli yere sabitleyerek hayatlarını iyi bir şekilde sürdürmüş ve devekuşlarına ve emulara ulaşacak kadar bile büyümüşlerdir. Fakat akbabalar, kondorlar (güney Amerika akbabaları), kartallar ve albatroslar kritik noktayı geçmiş olmalarına rağmen yere çakılıp kalmadılar. Peki neden?

Onların numarası dış enerji kaynaklarını kullanmaktı. Güneşin ısısı ve ayın değişken yer çekimi etkisi olmasaydı, hava ve deniz durgun olurdu. Dış enerji okyanus akıntılarına güç sağlar, rüzgârları pompalar, toz fırtınalarını çalkalar, bir evi yıkabilen veya bir gemi ticaret rotasına güç verebilen muazzam kuvvetlerle atmosferi sarsar. Ayrıca zekice kullanmasını bilerseniz sizi bulutlara yükseltebilecek yukarı yönlü ısı (termal) akımları üretir. Akbabalar, kartallar ve albatroslar dış enerjiyi mükemmelliğe ulaşacak bir verimle kullanırlar. Bu hayvanlar havadaki enerjiyi bizim kadar hünerli işleyen yegâne hayvanlar olabilirler. Yükseklerde süzülen kuşlarla ilgili temel bilgi kaynağını Bristol Üniversitesi'nden Dr. Colin Pennycuick'in yazıları oluşturuyor. Bir planör pilotu olarak sahip olduğu uzmanlaşmış bilgisini hem kuşların nasıl uçuşunu anlamak için hem de sahadaki tekniklerini incelemek amacıyla onların arasında süzülme için kullanmıştı.

Akbabalar ve kartallar tıpkı planör pilotlarının yaptığı gibi ısı akımlarını kullanırlar. Bir ısı akımı, yükselen bir sıcak hava sütunudur. Yerin bir parçasının diğer kısımlara oranla güneş ışığını daha fazla soğurması gibi sebeplerle oluşur. Planör pilotları büyük oranda ısı akımlarına bel bağlarlar ve tecrübe onları bu ısı akımlarını belli bir mesafeden fark etme uzmanı haline getirir. Bir ısı akımının varlığını ele veren ince ipuçları arasında, kümülüs bulutlarının üzerlerinde belirli karakteristik şekiller olması ve ısı akımı oluşturmaya meyilli olan belirli yer biçimlerinin varlığı bulunur. Bir kırsalı bir uçtan öteki uca süzülerek geçmenin onaylanmış tekniği, ısı akımı içinde dönerek, örneğin bir buçuk kilometre kadar yukarı

tırmanmanız, sonra gitmek istediğiniz yönde aşağı doğru düz bir çizgide süzölmeye başlamanızdır. Bu noktada, aşağı doğru süzölme eğimi fazla olmaz. Bir akbaba tipik olarak ile-riye doğru her 10 metrelik mesafe için bir metre irtifa kaybe-der. Bu da, yeni bir ısı akımı bulmaya ihtiyaç duyana kadar akbabaya neredeyse 15 kilometrelik bir uçuş sağlar.

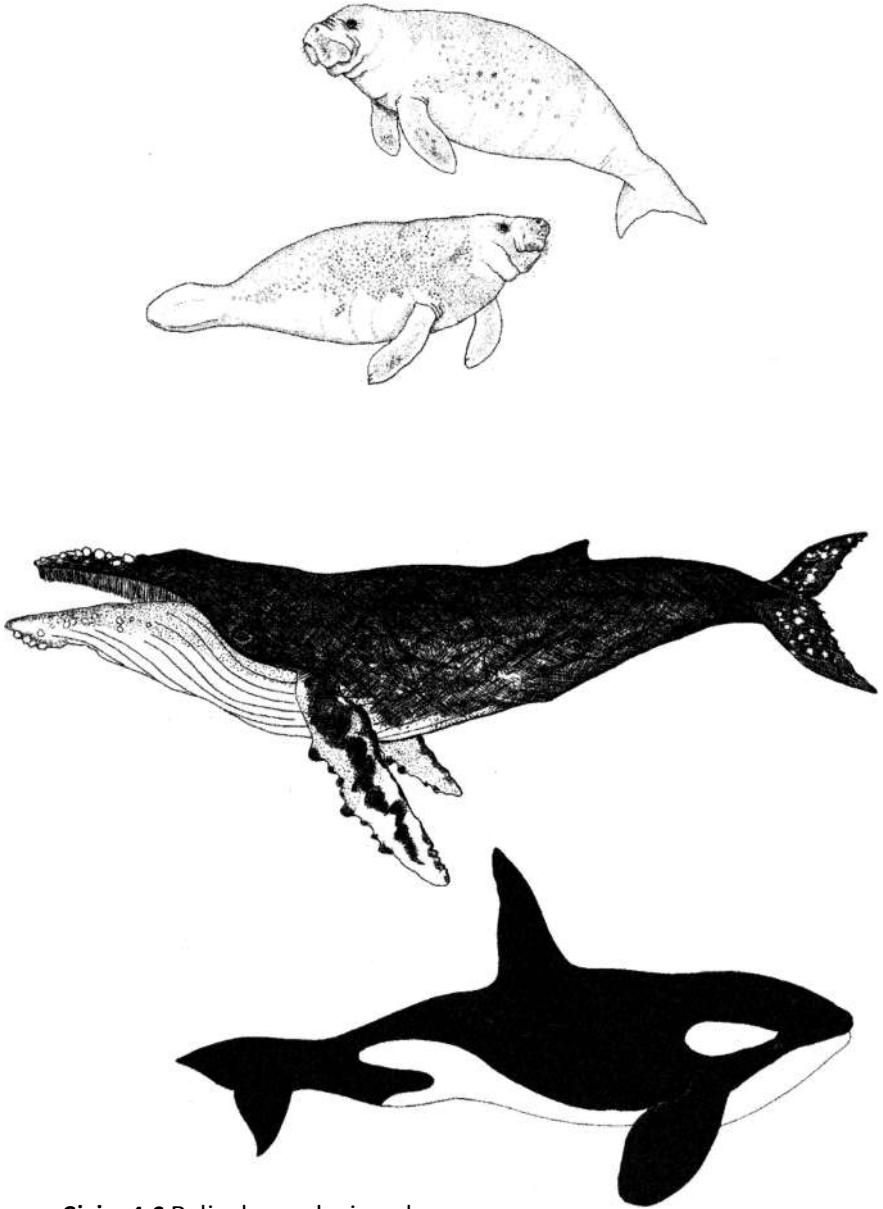
Tesadüf eseri ısı akımları sıklıkla “caddeler” halinde dü-zenlenmişlerdir ve bir planör pilotu bulutları okuyarak bu caddeleri önceden görebilir. İnsan planör pilotları gibi akba-balar da bu caddeleri takip etmekte uzmandırlar. Bazen, bir akbaba gitmek istediği doğrultuda hizalanmış iyi bir cadde bulduğunda, ısı akımlarının içinde daire çizmekle uğraşma-dan ısı akımından biraz kaldırma gücü sağlayarak cadde boyunca süzölür. Bir akbaba bu yolla daire çizerek yüksel-mek için duraksamaya ihtiyaç duymadan büyük mesafeler kat edebilir. Genellikle bunu sadece yuvalarından beslenme alanlarına gidip gelirken gerçekleştirirler. Bunun dışındaki çoğu zamanlarda akbabalar düz bir çizgi üzerinde uzun me-safeler kat etmiyor, onun yerine etrafta leş arayarak dolaşıp duruyorlardır. Ayrıca, bir gözlerini de sürekli diğer akbaba-lar üzerinde tutarlar. Herhangi biri bir leş bulup aşağı inerse, diğerleri de hemen fark eder ve hızla ona katılır. Bu şekilde, gökyüzünde bir dikkat dalgası yayılır, tıpkı İspanyol Donan-ması’nın geldiğini haber vermek amacıyla İngiltere üzerinde yayılan, tepe doruklarında yakılan ateşlerin dalgası gibi.

Bu “arkadaşları izleme” numarasının bir benzeri de beyaz leylekler tarafından başka bir amaçla Avrupa’nın kuzeyinden Afrika’nın güneyine olan yıllık göçlerinde kullanılır. Leylek-ler birkaç yüz bireye ulaşan gruplar halinde seyahat ederler. Akbabalar gibi beyaz leylekler de ısı akımları içinde döne-rek kendilerini yukarıya çıkarırlar, oradan süzölerek başka bir ısı akımı bulana kadar ilerlerler. Ama bir ısı akımı için-de beraberce çember çizip tırmanmalarına rağmen, oradan ayrılırken birbirlerine yakın bir sürü olarak değil, çizgi çizgi hizalanmış olarak yan yana uçarlar. Böylece geniş bir alanı kaplayarak süzöldüklerinden, içlerinden birisinin başka bir ısı akımına rastlama ihtimali artar. Biri yeni bir ısı akımına

rastladığında da, ona yakın komşuları leyleğin yükseldiğini fark eder ve gidip ona katılırlar. Bu yolla tüm leylekler sırayla akımı fark ederler ve grubun tamamı herhangi bir leyleğin keşfinden fayda sağlar.

Kuşlardaki uçmanın başlangıcı ile ilgili olarak hangi bakış açısını (ağaçtan süzülme mi, koşup zıplama mı) benimsersek benimseyelim, akbabalar, kartallar, leylekler ve albatroslar neredeyse kesin olarak ikincil süzülücülerdir. Süzülme tekniklerini kanat çırpma ve daha küçük olan atalarından evriltiler. Kuş uçuşunu ağaçtan süzülmeyle başlamış gören düşünce ekolü için, günümüzdeki akbabalar (yükseklik kazanmak için ağaçlara tırmanmak yerine ısı akımlarını kullanmalarına rağmen) bir kanat çırpma ara dönemi yoluyla süzülmeyle *geri dönüşü* temsil edecektirler. Bu teoriye göre bu kanat çırpma ara dönemi esnasında kuşların sinir sistemleri yeni bir devre sistemi ile birlikte kontrol ve manevra için yeni beceriler edindi. Bu yeni beceriler, kanat çırpmasız uçuşa geri döndüklerinde, onları daha verimli süzülücüler haline getirdi. Hayvanların çok daha eski yaşam biçimlerine geri dönmeleri oldukça yaygın görülür. Orijinal yaşam biçimlerinden yeni bir yaşam biçimine geçip o yeni biçimde evrimsel çiraklık yaptıktan sonra geri döndüklerinde, orijinal yaşam biçimleri için daha donanımlı hale gelmiş olmalarını tartışmak akla yakın olabilir. Ancak yüksekte süzülen kuşlar buna iyi bir örnek değildir çünkü kuşlarda uçmanın ilk olarak nasıl başladığı kesin değildir. Daha önceki bir yaşam biçimlerine dönen hayvanlara verilebilecek daha iyi anlaşılabilir örnek, karada milyonlarca yıl geçirdikten sonra suya geri dönen hayvanlardır. Bu bölümün finali olarak bu hayvanlara dönmemin sebebi de bu daha kolay anlaşılabilirliktir (Çizim 4.6).

Balinaların ve deniz ayılarının, (dugongların ve deniz ineklerinin) ataları elli milyon yıl önce karada yaşayan memelilerdi. Muhtemelen balinaların etçil, deniz ayılarının otçuldu. Bunların ve karada yaşayan diğer tüm hayvanların ataları daha da önceleri suda yaşayan balıklardı. Balinaların ve dugongların suya dönüşleri, bir tür yuvaya geri dönüştü. Her zaman olduğu gibi, bu sürecin de kademeli olarak ger-



Çizim 4.6 Balinalar ve deniz ayıları.

Karada yüz milyonlarca yıl yaşadktan sonra suya dönen hayvanlar: (Üstten itibaren) dugong, *Dugong dugon*; manati, *Iruhechus senegalensis*; kambur balina, *Megaptera novaeangliae*; katil balina, *Orcinus orca*.

çekleştüğinden emin olabiliriz. Suyu girmeye başladılar. Belki başlarda sadece beslenmek içindi, tıpkı günümüzdeki su samurunun yaptığı gibi. Karada aşamalı olarak gittikçe daha az ve daha az zaman geçirmiş olmalılar. Belki de günümüzdeki fokların temsil ettiği bir aşamadan geçtiler. Günümüzde artık suyu asla terk etmiyorlar ve kıyıya vururlarsa çaresiz kalıyorlar. Yine de üzerlerinde karada yaşamış atalarının çok sayıda hatırlatıcılarını taşıyorlar ve aynı zamanda tüm memeliler gibi sudaki bir önceki yaşamlarının çok daha eski kalıntılarına da sahipler. Balinalar hava solurlar çünkü kara hayvanı olan ataları sudan oksijen elde etme işlevini kullanmadıkları için solungaçları yok olmuştu. Ancak balinalar ve deniz ayıları da dâhil tüm memeliler embriyolarında solungaçların izlerini taşırlar: Bu izler sudaki uzak geçmişlerinin yanlış anlaşılması imkânsız kalıntılarıdır. Tatlı su salyangozları da uzun bir zaman önce karadan suya geri dönüş yapmış olan canlılardır ve hava solurlar. Onların da daha önceki ataları, günümüzdeki salyangozların çoğu gibi suda yaşadı. Salyangozlar denizden tatlı suya bir kara “köprüsü” vasıtasıyla gitmiş gibi görünmektedirler: Belki kara yaşamındaki bir şey bu geçişi kolaylaştırıyordur. Suyu geri dönen kara hayvanları arasında kaplumbağalar, su böcekleri, su örümcekleri ve nesilleri tükenmiş olan ihtiyozorlar ve plesiyozorlar bulunur. Kaplumbağalar sudan biraz oksijen almayı başarabilirler, ancak oksijeni solungaçları yardımıyla değil, ağızlarının iç doku yüzeyinden, bazı durumlarda da rektumun iç astarından alırlar. Bazı yumuşak kabuklu kaplumbağalarda ise, kabuğu kaplayan deri oksijen elde etmeye yardımcı olur. Su böcekleri ve su örümcekleri suya dalarken yanlarına bir hava kabarcığı alırlar. Bu hayvanların hepsi daha uzak atalarının sulu ortamına döndüler, ancak bu ortama vardıklarında, arada karada yaşadıkları deneyimlerinden dolayı işleri daha farklı yürütüyorlar.

Kara hayvanları suya döndüklerinde, sudaki yaşamın tam donanımını neden yeniden keşfedemiyorlar? Neden balinalar ve deniz ayıları yeniden solungaçlar geliştirip akciğerlerini kaybetmiyorlar? Bu soru bizi Olasılıksızlık Dağının bize

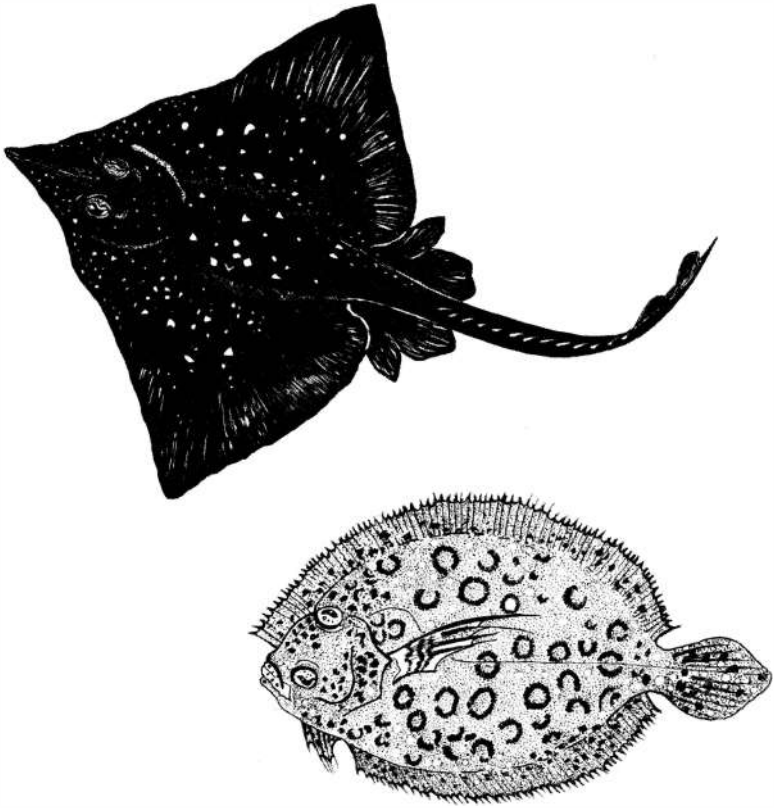
öğretmesi gereken bir diğer derse getirir. Evrimde ideal sonuçlar önem taşıyan tek etken değildir. Nereden başladığınız da bir fark yaratır: Dublin'e giden yol sorulduğunda "Ben olsam buradan başlamazdım," cevabını veren adamın hikayesindeki gibi. Olasılıksızlık Dağı birçok doruk noktasına sahiptir. Suda yaşamının birçok yolu bulunur. Sudaki oksijeni almak için yüzgeç kullanabilir ya da yüzeye çıkıp nefes alabilirsiniz. Sürekli olarak yüzeye çıkmak tuhaf biçimde külfetli bir iş gibi görünür. Belki öyledir, ama unutmayın ki balinaların ve deniz ayılarının ataları yola dağın hava soluma doruğuna yakın bir yerden başladılar. Tüm içsel detayları, havayı soludukları varsayımına göre ayarlanmıştı. Belki bu donanımları yeniden düzenleyip, antik solungaçlarının embriyonik kalıntıları üzerindeki tozları silkeleyerek balıklarla aynı noktaya ulaşabilirlerdi. Ancak bu, vücut altyapılarının muazzam bir şekilde çalkalanması anlamına gelirdi. İşin sonunda biraz daha yüksek olan bir zirveye tırmanma amacıyla mevcut bulunan zirveden vadiye geri inmek anlamına gelirdi. Darwinci teorinin uzun vadeli bir amaç doğrultusunda kısa süreli kötüleşmeye izin vermediğini ne kadar hatırlatsak azdır.

Vadiden aşağı inmiş olsalardı bile, sonunda ona tırmandıklarında bu solungaç doruğunun illaki bir önceki doruklarından daha yüksek olacağı anlamına gelmezdi. Suda yaşayan hayvanlar için solungaçlar akciğerlerden illaki daha iyi değildirler. Şüphe yok ki, nefes almak için yaptığınız işe ara verip yüzeye çıkmak zorunda kalmaktansa, nerede olursanız olsun sürekli nefes alıp verebilmek daha pratiktir. Ancak bizim bu yargımız, bizim her birkaç saniyede bir nefes alıp vermek zorunda olduğumuz ve hava kaynağımızda kısa bir kesinti olduğunda bile panik yaptığımız gerçeğinin etkisi altındadır. Denizde yaşadıkları milyonlarca nesil boyunca doğal seçilime uğradıklarından, ispermeçet balinaları tekrar nefes almaya gerek duymadan elli dakika suyun altında kalabilirler. Nefes almak için yüzeye gelmek, bir balınaya işemeye gitmek gibi geliyor olabilir. Ya da yemek yemeye. Nefes almayı sürekli hayati gereklilik yerine yemek yemek olarak düşün-

meye başlarsanız, her su altı yaratığının ideal olarak yüzgece sahip olmasının daha iyi olacağı düşüncesi daha bulanık hale gelir. Sinekkuşu gibi neredeyse sürekli olarak beslenen hayvanlar bulunur. Uyanık olduğu zamanların her birkaç saniyesinin ardından nektar emmesi gereken bir sinekkuşu için çiçekleri ziyaret etmek bir anlamda nefes alıp vermek gibidir. Çanta şekilli ve omurgalılarla uzaktan akraba deniz omurgasızları olan tulumlular adlı deniz hayvanları hiç durmaksızın vücutlarının bir ucundan diğer ucuna su pompalar, içlerinden geçen sudan minik yiyecek parçacıklarını filtrelerler. Böyle bir süzgeç beslenicisi için bir yemeğe denk gelen hiçbir şey yoktur. Bir sonraki yemeğini elde edebilmesi için gidip onu araması gerekeceği şeklindeki düşünce karşısında bir tulumlunun endişeden nefesi kesilebilirdi. Deniz tulumluları, birçok hayvanın öylece oturup içine sürekli yemek çekmek yerine neden saçma bir şekilde verimsiz ve tehlikeli olan “yemekleri arama alışkanlığına” sahip olduklarını pekâlâ merak edebilirdi.

Bütün bunlar bir yana, balinaların ve dugongların, karadaki yaşamlarının tüm tarihi üzerlerine yazılı bir şekilde denize geldiklerine şüphe yoktur. Eğer kasıtlı olarak deniz için yaratılmış olsalardı çok farklı olurlardı ve şimdi olduklarından çok daha fazla balıklara benzerlerdi. Her taraflarında kendi tarihleri yazılı olan hayvanlar, canlıların şu an sahip oldukları yaşam biçimleri için yaratılmadıklarının, çok farklı atalardan evrimleşerek geldiklerinin en görsel kanıtları arasındadırlar.

Dilbalıklarının ve pisibalıklarının da her taraflarına tarihleri kazınmıştır. Ama onlarda bu durum gülünç bir acayiplik noktasına ulaşmıştır. Yassı balık tasarlamak için sıfırdan işe koyulan akli başında hiçbir yaratıcı, her iki gözün de aynı tarafta olması için bu balıkların geçirdiği saçmalık derecesine varan kafa çarpıklığını kendi çizim tahtasında tasarlamazdı. En baştan itibaren vatozun veya tırpananın tasarımına benzer bir tasarıma yönelirdi kesinlikle. Tasarladığı balık karnı üzerinde durur, gözleri simetrik bir şekilde vücudun üstünde olurdu (Çizim 4.7). Ancak pisibalığı ve dilbalığının



Çizim 4.7 Yassı balık olmanın iki yolu: (Üstte) vatoz, *Raja batis*, karnı üzerinde duruyorken, (altta) dil balığı, *Bothus lunatus*, yan tarafına yatık duruyor.

vücutları, tarihleri yüzünden bükülmüştür. Çünkü ataları değişime başladığında bir yanlarına doğru yatmaya başlamıştı. Vatozlar ve tırpanalar ise zarif bir şekilde simetrikler çünkü onların geçmişi şans eseri farklıydı: Ataları deniz dibi yaşamına ayak uydurmaya başladığında bir yanlarına yatarak yassılaşmak yerine karınları üzerinde basıklaşarak yassılaşmışlardı. “Şans eseri” farklıydı derken bu farklılık için iyi bir sebep olmadığını kastetmek istemiyorum. Vatozlar ve tırpanalar köpekbalıklarının soyundan geldiler ve tipik olarak vücutları yanlardan basık ve bıçak gibi olan kemikli balıklara kıyasla zaten bir parça üstten basıklardı. Yanlardan basık vü-

cutlu ince bir balık kendi karnı üzerine yatamaz, bir tarafına doğru dönmek zorundadır. Dilbalıklarının ataları dibe yerleştiklerinde, Olasılıksızlık Dağında kendilerine en yakın zirveye doğru yarıştılar ve muhtemelen çok daha yüksek olan bir dağ zirvesi (vatoz/tırpana simetrik zirvesi) olduğu gerçeğine aldırmadılar. Oysa bu zirve, eğer vadiden biraz aşağı gitmek için kendilerini zorlasalardı, onları bekliyordu. Tekrar etmek gerekirse, Olasılıksızlık Dağının yamaçlarından aşağı doğru inmeye doğal seçim tarafından izin verilmez ve bu balıkların görüş açılarını eskisi gibi düzgün bir hale getirmek için bir gözlerini vücudun diğer tarafına dolaştırmaktan başka çareleri yoktu. Vatozların ataları da kendi en yakın basık balık zirvelerine doğru koşturdular. Onların durumunda bu değişim onları günümüzdeki simetrik zarafetlerine yönlendirdi. Elbette “başka seçenekleri yoktu” ve dağ zirvelerine doğru “koşturdular” şeklinde konuştuğumda, her zamanki gibi kastedilen tek bir balık bireyi değil. Kastedilen şey evrimsel soylar ve “seçenek” ifadesi evrimsel değişimin işe yarar alternatif yolları anlamına geliyor.

Aşağı doğru inmeye izin verilmediğini vurgulamıştım, ama *kim* tarafından izin verilmez? Ve *asla* mı izin verilmez? Her iki sorunun da yanıtı, bir nehrin halihazırdaki yatağının akış yönünden başka herhangi bir yönde akmasına “izin verilmemesi” ile aşağı yukarı aynıdır. Hiç kimse gerçekten suya bir nehrin iki kenarı arasında kalmasını emretmez ama iyi anlaşılan sebeplerden dolayı su genellikle orada kalır. Sadece bazı zamanlarda su nehir kenarlarından taşar ve hatta bazen kenarları patlatarak yeni bir yol açar ve bunun sonucu olarak nehrin sabit rotası değişebilir.

Evrilmekte olan bir soyun kısa bir süreliğine ters yönde gitmesine ve böylelikle Olasılıksızlık Dağının daha önce erişilmez olan bir zirvesine çıkabilmesine ne izin verebilirdi? Bu soru büyük genetikçi Sewall Wright'ın ilgisini çeken türden bir soruydu. Sözü açılmışken kendisi evrim için bir kır manzarası benzetmesini kullanan ilk kişiydi ve bu benzetme benim Olasılıksızlık Dağı benzetmemin atasıydı. Wright, 1920'ler ile 30'larda hırçın bir şekilde mücadele veren

üçlünün Amerikalı üyesiydi. Günümüzde yeni Darwincilik olarak adlandırdığımız şeyi kurmuşlardı. (Üçlünün diğer iki üyesi İngiliz'di: Eşsiz ve mücadeleci dâhiler R. A. Fisher ve J. B. S. Haldane. Adil olmak açısından eklemek gerekirse tüm hırçınlık Wright'dan değil, bu iki İngiliz'den kaynaklanmış görünür.) Wright fark etti ki, çelişkili bir biçimde, doğal seçim aşırı mükemmelliğe *karşı* bir kuvvet olabilirdi. Bunun sebebi tam olarak bizim az önce değinmekte olduğumuz şey yüzündendir. Vadiden aşağı inmek doğal seçim tarafından yasaklanmıştır. Dağın küçük bir bayırının tepesinde takılıp kalmış bir canlı türü, doğal seçim onu bu bayırın tepesinde hapsediği sürece daha yüksek zirvelere doğru kaçamaz. Şayet doğal seçim kısa bir süreliğine onun üzerinden elini çekseydi, bu canlı türü yavaş yavaş bayırdan aşağı iner ve daha yüksek bir zirvenin vadisine geçebilecek kadar uzaklaşmış olurdu. Vadiye bir kez vardığında, doğal seçim bir kez daha saldırmaya başladığı zaman, artık dağın daha yüksek yamaçlarına hızlıca evrilebileceği bir noktada olurdu. Öyleyse genel bir bakış açısından bakıldığında, evrimde iyileşme için bir reçete, güçlü seçim dönemlerinin arada sırada gevşeme dönemleriyle bölünmesidir. Belki de bu türden bir gevşeme gerçek dünyadaki evrimde gerçekten de önemlidir. Peki bu "gevşeme" ne zaman gerçekleşebilir? Bir olasılık, doldurulması gereken bir boşluk ortaya çıktığı zamanlar olabilir. Bu gevşeme küçük ölçüde, yaşanan alanın daha fazla nüfusu destekleyebilmesi yüzünden bir nüfus büyümekteyken gerçekleşir. Bir felaket tarafından silinip süpürülmüş bir kıta bakırken ilk kez kolonileştirildiğinde, altına hücum fırsatları ve seçim gevşemesi yaşanabilir. Belki dinazorların türlerinin yok olmasının ardından geride kalan memeliler öylesine büyük bir fırsatlar bayramı yaşadılar ki, bazı memeli soyları "gardlarını gevşetti" ve geçici olarak bayır aşağı indi ve böylece Olasılıksızlık Dağında normalde yasaklanmış oldukları daha yüksek zirveleri buldular.

Bir başka reçete de başka yerlerden taze genlerin kan naklidir. Örümcek ağları üzerine olan Bölüm 2'de daha sonra döneceğimi söylediğim nokta burası. Örümcek ağlarının AğÖ-

rücü modelinde benzeşimi yapılan ağ örücülerin sadece tek bir şeyli nüfusu yoktu. Paralel olarak evrilmekte olan üç ayrı bölge (“deme”) vardı. Bunlar üç farklı coğrafi alanda bağımsız olarak evriliyor olarak düşünülmüştü. Fakat işte önemli nokta: *Tamamen* bağımsız değillerdi. Sızarak başka nüfuslara damlayan genler vardı. Yani arada sırada bir birey bir nüfustan ötekine göç ediyordu. Olayı benim ortaya koyuş şeklim, bu göçmen genlerin, başka bir nüfustan gelen “taze” fikirlerin arada sırada nüfusa enjekte edilişi gibi bir şey olduğuydu ve şöyle söylemiştim: “Bu durum, başarılı bir alt nüfusun daha az başarılı olan bir nüfusa genler göndererek ağ yapma problemine daha iyi bir çözüm ‘önerisinde bulunması’ gibidir adeta.” Bu enjeksiyon, mecazi dağın daha yüksek bir zirvesine doğru tırmanmak için kaçak yolla içeri sokulmuş bir haritanın rehberliğini almaya eşdeğerdir.

Artık yaratılışçıların en favori hedeflerini ele almaya hazırız. Olasılıksızlık Dağının sunduğu en zorlu uçurumun tepesinde tehlikeli bir şekilde tüneyen ve normalde evrime inacak olan insanların kafasını karıştıran bir numaralı engel olan bu şey, göz.

Not: Bu kitap dizgiye gittikten sonra, J. H. Marden ve M. G. Kramer taş sinekleri üzerine büyüleyici bir çalışma yayınladılar. Bu çalışma, Olasılıksızlık Dağında gerçek kanat çırparak uçuşa doğru giden olası bir başka yol daha olduğunu öne sürüyor (Marden, J. H., & Kramer, M. G., 1995, “Böceklerin tam gelişmemiş kanatlarla hareket etme performansları”, *Nature*, 377, 332-4).

Taş sinekleri oldukça ilkel uçan böceklerdir. Burada ilkelden kasıt, her ne kadar günümüzde yaşayan hayvanlar olsalar da, günümüzde yaşayan diğer böceklerle kıyasla atalara daha çok benzediklerinin düşünülmektedir. Marden ve Kramer’in üzerinde çalıştığı belirli tür olan *Allocapnia vivipara*, kanatlarını kaldırıp onları rüzgârı yakalayacak yelkenler olarak kullanarak akarsuyun yüzeyinde sekerek hareket eder. Onların bu yelkencilik hızları yaklaşık olarak kanat uzunluklarıyla

orantılıdır. En küçük kanatlara sahip olan bireyler, hiç kanat oluşturmamış bireylerden daha hızlı sekerler. O en küçük kanatlar aşağı yukarı erken döneme ait fosil sineklerin hareket edebilen solungaç plakalarıyla aynı boyuttur. Belki de kanatsız atalar su yüzeyi üzerinde yaşadılar ve solungaç plakalarını yelken haline gelecek şekilde geliştirdiler. Sonrasında solungaç plakaları gittikçe daha verimli yelkenler haline gelecek şekilde büyürken Olasılıksızlık Dağına doğru düzgün bir yokuş tırmanışı gerçekleştirdiler. Bu hipotezde, kanat çırparak uçuşa doğru bir sonraki adıma gelirse, Marden ve Kramer bu amaca uygun bir başka gözlemde bulunmuştu. Taş sineklerinin bir başka türü olan *Taeniopteryx burksi* de su yüzeyi boyunca sekerek ilerler ama bunu yapmak için esintileri kullanmaz, kanatlarını çırpır. Belki de Olasılıksızlık Dağının uçuşma doğuşuna doğru giden böcekler *Allocapnia* cinsi gibi bir yelkencilik aşamasından geçerek *Taeniopteryx* cinsi gibi yüzeyde kanat çırpma aşamasına ilerlediler. Kanat çırpma hafif böcekler su yüzeyi üzerinde vızıldayarak ilerlerken, arada sırada ani rüzgârlarla havaya kaldırılıyor olabileceklerini hayal etmek zor değildir. Sonrasında çırpıtları kanatlar gittikçe artan bir süre boyunca onları havada tutarken, kanat çırparak uçuş zirvesine tırmanan ek bir yokuş daha ortaya çıkmış olacaktır.

BÖLÜM 5

AYDINLANMAYA GİDEN KIRK AŞAMALI YOL

Tüm hayvanların kendi dünyalarıyla ve o dünya içindeki nesnelerle baş etmeleri gerekir. Nesnelerin üzerinden yürürler, altından sürünürler, çarpmaktan kaçınırlar, onları alırlar, onları yerler, onlarla çiftleşirler, onlardan kaçarlardı. Evrimin henüz genç olduğu jeolojik şafakta, hayvanlar nesnelerin orada olduklarını daha anlayamadan önce onlarla fiziksel temas kurmak zorundaydılar. Bir uzaktan algılama teknolojisi, yani çarpmadan önce bir engelin, yakalanmadan önce bir avcının, ulaşma mesafesinde olmayan ama çevrede herhangi bir yerde olabilecek yiyeceğin varlığından haberdar olma teknolojisini geliştirecek ilk hayvanı ne kadar da büyük bir fırsatlar denizi bekliyordu. Peki bu yüksek teknoloji ne olabilirdi?

Güneş, yaşamın kimyasal çarklarını döndürmekte kullanılan enerjiyi sağlamakla kalmadı. Aynı zamanda bir yol bulma teknolojisi fırsatını da sundu. Güneş dünya yüzeyinin her milimetrekaresini fotonlarla yayılım ateşine tuttu. Fotonlar evrenin izin verdiği en yüksek hızda düzgün bir çizgi halinde yol alan atom altı parçacıklardır. Dünya üzerindeki delikler-

den ve çatlaklardan içeri girip oradan oraya sekerek girilmedik bir kuytu, bulunmadık bir yarık bırakmazlar. Fotonlar düz bir çizgide ve son derece hızlı ilerledikleri, bazı maddeler tarafından diğerlerine kıyasla daha fazla soğuruldukları, bazı maddeler tarafından diğerlerine kıyasla daha çok yansıtıldıkları ve her zaman çok sayıda olup sürekli her yere yayıldıkları için, muazzam doğrulukta ve güçte uzaktan algılama teknolojileri için gerekli fırsatı sağladılar. Gerekli olan sadece iki şey vardı: Fotonları saptamak ve ondan daha zor bir iş olan hangi yönden geldiklerini çözmek. Bu fırsat kullanılabilecek miydi? Üç milyar yıl sonrasında bu cevabın ne olduğunu biliyorsunuz çünkü bu kelimeleri görebiliyorsunuz.

Darwin gözü ünlü bir şekilde “Aşırı uçta mükemmelliğe ve karmaşıklığa sahip organlar” konulu tartışmasına giriş olarak şöyle kullandı:

Gözün, odağı farklı uzaklıklara ayarlamak, farklı miktarlarda ışığı içeri almak, küresel ve renksel sapmaları düzeltmek için kullandığı eşsiz düzenekleriyle beraber doğal seçim tarafından şekillendirilmiş olabileceğini varsaymak, açıkça itiraf ediyorum ki olası en üst derecede saçmalık olarak görünüyor.

Darwin’in tam bu noktada eşi Emma’nın yaşadığı güçlüklerden etkilenmiş olması olasıdır. *Türlerin Kökeni* eserinden on beş yıl önce, doğal seçim yoluyla evrim teorisinin ana hatlarını çizen uzun bir makale yazmıştı. Eşi Emma’dan eğer ölürse bu makaleyi yayınlamasını istemişti ve okumasına izin vermişti. Emma’nın makalenin kenarlarına aldığı notlar günümüzde hala durmaktadır ve Emma’nın, özellikle Darwin’in insan gözünün “küçük ama her seferinde faydalı sapmaların aşamalı olarak seçimiyle elde edilmiş olması olasıdır” şeklindeki önermesini seçerek işaretlemiş olması ilginçtir. Emma’nın buradaki notu şu şekildeydi: “Büyük bir sanı/E.D.” *Türlerin Kökeni*’nin yayınlanmasından çok sonra, Amerikalı bir meslektaşına yazdığı bir mektupta Darwin şöyle bir itirafta bulunmuştu: “Göz bugün bile hala tüylerimi ürpertiyor ama iyi bilinen ara kademeleri düşününce, mantı-

ğım bana bu ürpermeye üstün çıkmam gerektiğini söylüyor.” Darwin’in bu ara sıra ortaya çıkan şüpheleri muhtemelen Bölüm 3’ün başında alıntısını yaptığım fizikçinin şüphelerine benziyordu. Ancak Darwin kendi şüphelerini, üzerlerinde düşünmeye devam etmek için bir meydan okuma olarak gördü, pes etmek için tam vaktinde gelen bir bahane olarak değil.

Bu arada sadece tek bir göz dersek probleme adil yaklaşmış olmayız. Hayvanlar âleminin farklı bölümlerinde gözlerin kırktan az olmayacak ve muhtemelen altmıştan fazla kez birbirlerinden bağımsız olarak evrildiği, uzmanlar tarafından şüpheye yer bırakmayacak şekilde hesaplanmıştır. Bazı vakalarda bu gözler kökten farklı prensipler kullanırlar. Birbirlerinden bağımsız bir şekilde evrilmiş olan bu kırk ila altmış gözde, dokuz farklı prensip fark edilmiştir. Bölümde ilerlerken bu dokuz temel göz türünün bazılarına değineceğim (biz bunları Olasılıksızlık Dağının *kaya kitlesi* üzerindeki farklı yerlerde bulunan dokuz ayrı zirve olarak düşünebiliriz).

Bu arada, bir şeyin iki farklı hayvan grubunda, birbirlerinden bağımsız bir şekilde evrimleştiğini nasıl anlayabiliyoruz ki? Örneğin yarasalar ile kuşların kanatlarını birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdiklerini nereden biliyoruz? Yarasalar, gerçek kanatlara sahip olma konusunda memeliler arasında eşsizdirler. Memelilerin atalarının kanatlı olması ve yarasalar dışında diğer tüm memelilerin sonradan bu kanatları kaybetmiş olmaları teoride mümkün olabilirdi. Fakat bunun olması için gerçekçi olamayacak kadar çok bağımsız kanat kaybının gerçekleşmiş olması gerekirdi ve kanıtlar öyle bir şeyin olmadığına işaret ederek bu konudaki sağduyumuzu destekliyor. Atasal memeliler ön uzuvlarını uçmak için değil, onların soyundan gelenlerin çoğunluğunun hala yaptıkları gibi yürümek için kullanıyorlardı. Gözlerin hayvanlar aleminde birçok kez sıfırdan yükseldiğini çözen insanlar da buna benzer bir mantık yürütme aracılığıyla sonuca ulaşmıştı. Buna ek olarak, gözün embriyodaki gelişiminin detayları gibi diğer bilgileri de kullanabiliriz. Örneğin hem kurbağalar hem de mürekkep balıkları kamera benzeri iyi gözlerle sahiptir fakat bu gözler onlara ait embriyolarda o kadar farklı yollarla gelişirler

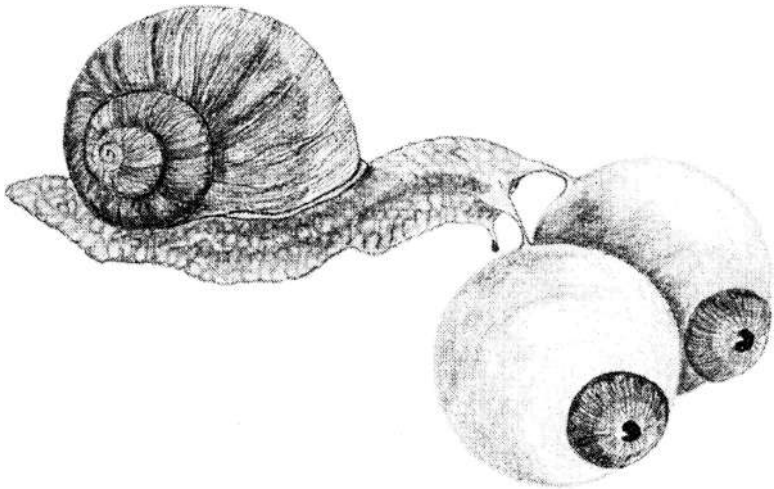
ki, birbirlerinden bağımsız bir şekilde evrimleştiklerine emin olabiliriz. Bu durum, kurbağa ile mürekkep balığının ortak atasının herhangi bir türde gözden yoksun olduğu anlamına gelmez. Günümüzde hayatta olan tüm hayvanların (belki de bir milyar yıl önce yaşamış olan) ortak atası gözlere sahip olsaydı, buna şaşırmazdım. Belki de ışığa duyarlı pigmentlerden (boya maddelerinden) oluşan bir tür ilkel dokuya sahipti ve sadece geceyle gündüzü ayırt edebiliyordu. Ancak gelişmiş bir görüntü oluşturma cihazı olma anlamındaki gözler birçok kez bağımsız olarak evrilmiştir. Bazen birbirleriyle benzer tasarımlarda buluşmuşlar bazen de temelden farklı tasarımlarla çıkagelmişler. Oldukça yakın zamanda, gözün hayvanlar âleminin farklı bölümlerindeki bağımsız evrimi sorusuna ışık tutan heyecan verici bazı yeni kanıtlar bulundu. Bölümün en sonunda onlara döneceğim.

Hayvan gözlerinin zengin çeşitliliğini incelerken, sıklıkla her göz tipinin Olasılıksızlık Dağının yamaçlarında nerede bulunduğundan bahsedeceğim. Fakat bu gözlerin hep günümüzdeki hayvanlara ait olduğunu, gerçek atalara ait olmadığını unutmayın. Bu gözlerin atalarda bulunan göz türleriyle ilgili bize bazı ipuçları verebileceklerini düşünmek uygun olur. Olasılıksızlık Dağına tırmanan yolun ortasında yer aldığını düşündüğümüz göz türlerinin aslında işe yarar olduklarını gösterecekler en azından. Bu gerçekten fark yaratan bir şey çünkü daha önce de ifade ettiğim gibi hiçbir hayvan yaşamını evrimsel bir yoldaki ara geçiş formu olarak idame ettirmemiştir. Bizim daha gelişmiş bir göze doğru giden bir patikada yer alan bir yol istasyonu olarak düşünebileceğimiz bir göz, o hayvanın kendisi için en hayati organ olabilir ve kuvvetle muhtemel yaşam biçimi için ideal gözdür. Örneğin yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturan gözler çok küçük hayvanlar için uygun değildir. Yüksek kaliteli gözler belli bir boyuttan büyük olmalıdırlar (bu büyüklük hayvanın vücuduna kıyasla göreceli olan değil, mutlak bir büyüklüktür) ve gözler ne kadar büyürse o kadar iyi olurlar.¹ Büyük bir

1 -ed.n. Cep telefonlarımızın arkasındaki kamera çıkıntılarının gittikçe büyümesinin sebebi de bu olmalı.

göz büyük ihtimalle küçük bir hayvanın üretemeyeceği kadar masraflı ve taşıyamayacağı kadar ağır ve iri olurdu. Bir salyangoz eğer insan gözlerinin görme gücüne sahip gözlere sahip olsaydı oldukça komik gözükürdü (Çizim 5.1). O anki ortalamadan çok az miktarda daha büyük olan gözleri geliştiren salyangozlar rakiplerine kıyasla daha iyi görebilirler. Fakat daha büyük bir ağırlığı etrafta taşımanın faturasını da ödemek zorunda kalırlardı ve böylelikle hayatta kalma şansları düşerdi. Bu arada, şimdiye kadar kaydedilmiş en büyük göz muazzam bir boyut olan 37 santimetre çapındadır. Böyle büyük gözleri taşımayı kaldırabilen deniz canavarı, 10 metrelik dokunaçlarıyla dev bir mürekkep balığıdır.

Olasılıksızlık Dağı benzetmesinin sınırlamalarını kabul etmiş olarak, gelin görme ile ilgili olan yokuşun en dibine inelim. Burada bulacağımız şey, aşırı derecede basit oldukları için göz olarak anılmayı hak etmeyecek görme araçlarıdır. Genel vücut yüzeyinin ışığa az miktarda duyarlı olduğunu söylemek daha doğru olacaktır. Bu durum, bazı tek hücreli organizmalar, bazı denizanaları, denizyıldızları, sülükler ve diğer birçok kurtçuk türü için geçerlidir. Böylesi hayvanlar bir görüntü oluşturma yeteneğinden yoksundurlar ve hatta



Çizim 5.1 İnsanlarınkı kadar iyi görmeye yetecek büyüklükte gözleri olan düşsel salyangoz.

ışığın hangi yönden geldiğini bile ayırt edemezler. (Zayıf bir biçimde) algılayabildikleri tek şey, etrafta bir yerlerde (parlak) ışığın olduğudur. Tuhaf bir biçimde, hem erkek hem de dişi kelebeklerin üreme organlarında ışığa tepki veren hücrelerin varlığına dair sağlam kanıtlar bulunur. Bunlar görüntü oluşturan gözler değildirler ama ışığın varlığı ve yokluğu arasındaki ayrımı fark edebilirler ve gözün uzak evrimsel kökeninden konuşurken bahsettiğimiz başlangıç noktasını temsil ediyor olabilirler. Kelebeklerin bu hücreleri nasıl kullandığını bilen kimse yok gibi. Benim bu bilgi için kaynağım olan eğlendirici kitap *Cinsel Seçilim ve Hayvan Üreme Organları* adlı kitabın yazarı William Eberhard'ın bile bir fikri yok.

Olasılıksızlık Dağının dibindeki düzlüğü, ışıktan hiç etkilenmeyen atasal hayvanların bulunduğu yer olarak düşünersek, deniz yıldızlarının ve sülüklerin (ve kelebek üreme organlarının) yön belirleyici olmayan ışığa duyarlı derileri, dağ patikasının başladığı alt yamaçlardan sadece çok az bir miktarda yukarıdadırlar. Bu patikayı bulmak zor değildir. Esasında ışığa karşı tamamen duyarsızlık “düzlüğü” her zaman küçük bir düzlük olmuş olabilir. Canlı hücrelerin ışıktan bir şekilde etkilenmemeleri neredeyse ellerinde bile olmuyor olabilir; bu olasılık kelebeklerin ışığa duyarlı üreme organlarını daha az tuhaf hale getirir. Bir ışık ışını doğrusal bir foton akımından oluşur. Bir foton ilerlerken renkli bir maddenin molekülüne çarptığında yolundan alı konulabilir ve çarpılan molekül, aynı molekülün farklı bir formuna dönüşür. Böyle bir şey gerçekleştiğinde bir miktar enerji salınır. Yeşil bitkilerde ve yeşil bakterilerde bu enerji, fotosentez adı verilen süreç yoluyla besin molekülleri üretmek için kullanılır. Hayvanlarda ise bu enerji, bir sinirde bir tepkimeyi tetikleyebilir ve bu tetikleme görme olarak adlandırılan sürecin ilk adımını (bizim göz diyebileceğimiz gözlere sahip olmayan hayvanlarda bile) oluşturur. Geniş bir çeşitliliğe sahip olan renkli pigmentlerden herhangi birisi kaba bir yolla bu işi görecek. Böylesi pigmentler etrafta boldur ve ışığı tutma dışındaki çok sayıda amaç için de kullanılırlar. Olasılıksızlık Dağının yamaçlarından tırmanan ilk titrek adımlar, pigment mole-

küllerinin aşamalı olarak iyileştirilmesine bağlı olmalıdırlar. Çok eğimli olmayan sürekli bir iyileşme yokuşu vardır orada, küçük adımlarla tırmanılması kolaydır bu yokuşa.

Bu alçak bölge yokuşu, canlı ışık hücrelerinin (fotosellerin) evrimi için yukarı doğru ilerlemeyi hızlandırır. Işık hücreleri, fotonları pigmentlerle yakalayıp onları sinir uyarılarına dönüştürmekte uzmanlaşmış hücrelerdir. Retinada bulunan ve fotonları yakalamakta uzmanlaşmış olan hücreleri adlandırmak için ışık hücreleri kelimesini kullanmaya devam edeceğim (fotonları yakalamakta uzmanlaşmış bu hücreler biz insanlarda çubuk ve koni hücreleri olarak adlandırılırlar). Tüm ışık hücrelerinin kullandığı numara, foton yakalamada kullanılacak mevcut pigment katmanlarının sayısını arttırmaktır. Bu önemlidir çünkü bir fotonun herhangi bir pigment katmanının bir yüzünden girip diğer yüzünden hiç etkilenmemiş bir şekilde çıkması oldukça muhtemeldir. Ne kadar çok pigment katmanına sahipseniz, fotonları yakalama olasılığınız o kadar büyüktür. Kaç fotonun tutulup, kaçının aradan geçerek gittiği neden önemli olsun ki? Her zaman işe yarayacak bol bol foton bulunmaz mı? Hayır bulunmaz ve bu nokta gözlerin tasarımını kavramamız açısından en önemli noktadır. Bir tür foton ekonomisi bulunur. Bu foton ekonomisi, insan parasal ekonomisi gibi kötü karakterli ve kaçınılamaz ödünümeler içeren bir ekonomidir.

Bu ilginç ekonomik ödünleşmeleri incelemeye başlamadan bile önce, kesinlikle emin olabiliriz ki, fotonlar bazı zamanlarda az bulunur şeylerdirler. Soğuk ve yıldızlı bir 1986 gecesinde iki yaşındaki kızım Juliet'i uyandırdım ve battaniyelere sararak onu bahçeye taşıdım. Uykulu yüzünü Halley kuyruklu yıldızının bulunduğu ilan edilmiş yöne doğru çevirdim. O anda ona anlattığım şeyleri anlamıyordu fakat ben inatla kulağına bu kuyruklu yıldızın hikayesini fısıldadım. Bu kuyruklu yıldız benim bir daha göremeyeceğimin kesinliğini ve yetmiş sekiz yaşına ulaşabilirse belki onun bir kez daha görebileceğini ekledim. Onu uyandırmamın sebebini açıkladım. Böylelikle 2062 yılında torunlarına bu kuyruklu yıldız daha önce de gördüğünü söyleyebilecekti ve belki de

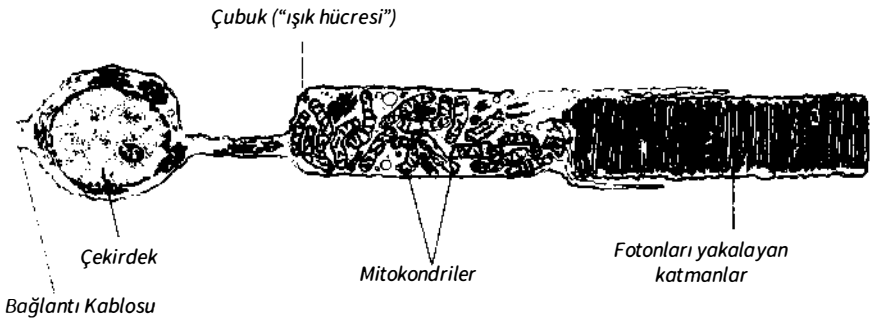
bu kuyrukluyıldızı ona göstermek için gecenin bir yarısında onu dışarı donkişotvari bir hevesle taşıdığı için babasını hatırlayacaktı. (Kulağına donkişotvari ve heves kelimelerini bile fısıldamış olabilirim çünkü küçük çocuklar dikkatle hecelenen bilmedikleri kelimelerin sesinden hoşlanırlar.)

1986 senesindeki o gece, Halley kuyrukluyıldızından çıkan birkaç foton bir ihtimal Juliet'in retinasına gerçekten de temas etmiş olabilir ama samimi olmak gerekirse ben bile kendimi kuyrukluyıldızı görebildiğime ikna etmekte zorlanmıştım. Bazen soluk ve grimsi bir lekeyi aşağı yukarı kuyruklu yıldızın bulunduğu söylenen yerde çıkarır gibi oluyordum. Geri kalan zamanlarda ise leke sönüp gidiyordu. Sorun retinalarımızın üzerine düşen fotonların sayısının sıfıra yakın olmasıydı.

Fotonlar, yağmur damlaları gibi rastgele zamanlarda gelirler. Yağmur düzgün bir şekilde yağarken yağmur yağdığı gerçeğinden kesinlikle hiç şüphe etmeyiz ve şemsiyemizin çalınmamış olmasını dileriz. Ama yağmur azar azar yağmaya başladığında, tam olarak hangi anda başladığına nasıl karar veririz? Tek bir yağmur damlasını hisseder ve endişeli bir şekilde yukarı bakarız. İkinci veya üçüncü damla düşene kadar ikna olmayız. Yağmur böyle süreksiz bir şekilde atıştırırken, bir kişi yağmurun yağdığını söylerken yanındaki arkadaşı bunu yalanlayabilir. Yağmur damlaları diğer arkadaşına ilk kez düşmeden bir dakika önce ilkinin üzerine düşecek kadar seyrek olabilir. Işığın olduğuna gerçekten ikna olabilmemiz için fotonların retinamız üzerine oldukça yüksek bir oranda damlaması gerekir. Juliet ve ben, Halley kuyruklu yıldızının olduğu genel istikamete bakarken, kuyrukluyıldızdan gelmekte olan fotonlar retinalarımızdaki ışık hücrelerinin her birine muhtemelen kırk dakikada bir gibi fantastik derecede düşük bir sıklıkla çarpıyorlardı! Bunun geldiği anlam, herhangi bir ışık hücresi "Evet burada ışık var," derken, komşu ışık hücrelerinin ezici çoğunluğunun ışık yok demesidir. Benim o zaman kuyrukluyıldız şeklindeki bir nesneye dair hayal meyal da olsa bir şekil algılamış olmamın tek sebebi, beynimin yüzlerce ışık hücresinin kararlarının bir özetini çıkarıyor ol-

masıydı. İki ışık hücresi bir ışık hücresinden daha çok foton yakalar. Üç ışık hücresi iki ışık hücresinden daha çok yakalar ve bu şekilde Olasılıksızlık Dağının yokuşları yükselir. Bizim gözlerimiz gibi gelişmiş gözler, bir halının ilmekleri gibi sıkı bir şekilde yan yana dizilmiş milyonlarca ışık hücresine sahiptir ve her biri olabildiğince fazla foton yakalamak için kendi içinde düzenlenmiştir.

Çizim 5.2 insanda bulunan tipik bir gelişmiş ışık hücresini gösterir fakat diğer hayvanlardaki ışık hücreleri de büyük ölçüde aynıdır. Resmin ortasında kurtçuk kolonisi gibi gözüken şeyler mitokondrilerdir. Mitokondriler hücrelerin içinde yaşayan küçük hücreciklerdir. İlk olarak parazit bakterilerden türeyen bu hücrecikler zamanla hücrelerin işleyişine entegre olmuş, enerji üretimi konusunda vazgeçilmez yapılar haline gelmişlerdir. Işık hücresini sınırlara bağlayan tel, resmin sol tarafında başlamaktadır. Resmin sağında askeri düzende sıralanmış dikdörtgen biçimindeki zarif zar dizileri fotonların yakalandıkları yerdir. Her katman, içinde hayati önemdeki foton yakalayıcı pigment moleküllerini içerir. Ben bu resimde doksan bir tane zar katmanını saydım. Kesin sayı kritik önemde değil, söz konusu olan şey foton tutmak olduğu sürece sayıları ne kadar fazla olursa o kadar iyidir, gerçi çok fazla katman olmasını engelleyecek genel maliyetler olacaktır. Buradaki nokta, doksan bir zarın fotonları tutma konusunda doksan zardan daha etkili olmasıdır ve doksan zar



Çizim 5.2 Foton yakalama aleti ya da "biyolojik ışık hücresi":

Bir insana ait tek bir (çubuk) retina hücresi.

seksen dokuz zardan daha etkilidir ve bu şekilde tek bir zara kadar geri gider. Ki bir zar bile sıfır zardan daha çok işe yarar. Bu, Olasılıksızlık Dağına çıkan düzgün bir yokuş var derken anlatmak istediğim türde bir şeydir. Sözelimi, kırk beşten fazla zar oldukça etkiliyken kırk beşten az herhangi bir sayıda zar tamamen etkisiz olsaydı sarp bir uçurumla karşı karşıya kalmış olurduk. Ne sağduyuyu ne de kanıtlar bizi böyle bir süreksizliğin var olabileceğinde dair şüphelere yönlendiriyor.

Daha önce gördüğümüz gibi mürekkep balıkları omurgalılardan bağımsız olarak onlarınkine benzer gözler geliştirdiler. Işık hücreleri bile oldukça benzerdir. Ana fark, mürekkep balığındaki pigment katmanların disk yığınları şeklinde istiflenmek yerine içi boş bir tüp etrafına geçirilmiş halkalar gibi paketlenmiş olmalarıdır. (Evrimde bu tür yüzeysel farklılıklar yaygındır ve bu durum, sözelimi İngiliz elektrik anahtarının aşağı, Amerikan elektrik anahtarının ise yukarı basılınca ışığı yakmasıyla benzeşen aynı alakasız sebepten dolayıdır.) Tüm gelişmiş hayvan ışık hücreleri aynı numaranın farklı versiyonlarını oynarlar. Yani fotonlar yakalanmadan kaçmasınlar diye, içinden geçmeleri gereken pigment yüklü zarların katmanlarının sayısını arttırmaları. Olasılıksızlık Dağına bakış açısından bakıldığında önemli nokta, hâlihazırda kaç tane katman olursa olsun, bir tane daha katmanın fotonların tutulma olasılığını az da olsa arttırıp arttırmadığıdır. En nihayetinde, fotonların çoğu tutulduğunda daha fazla katmanların giderek artan maliyetleri için, bir azalan verimler yasası¹ geçerli olacaktır.

Elbette göz ardı edilebilecek kadar az sayıda foton yansıtan ve yetmiş altı yılda bir geri dönen Halley kuyruklu yıldızını algılamak için vahşi hayatta çok fazla talep bulunmaz. Fakat ay ışığıyla (hatta bir baykuşsanız yıldız ışığıyla) görebilecek kadar hassas gözlerle sahip olmak oldukça faydalıdır. Tipik bir

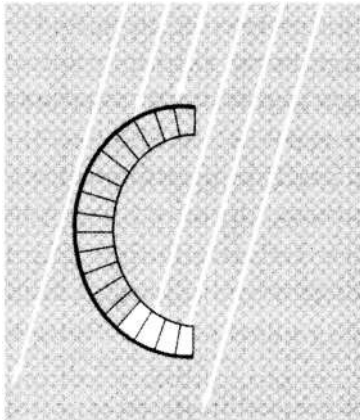
1 -ed.n. Ekonomide Azalan Verimler Yasası, bir üretim faktörünün miktarının arttırılmasına karşılık olarak sağlayacağı faydayı inceleyen kavramdır. Örnek olarak, yetersiz işçisi olan bir fabrikaya alınan birkaç ek işçi üretimde büyük artışlara sebep olabilecekken, bir noktadan sonra alınacak ek işçilerin üretime katkıları gittikçe azalmaya başlayacak ve nihayetinde alınacak her ek işçinin üretimi arttırmak yerine azaltacağı bir nokta gelecektir. en.wikipedia.org/wiki/Diminishing_returns

gecede herhangi bir ışık hücremiz yaklaşık saniyede bir tane foton alabilir. Hiç kuşkusuz kuyrukluyıldızinkinden daha yüksek bir orandır bu. Ancak yine de gelen her fotonu kaçırmadan yakalamanın hayati önemde olacağı kadar düşüktür. Fakat fotonların acımasız ekonomisinden konuşurken, bu acımasızlığın geceyle sınırlı olduğunu varsaymak oldukça yanlış olacaktır. Parlak güneş ışığı altında fotonlar retinayı tropikal sağanak gibi dövebilirler ama hala bir problem bulunur. Bir görüntü desenini ayırt etmenin esası, retinanın farklı kısımlarındaki ışık hücrelerinin desendeki değişik ışık yoğunluklarını rapor etmelerinin gerekmesidir. Bu rapor foton sağanağının değişik yerlerindeki yağış sıklıklarını ayırt etmekle gerçekleştirilebilir. Manzaranın farklı yerlerindeki ince detaylardan gelen fotonların sınıflandırılması sırasında bazı yerel bölgelerde fotonlar açısından fakirlik oluşabilir. Bu fakirlik geceleyin fotonların nadirliği kadar ciddi bir miktardadır. Şimdi yöneleceğimiz konu işte bu sınıflandırma konusu.

Tek başlarına fotoseller hayvana sadece ışığın olup olmadığını söylerler. Hayvan geceyle gündüzü ve örneğin bir avcının varlığına işaret edebilecek bir gölgenin kendi üzerine düşüp düşmediğini ayırt edebilir. Gözün daha iyi hale gelmesinin bir sonraki adımı, gelen ışığın yönüne dair kaba bir duyarlılık edinmek olmuş olmalıdır. Böylece gölgelerin hareketleri de kabaca anlaşılabilir ve sözgelimi bir yırtıcının hayra alamet olmayan gölgesinin yaklaşmakta olduğu fark edilebilir. Bu yeteneklere ulaşmanın asgari yolu, ışık hücrelerinin tek bir taraflarına karanlık bir perde koymaktır. Bir tarafında karanlık bir perdeye sahip olmayan şeffaf bir ışık hücresi her yönden ışık alır ve ışığın nereden geldiğini ayırt edemez. Kafasında sadece tek bir ışık hücresi olan bir hayvan, ışık hücresinin arkasında bir perde olması durumunda ışığa doğru yönelebilir veya ondan uzaklaşabilir. Bunu yapmanın basit bir yöntemi, kafayı bir sarkaç gibi yanlara sallayıp durmaktır: "Eğer iki uçtaki ışığın yoğunluğu eşit değilse, eşitlenene kadar kafanın yönünü değiştir." Işığın geldiği yönün tam aksi istikametinde kaçmak için bu yöntemi kullanan kurtçuklar bulunur.

Fakat kafanızı iki yana sallamak, ışığın yönünü tespit etmenin ilkel bir yöntemdir, Olasılıksızlık Dağının en alçak yokuşları için uygundur. Daha iyi bir yöntem, her birinin arkasına karanlık bir perde yerleştirilmiş olan, farklı yönlere bakan birden çok ışık hücresine sahip olmaktır. Sonrasında iki hücrenin üzerine düşen foton yağmurunun sıklığını birbirleriyle kıyaslayarak ışığın yönü hakkında çıkarımlarda bulunabilirsiniz. Eğer tamamen ışık hücreleriyle döşenmiş bir halıya sahipseniz, daha iyi bir yol halıyı arkasındaki karanlık perdeyle birlikte bir kavis oluşturacak şekilde bükmek olacaktır. Böylece bu kavisin farklı yerlerinde bulunan ışık hücreleri sistematik bir şekilde farklı yönlere bakacaktır. Bir dışbükey kavis, nihayetinde böceklerin sahip oldukları türden bir “bileşik gözü” doğurabilir ve bu göz çeşidine daha sonra döneceğim. Bir içbükey kavis bir kasedir ve diğer ana göz türünü, yani bizimki gibi kamera gözlerini doğurur. Bir kâsenin farklı farklı yerlerindeki ışık hücreleri farklı yönlerden gelen ışıklarla tetiklenecektir ve kâsede ne kadar çok hücre olursa ayırım o kadar yüksek çözünürlüklü olacaktır.

Işık ışınları (uçlarında ok olan paralel beyaz çizgiler) kâsenin arkasındaki kalın siyah perde tarafından tamamen durdurulurlar (Çizim 5.3). Beyin hangi fotosellerin tetiklenip hangilerinin tetiklenmediğini takip ederek ışığın hangi yönden geldiğini saptayabilir. Ola-

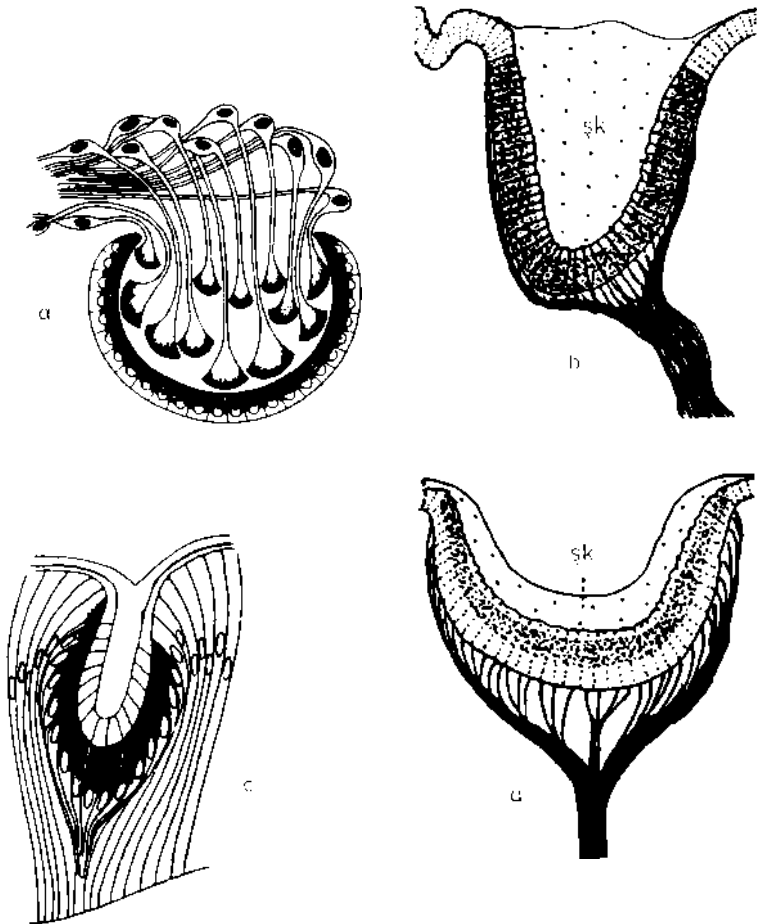


Çizim 5.3 Basit bir kâse göz ışığın geldiği yönü saptayabilir.

sılıksızlık Dağına tırmanma açısından bakıldığında önemli olan şey, ışık hücreleriyle döşenmiş düz bir halı sahibi olan hayvanlarla kâseli hayvanları birbirine bağlayan sürekli bir evrimsel kademelenmenin, yani dağa tırmanan hafif bir eğimin bulunmasıdır. Kâseler sürekli küçük derecelerle kademeli olarak derinleşebilir veya kademeli olarak düzleşebilirler. Kâse ne kadar derinse,

gözün farklı yönlerden gelen ışığı ayırt etme yeteneği o kadar fazla olur. Dağda hiçbir sarp uçurumun üzerinden atlamaya gerek yoktur.

Bunun gibi kâse gözler hayvanlar âleminde yaygındır. Çizim 5.4, deniz minaresi, tüplü kurt, deniz tarağı ve yassı kurdun gözlerini göstermektedir. Bu gözler, kâse şekillerini büyük olasılıkla birbirlerinden bağımsız olarak evrimleştirmişlerdir. Bağımsız evrilme, ışık hücrelerini kâsenin *içinde* muhafaza ederek ayrı kökenini açığa vuran yassı kurt (Çizim

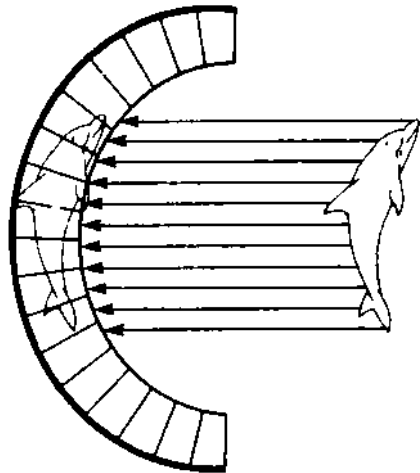


Şekil 5.4 Hayvanlar âleminin dört bir tarafından kâse gözler: (a) Yassı kurt, (b) çift kabuklu yumuşakça, (c) deniz halkalı solucanı, (d) deniz minaresi (şk kısaltması "şeffaf kütle" anlamındadır).

5.4 a) örneğinde özellikle açıktır. İlk bakışta bu garip bir düzen gibi durur çünkü ışık ışınlarının ışık hücrelerine çarpmadan önce bir bağlantı siniri yığınının içinden geçmesi gerekir. Ama bu konuda züppelik yapmayalım çünkü aynı kötü tasarımı bizim çok daha gelişmiş olan gözlerimizde de bulunur. Daha sonra bu konuya geri dönüp, bu tasarımın gerçekte ilk bakışta görüldüğü kadar kötü olmadığını göstereceğim.

Bu tasarım sorunu bir yana, kusursuz gözlerimizle biz insanların düzgün bir görüntü olarak nitelendireceği görüntüyü oluşturma yetisine, bir kâse göz tek başına sahip olmaktan çok uzaktır. Bizim mercekle ilkesine dayanan görüntü oluşturma yöntemimiz bir parça açıklama gerektiriyor. Şu soruyu sorarak probleme yaklaşıcağız: Bir nesnenin, örneğin bir yunusun görüntüsünü başka bir yardım almayan bir ışık hücreleri halısı veya derin olmayan bir kâse neden algılayamaz, yunus bu yapıların karşısında bariz bir şekilde duruyorken bile?

Eğer ışık ışınları Çizim 5.5'teki gibi davranırsalardı her şey çok kolay olurdu ve yunusun görüntüsü retinada belirirdi (ters değil düz bir şekilde). Maalesef bu şekilde davranmazlar. Daha kesin konuşmak gerekirse, tam olarak benim resimde çizdiğimi gerçekleştiren ışınlar bulunur. Sorun şudur ki, bu ışınlar aynı anda diğer her yönde ilerleyen sayısız ışın arasında kaybolurlar. Yunusun her parçası retinanın her noktasına bir ışın gönderir. Ve yalnızca yunusun her parçası da değil, arka planın ve manzaradaki diğer her şeyin her parçası da gönderir. Sonuç olarak ortaya çıkan şeyi, kâsenin yüzeyinde olası her noktada bulunan ve mümkün olan her yöne

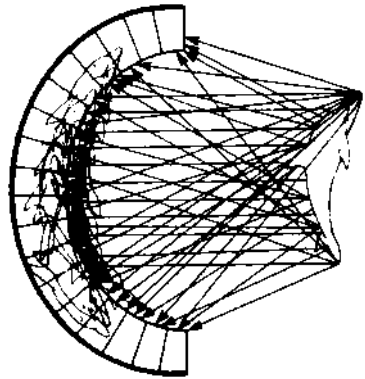


Çizim 5.5 Işık ışınları böylesine yardımseverken gözler nasıl çalışmaz!

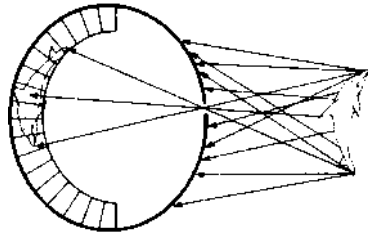
bakan sonsuz sayıda yunus görüntüsü olarak düşünebilirsiniz. Elbette bu da herhangi bir görüntü elde edilememesi ve sadece ışığın tüm yüzey boyunca pürüzsüzce yayılması anlamına gelir (Çizim 5.6).¹

Böylece problemi teşhis etmiş olduk. Göz çok fazla şey görmektedir, yani tek bir tane yerine sonsuz sayıda yunusu. Bariz çözüm eksiltme yapmaktır: Biri hariç tüm yunusları çıkart at. Hangisinin kaldığı önemli olmaz, sorun geri kalanların nasıl defedileceğidir. Bir çözüm yolu, Olasılıksızlık Dağının bize kâseyi sunan bayırından yukarıya zorlukla da olsa devam etmektir. Kâseyi gittikçe derinleştirerek üstündeki açıklığın bir iğne deliği haline daralacağı kadar kâseyi yuvarlatmaktır. Böylece artık ışınların ezici çoğunluğunun kâseye girişi engellenmiş olur. Geriye kalan az sayıda ve birbirlerine

benzeyen azınlık yunus resimleri (baş aşağı olacak şekilde) oluşturur (Çizim 5.7). İğne deliği aşırı derecede küçülürse bulanıklık yok olur ve geriye yunusun tek bir keskin resmi kalır (aslında aşırı derecede küçük iğne delikleri yeni bir tür bulanıklığa sebep olurlar ama biz şimdilik bunu görmezden geleceğiz). İğne deliğini, baş döndürücü yunus görseli kako-



Çizim 5.6 Işık ışınları her yerden her yere gidiyorlar ve görülebilen hiç görüntü yok. Sonsuz sayıda yunus görüntüsü birbirleriyle çarpışıyor ve hiçbir şey net değil.



Çizim 5.7 İğne deliği göz prensibi. Rakip yunus görüntülerinin çoğu kesilip atılıyor. İdeal olarak sadece tek bir tanesi iğne deliğinden (baş aşağı halde) içeri giriyor.

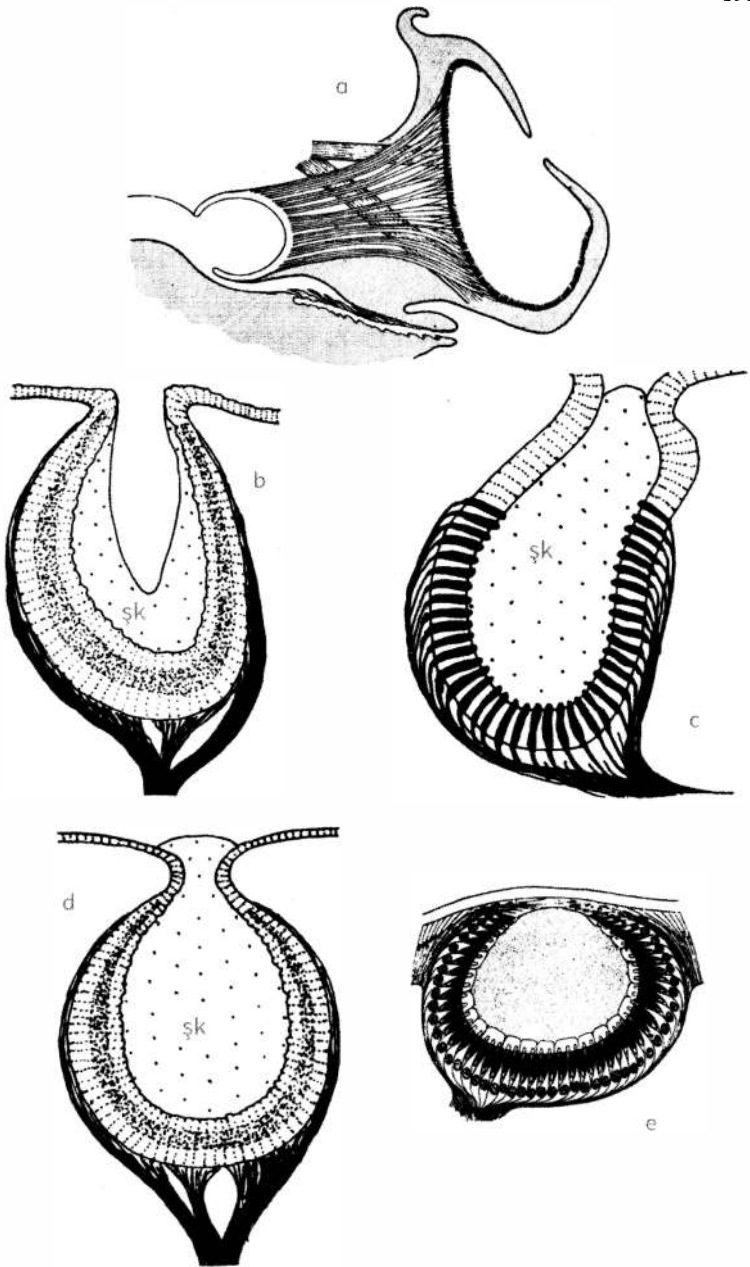
1 -ed.n. Bunu aynı anda tüm radyo kanallarını çeken bir radyo olarak düşünebiliriz. Sonuçta duyacağımız tek şey gürültü olacaktır.

fonisinin bir tanesi hariç tamamını ayıklayan bir görüntü filtresi olarak düşünebilirsiniz.

İğne deliği etkisi, daha önce ışığın yönünü tayin etmekte yardımcı bir yöntem olarak karşılaştığımız kâse etkisinin aşırı uçtaki bir versiyonudur sadece. Olasılıksızlık Dağının kaseyle aynı yokuşunun çok az daha yukarılarında yer alır ve aralarında herhangi bir keskin uçurum bulunmaz. İğne deliği gözün bir kâse gözden evrilmesinde herhangi bir zorluk yoktur ve kâse gözün de düz bir ışık hücreleri tabakasından evrilmesinde bir zorluk bulunmaz. Düz halıdan iğne deliğine tırmanan yokuş kademelidir ve tüm yol boyunca kolayca tırmanılabilir. Bu yokuşu tırmanmak, zirveye ulaşıldığında yalnızca bir tanesi kalacak şekilde bu birbiriyle çelişen görüntüleri giderek elemeyi temsil eder.

Çeşitli derecelerdeki iğne deliği gözler gerçekten de hayvanlar âleminin her yerine yayılmıştır. En eksiksiz iğne deliği gözü, soyu tükenmiş ammonitlerle akraba olan esrarengiz yumuşakça *Nautilus*'a (Çizim 5.8 a) aittir (*Nautilus* ammonitlere olduğundan daha uzak bir şekilde ahtapotlarla akrabadır). Diğer iğne deliği gözleri, örneğin Çizim 5.8 b'deki deniz salyangozununki gibileri, belki de gerçek anlamda bir iğne deliği yerine derin kâseler olarak nitelemek daha doğru olacaktır. Ancak bunlar Olasılıksızlık Dağına tırmanan bu belli yokuşun pürüzsüzlüğünü gözler önüne sererler.

İlk bakışta, iğne deliğinin yeterince küçük kılınması kaydıyla, iğne deliği gözün oldukça iyi işlemesi gerektiği düşünülebilir. Eğer iğne deliğini neredeyse sonsuz derecede küçük hale getirirseniz, rekabet halinde olan ve birbirleriyle karışan görüntülerin ezici çoğunluğundan kurtularak neredeyse mükemmelliğe yaklaşan bir görüntü elde edebileceğinizi düşünebilirsiniz. Ama bu noktada iki sorun baş gösterir. İlki kırınımıdır. Bundan bahsetmeyi az önce ertelemiştim. Kırınım sorunu, ışığın dalga gibi davranması gerçeğinden kaynaklanan bir bulanıklaşma problemidir çünkü dalgalar birbirlerini etkileyebilirler. İğne deliği çok küçük olduğunda bu bulanıklaşma daha kötü hale gelir. Küçük bir iğne deliğinin getirdiği diğer sorun “foton ekonomimizin” katı ödünleşimlerini tek-

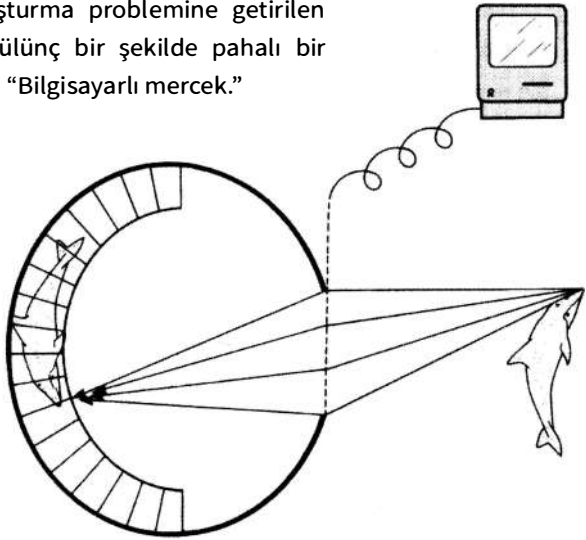


Çizim 5.8 Basit ama etkili görüntülerin oluşturulmasıyla ilgili yaklaşımları temsil eden bir dizi omurgasız gözü: (a) *Nautilus*'a ait iğne deliği gözü; (b) deniz salyangozu; (c) çift kabuklu yumuşakça, (d) deniz kulağı; (e) kum kurdu.

rar hatırlatır. İğne deliği keskin bir görüntü elde edecek kadar küçük olduğunda, zorunlu olarak şöyle bir sonuç ortaya çıkar: Delikten o kadar az ışık geçer ki, bir nesneyi görebilmeniz için neredeyse ulaşılamayacak olan parlaklıktaki bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılmış olması gerekir. Bu kadar parlak bir ışık kaynağı yoksa, gözün görmekte olduğu şeyin ne olduğundan emin olmasını sağlamaya yetecek kadar foton iğne deliğinden geçmez. Minnacık bir iğne deliğiyle, Halley kuyruklu yıldızı sorununun bir versiyonuyla karşı karşıya oluruz. Bu sorunla iğne deliğini yeniden genişleterek baş edebilirsiniz. Ama şimdi de başladığınız nokta olan birbirleriyle rekabet halindeki “yunuslar” keşmekeşine geri dönmüş olursunuz. Foton ekonomisi Olasılıksızlık Dağının bu eteğinde bizi bir çıkmaza sokmuştur. İğne deliği tasarımıyla ya keskin ama karanlık, ya da parlak ama bulanık bir görüntü sağlayabilirsiniz. İkisini birden elde edemezsiniz. Böylesi ödünleşmeler ekonomistlerin ekmeği suyudurlar. Benim foton ekonomisi kavramını ortaya atmamın sebebi de bu. Peki parlak ve aynı zamanda keskin olan bir görüntüye ulaşmanın hiçbir yolu yok mu? Talih eseri, böyle bir yol var.

Öncelikle sorunu bir bilgi işlem süreci olarak düşünelim. İçine bolca ışık alacak şekilde iğne deliğini genişlettiğimizi hayal edin. Ama deliğin ağzını bomboş bırakmaktansa buraya “sihirli bir pencere” yerleştirelim, bu pencerenin camının içine bir elektronik büyüçülük şaheseri yerleştirilmiş ve bir bilgisayara bağlanmış (Çizim 5.9). Bu bilgisayarla kontrol edilen camın özelliği şöyle. Işık ışınları camın içinden düz bir şekilde doğrudan geçmektense, zekice ayarlanmış bir açı ile kırılıyorlar. Bu açı bilgisayar tarafından öyle bir dikkatle hesaplanıyor ki, bir noktadan çıkan tüm ışınlar (sözgelimi yunusun burnundan) retinanın denk gelen bir noktasında buluşacak şekilde bükülüyorlar. Ben burada sadece yunusun burnundan gelen ışınları resmettim ama elbette sihirli perdenin herhangi bir noktayı kayırması için bir sebebi yok ve hesaplamayı diğer tüm noktalar için de gerçekleştiriyor. Yani yunusun kuyruğundan gelen tüm ışınlar da retinadaki ilgili bir kuyruk noktasında birleşecek şekilde kırılıyorlar ve geri

Çizim 5.9 Hem keskin hem de parlak olan bir görüntüyü oluşturma problemine getirilen karmaşık ve gülünç bir şekilde pahalı bir farazi yaklaşım: “Bilgisayarlı mercek.”



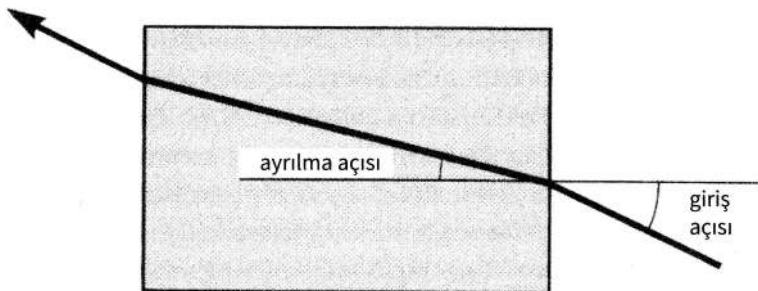
kalan her nokta da aynen bunun gibi kırılıyor. Ve bu sihirli pencerenin oluşturduğu sonuç, retinada mükemmel bir yunus resminin ortaya çıkışı. Ama bu resim minik iğne deliğinin olduğu gibi karanlık bir görüntü değil çünkü çok sayıda ışın (diğer bir deyişle bir foton seli) yunusun burnundan, çok sayıda ışın yunusun kuyruğundan ve çok sayıda ışın yunusun her noktasından gelip retinadaki kendilerine ait noktada birleşiyorlar. Bu sihirli pencere bir iğne deliğinin avantajlarına, onun büyük dezavantajına sahip olmadan sahip.

Böylesi bir “sihirli pencereyi” şapkadan tavşan çıkarır gibi uydurmak iyi hoş ama, söylemesi kolay ancak yapılması zor olan şeylerden biri değil midir bu? Sihirli pencereye eklenmiş bilgisayarın ne kadar muazzam karmaşıklıkta hesaplamalar gerçekleştirmekte olduğunu bir düşünün. Dış dünyanın milyonlarca noktasından gelen milyonlarca ışık ışınıını işlemekte. Yunusun her noktası, sihirli pencerenin yüzeyinin farklı noktalarına milyonlarca ışını milyonlarca farklı açıda yollamakta. Düz çizgilerin baş döndürücü bir spagettisini oluşturan ışınlar birbirleriyle afallatıcı bir şekilde kesişmekte. Bu sihirli pencere, bilgisayarıyla birlikte, bu milyonlarca ışının her biriyle tek tek ilgilenmeli ve her birinin kırılması gereken

açının derecesini hesaplamalıdır. Eğer bu harika bilgisayar karmaşık bir mucizeden gelmiyorsa nereden gelir? Yoksa kesin mağlubiyetimizle karşı karşıya geldiğimiz nokta mı burası? Yani Olasılıksızlık Dağına tırmanışımızda tırmanılmaz bir uçurumla mı karşı karşıyayız?

Cevap çarpıcı biçimde hayırdır. Resimdeki bilgisayar, belli bir bakış açısından baktığımızda karşımızdaki görevin *bizde uyandırdığı* karmaşıklık hissini vurgulamak için ortaya attığımız hayali bir yaratımdır sadece. Ancak probleme farklı bir açıdan yaklaşırsanız çözümün gülünç derecede kolay olduğu ortaya çıkar. Tam da bizim sihirli pencerelerimizin özelliklerine sahip olan ama ne bilgisayarı, ne elektronik mahareti, ne de herhangi bir karmaşıklığı olan akıl almaz basitlikte bir cihaz bulunur. Bu cihaz mercektir. Bir bilgisayara ihtiyaç duymazsınız çünkü tek tek hesaplamalar yapmaya hiç gerek yoktur. Milyonlarca ışının açısının görünürde karmaşık olan hesaplamalarının icabına otomatik olarak ve kolayca, kavisli bir saydam materyal tarafından bakılır. Merceğin evriminin zor olmamış olması gerektiğini göstermeye giriş oluşturmaları açısından merceklerin nasıl çalıştığını açıklamaya biraz zaman ayıracağım.

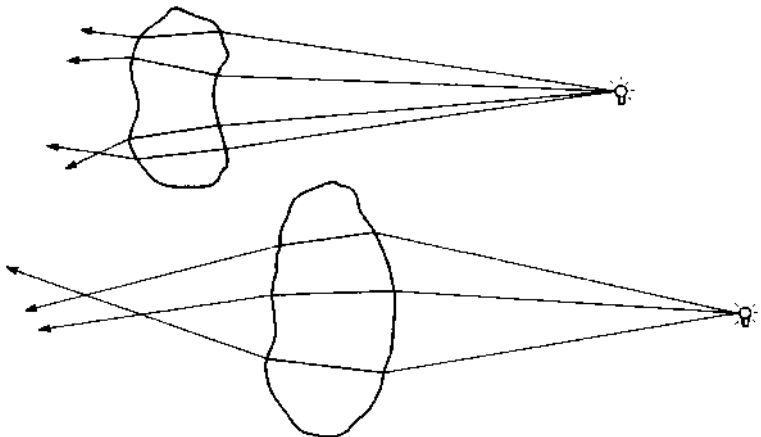
Işık ışınlarının bir saydam maddeden bir diğer saydam maddeye geçerken kırılıyor olmaları bir fizik gerçeğidir (Çizim 5.10). Kırılma açısı bu iki saydam maddenin ne olduğuna bağlıdır çünkü bazı maddeler diğerlerinden daha büyük kırılma indisine (ışığı kırma gücünün bir ölçüsü) sahiptirler.



Çizim 5.10 Işığın kırılma biçimi. Bir cam kütlesi içinde ışığın kırılma prensibi.

Şayet bu iki madde cam ve suysa kırılma açısı küçük olacaktır çünkü suyun kırılma indisi caminkiyile hemen hemen aynıdır. Eğer birleşme bölgesi cam ve hava arasındaysa, ışık daha büyük bir açıyla kırılacaktır çünkü havanın cama görece düşük bir kırılma indisi vardır. Su ile hava arasındaki birleşme bölgesinde ise kırılma açısı bir küreği eğrilmiş gösterecek kadar yüksek olacaktır.

Çizim 5.10 havadaki bir cam bloğunu temsil ediyor. Kalın çizgiyle gösterilen ışık ışını cama girerken kırılıyor ve sonra diğer taraftan çıkarken orijinal açısına geri dönecek şekilde tekrar kırılıyor. Ama elbette saydam bir nesnenin illa mükemmel paralellikte kenarları olmak zorunda değildir. Işın, nesnenin yüzeyinin açısına bağlı olarak, dilediğiniz her yöne yönlendirilebilir. Ayrıca nesnenin yüzeyi farklı açılardaki çok sayıda çıkıntıyla kaplıysa, bir dizi ışın çok sayıda farklı yönlerde de gönderilebilir (Çizim 5.11). Eğer nesnenin bir veya her iki kenarı dışbükey olacak şekilde eğilmişse, bu nesne bir mercek olacaktır: Bizim sihirli camımızın işleyen eşdeğeri yani. Saydam nesneler doğada hiç de nadir değildirler. Gezegenimizdeki en yaygın maddelerden ikisi olan hava ve su saydamdır. Diğer birçok sıvı da öyle. Eğer yüzeylerindeki pürüzlerin giderilmesi için cilalanırlarsa, bazı kristaller de saydam olurlar. Bu cilalama, örneğin denizin dalga hareket-



Çizim 5.11 Işınları işe yaramayacak doğrultularda kıran rastgele çakıl taşları.

leriyle gerçekleştirilebilir. Kristalli bir malzemeden yapılmış ve dalgalar tarafından rastgele bir şekle yontulmuş bir çakıl taşı hayal edin. Tek bir kaynaktan gelen ışık ışınları, çakıl taşı tarafından, çakıl taşının yüzeyinin açılara bağlı olarak pek çok yönde kırılacaktır. Çakıl taşları her türden şekle sahiptirler. Oldukça yaygın bir şekilde her iki köşeleri de dışbükeydir. Bu durum, örneğin ampul gibi bir kaynaktan gelen ışık ışınlarını nasıl etkiler?

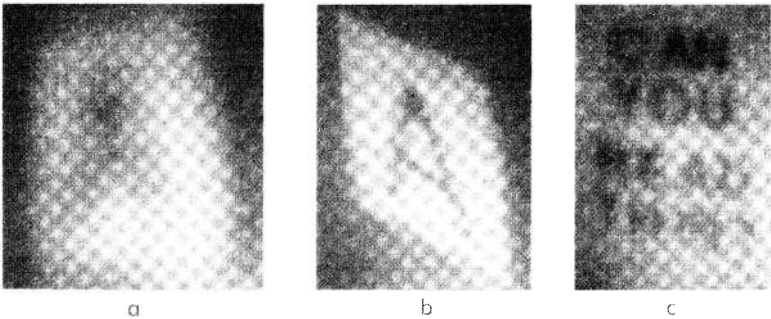
Işınlar, kenarları hafifçe dışbükey olan bir çakıl taşından dışarı çıktıklarında, birleşme eğiliminde olacaklardır. Bu birleşme, hayali “sihirli penceremiz” gibi, bir ışık kaynağının mükemmel imgesini oluşturacak şekilde düz, tek bir noktaya doğru olmayacaktır. Bunu ummak hayalperestlik olurdu. Ama burada doğru yönde olan açık bir eğilim var. Aşınım biçimi bir şekilde her iki kenarın da düzgün kıvrıma sahip olacağı şekilde gerçekleşmiş olan her kuvars çakıl taşı iyi bir “sihirli pencere” olarak iş görürdü. Keskin olmaktan çok uzak olsalar da, iğne deliğinin üretebileceğinden çok daha parlak görüntüler oluşturma yeteneğine sahip gerçek birer mercek olarak iş görürlerdi. Gerçekten de, su tarafından aşındırılmış çakıl taşlarının genellikle her iki kenarları da dışbükeydir. Eğer tesadüfen saydam bir materyale sahiplerse, çoğu kaba ama oldukça kullanışlı mercekler oluşturlardı.

Bir çakıl taşı, basit bir mercek olarak kullanılabilecek tesadüfî ve tasarlanmamış nesnelerin sadece bir örneğidir. Başkaları da vardır. Bir yapraktan sarkan yağmur damlasının eğimli kenarları bulunur. Zaten başka türlü mümkün olmazdı. Bir damla, bizim tarafımızdan tasarımına katkıda bulunulmasına gerek duymadan, otomatik olarak ilkel bir mercek olarak iş görecektir. Sıvı ve jeller, yerçekimi gibi aktif bir güç ters yönde çalışmadığı sürece otomatik olarak eğimli şekillere bürünürler. Bu durum sıklıkla onların ister istemez mercek işlevi görecektir olmaları anlamına gelir. Çoğu kez aynı biyolojik materyaller için de geçerlidir. Genç bir denizanası hem mercek şeklindedir hem de hoş bir şekilde saydamdır. Her ne kadar merceklik özellikleri gerçek hayatta hiç kullanılsa ve doğal seçilimin onun mercek benzeri özellikleri-

ni desteklediğini düşünmek için bir sebep olmasa da, idare eden bir mercek olarak iş görecektir. Denizanasının saydamlığı muhtemelen bir avantajdır çünkü düşmanlarının onu görmesini zorlaştırıyordur ve eğimli şekli de merceklerle hiç alakası olmayan yapısal bazı sebeplerden dolayı avantajdır.

Burada, kaba ve tasarlanmamış çeşitli görüntü oluşturma aletlerini kullanarak bir perdeye yansıttığım görüntüleri görüyorsunuz. Resim 5.12 a'da, bir iğne deliği kameranın (tek tarafında delik olan kapalı bir mukavva kutu) arkasında duran kâğıda yansıtılmış haliyle büyük bir A harfini görüyorsunuz. Görüntüyü oluşturmak için çok parlak bir ışık kullanılmış olmama rağmen, size orada ne yazdığı söylenmeseydi muhtemelen A'yı okuyamazdınız. Harfi okunabilir kılacak kadar çok ışık alması için "iğne" deliğini oldukça büyütmek zorunda kaldım (çapı yaklaşık bir santimetre olacak şekilde). İğne deliğini küçülterek görüntüyü keskinleştirebilirdim ama o zaman da görüntü yok olurdu. Daha önce de tartıştığımız tanıdık ödünleşmedir bu.

Şimdi kaba ve tasarlanmamış bir "merceğin" bile nasıl bir fark yarattığına bakın. Resim 5.12 b için de aynı A harfi, aynı mukavva kutunun arka duvarındaki aynı delikten geçecek şekilde yansıtılmıştır. Ama bu sefer deliğin önüne içi su dolu polietilen bir torba astım. Torba özellikle mercek şeklinde olsun diye tasarlanmamıştı. Sadece, içini suyla doldurup astığınızda doğal olarak yuvarlak bir şekle bürünüyordu. Öyle



Resim 5.12 Çeşitli delikler ve kaba mercekler aracılığıyla görülen görüntüler: (a) Düz bir iğne deliği, (b) suyla doldurulmuş sarkan bir polietilen torba, (c) suyla doldurulmuş yuvarlak bir şarap kadehi.

sanıyorum ki, kırıış kırıış değil pürüzsüzce eğimli olması nedeniyle bir denizanası daha da iyi bir görüntü üretti. Çizim 5.12 c [resimdeki İngilizce “*can you read this?*” yazısı “bunu okuyabiliyor musunuz?” anlamına geliyor] aynı mukavva kutu ve delikle yapılmıştır ama deliğin önüne bu sefer sarık bir torba yerine içi su dolu yuvarlak bir şarap kadehi yerleştirilmiştir. Kabul etmek gerekir ki kadeh insan yapımı bir nesnedir ama tasarımcıları onun bir mercek olmasını amaçlamamışlardı ve şeklini farklı sebeplerden ötürü küresel yapmışlardı. Bir kez daha, mercek olması amacıyla tasarlanmamış olan bir nesnenin fena olmayan bir mercek olarak iş gördüğünün ortaya çıktığını görüyoruz.

Elbette atasal hayvanların ellerinde polietilen torbalar ve şarap kadehleri yoktu. Burada gözün evriminin mukavva kutu veya plastik torba aşamasından geçtiğini iddia etmiyorum. Polietilen torbayla vurgulamak istediğim nokta, onun, tıpkı yağmur damlası, deniz anası ve yuvarlatılmış kuvars kristali gibi mercek olarak tasarlanmamış olmasıdır. Mercek benzeri şekiller, doğada tesadüfen etkili olan başka bir sebepten ötürü o şekilleri almışlardır.

O halde kabaca merceğe benzeyen bir nesnenin kendiliğinden oluşması zor değildir. Yarı yarıya saydam herhangi bir jel kütlesi iş görecektir, yeter ki eğimli bir şekle bürünsün (ki bürünmesi için pek çok sebep bulunur). Bu olduğunda hemen basit bir kâseye veya iğne deliğine kıyasla küçük de olsa bir iyileşmeye yol açar. Küçük iyileşmeler, Olasılıksızlık Dağının alçaktaki yokuşlarını yavaşça tırmanmak için tek gereken şeydir. Peki ara kademeler neye benzemiş olabilirlerdi? Sayfa 191'deki Çizim 5.8'e dönüp bakalım. Bir kez daha vurgulamalıyım ki bu hayvanlar günümüze ait hayvanlardır ve gerçek bir atasal seri olarak düşünülmemelidirler. Dikkat edin, Çizim 5.8 b'de deniz salyangozuna ait kâse, belki de görevi aralıktan kâseye doğru serbest bir şekilde akan saf deniz suyundan ışık hücrelerini korumak olan “şeffaf kütleye”, yani şeffaf jelden oluşan bir katmana sahip. Tek işlevi koruma sağlamak olan bu kütle, mercek için gereken özelliklerden birine, yani saydamlığa sahip ama doğru eğime sahip değil ve

kalinlaştırılmaya ihtiyaç var. Şimdi de Çizim 5.8 c, d ve e'de bulunan yumuşakça, denizkulağı ve kum kurdu gözlerine bakın. Bunlar kâselere ve kâselerle iğne delikleri arasındaki kademelere daha da çok örnek oluşturmakla kalmıyor, aynı zamanda hepsinde bulunan oldukça kalınlaşmış göz içi kütlelerini de gösteriyor. Şekilsizlik dereceleri farklılık arz eden göz içi kütleleri hayvanlar âleminin dört bir tarafında bulunur. Bir mercek olarak bu jel öbeklerinden hiçbiri Bay Zeiss veya Bay Nikon'u¹ ondan konuşacakları kadar etkilemeyi başaramazdı. Yine de yüzeyi biraz da olsa dışbükeylik arz eden bir jel öbeği, açık bir iğne deliğine kıyasla kayda değer bir iyileşmeyi ifade edecektir.

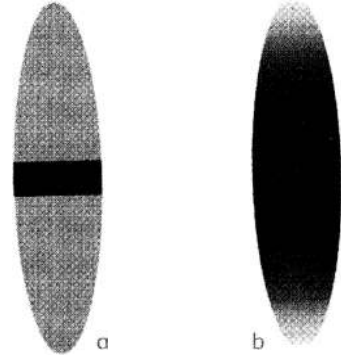
İyi bir mercek, deniz kulağının göz içi kütlesi gibi bir şey arasındaki en büyük fark şudur: En iyi sonucu elde etmek için merceğin retinadan ayrılıp, ondan belli bir uzaklığa konması gerekmektedir. Aradaki boşluğun içinin illa boş olması gerekmez, orası daha da fazla göz içi sıvısıyla doldurulabilir. Ancak gereken şey, merceğin, merceği retinadan ayıran maddeden daha büyük bir kırılma indisine sahip olmasıdır. Buna ulaşabilmenin pek çok yolu bulunur ve hiçbiri zor değildir. Ben burada sadece bir yolla ilgileneceğim. Bu yolda mercek, Çizim 5.8 e'deki gibi bir göz içi sıvısının ön kısmındaki yerel bir bölgenin yoğunlaşmasından oluşmaktadır

İlk olarak bir kırılma indisinin her saydam maddenin sahip olduğu bir şey olduğunu hatırlayın. Bu indis o maddenin ışık ışınlarını kırma gücünün bir ölçütüdür. İnsan mercek üreticileri normalde bir cam kütlelerinin kırılma indisinin camın her yerinde aynı olduğunu varsayarlar. Bir ışık ışını belli bir cam merceğe girip, yönü buna bağlı olarak değiştiğinde, merceğin diğer tarafına çarpına kadar düz bir çizgide yol alır. Mercekçinin sanatı, camın yüzeyini istenen şekle hassasiyetle sokacak şekilde yontup parlatmakta ve farklı mercekleri

1 -ed.n. Carl Zeiss (1816-1888) Almanya'da optik cihazlar üreten bir bilimci ve iş adamıydı ve kendi ismiyle kurduğu şirketi bugün bile kaliteli optik cihazlar, mercekler üretmektedir. Nikon ise, Japonya'da 1917'de kurulmuş ve günümüzde de ünlü bir optik cihazlar şirketidir ve yazarın bildiği veya bilmediği bir şekilde bu isim bir insana ait olmayıp, güneş ışığı anlamına gelen ve bir kasabanın da ismi olan Nikkō kelimesinden gelen bir markadır.

karmaşık diziler halinde birleştirmekte yatar.

Çeşitli kısımları farklı kırılma indisine sahip olan bileşik mercekler elde etmek için farklı cam çeşitlerini karmaşık şekillerde birbirlerine yapıştırıcıyla yapıştırabilirsiniz. Örneğin Çizim 5.13 a'daki mercek, daha büyük kırılma indisi olan farklı tür bir camdan yapılmış merkezi bir çekirdeğe sahiptir. Ama burada hala bir kırılma



Çizim 5.13

İki çeşit karmaşık mercek.

indisiyle diğeri arasında ani bir değişim bulunur. Ancak prensipte bir merceğin kırılma indisinin merceğin içinde düzgün bir şekilde değişmemesi için bir sebep bulunmaz. Bu durum Çizim 5.13 b'de resmedilmiştir. Böylesi “dereceli indisli mercekleri” elde etmek, mercekçiler için zordur çünkü mercekleri camdan üretme yolları buna uygun değildir.¹ Ama canlı merceklerin bu şekilde üretilmesi kolaydır çünkü onlarda merceğin tamamı aynı anda yapılmaz: Genç hayvan büyüdükçe, önceleri küçük olan mercek gittikçe gelişir. Hatta as-

1 Bunu yazdıktan sonra, bir zamanlar Cable and Wireless Şirketi'nde çalışmış olan Howard Kleyn, bana insanların kademeli indisli merceklerin eşdeğerini yaptıklarının bilgisini aktardı. Yaptıkları şey esasında bir kademeli indisli optik lif. Tarif ettiğine göre, şu şekilde üretiliyor:

Kaliteli bir camdan yapılmış, yaklaşık bir metre uzunluğunda ve birkaç santimetre çapında içi boş bir tüple başlıyorsunuz ve tüpü ısıtılıyorsunuz. Daha sonra tüpün içine toz haline getirilmiş olan camı üflüyorsunuz. Toz haline getirilmiş olan cam eriyerek tüpün astarıyla kaynıyor, bu şekilde tüpün astarını kalınlaştırırken iç oyukunu daraltıyor. Şimdi işin zekice kısmı geliyor. Bu süreç ilerledikçe, içeriye doğru üflenmekte olan tozun niteliği dereceli olarak değişiyor. Yani içeriye giderek daha yüksek kırılma indisine sahip camlardan öğütülmüş tozlar üfleniyor. Boş oyuk tamamen doldurulmuş hale ulaşıldığında, tüp, merkezinden dış katmanlarına doğru, dereceli olarak azalan ışık kırma indisine sahip bir cam çubuğa dönüşüyor. Sonra çubuk yeniden ısıtılıyor ve çekilip uzatılarak ince bir ipliğe dönüştürülüyor. Bu iplik şimdi çok incelmış olmasına rağmen tüptekiyle aynı geçişli kırılma indisini paylaşıyor, yani tüpün içindeki kademeli geçişin orantısı, ipliğe dönüştürüldüğü sırada bozulmuyor.

Artık teknik olarak bu, dereceli bir indisli mercek, ancak çok ince ve uzun bir mercek. Onun mercek özelliği görüntüyü odaklamak için değil, ışık ışınının lifin içinden dışarı dağılmasına izin vermemek için kullanılıyor. Fiber optik kablolar genellikle bu optik liflerden birkaç tanesinin bir araya getirilmesiyle üretiliyor.

lına bakarsanız kırılma indisleri düzenli bir şekilde değişen mercekler, balıklarda, ahtapotlarda ve pek çok başka hayvan-
da bulunmaktadır. Çizim 5.8 e'ye dikkatlice bakarsanız, gözün
açıklığının arkasındaki bölgede, kırılma indisi farklılık gösteri-
yor gibi gözükebilecek bir alan görürsünüz.

Ama o konuya dalmayalım çünkü merceklerin gözün ta-
mamını dolduran göz içi maddesinden ilk olarak nasıl evril-
miş olabileceklerinin hikâyesini anlatmaya başlıyordum. Bu-
nun hangi prensiple ve hangi hızda gerçekleşmiş olabileceği,
İsveçli biyologlar Dan Nilsson ve Susanne Pelger tarafından
bir bilgisayar modeliyle güzel bir biçimde gösterilmiştir. Nil-
sson ve Pelger'in zarif bilgisayar modellerini biraz dolambaç-
lı bir yolla açıklayacağım. İkisinin gerçekte ne yaptıklarına
doğrudan gitmek yerine Biyobiçimlerden AğÖrücü'ye doğru
giden bilgisayar programları dizisine geri dönüp, gözün evri-
mi için de benzer bir bilgisayar programı yazmaya ideal ola-
rak nereden başlanabileceğini sorgulayacağım. Daha sonra
bunun Nilsson ve Pelger'in yaptığı şeye özünde denk olduğu-
nu göstereceğim (gerçi onlar bu durumu tam olarak benim-
kiyle aynı şekilde ortaya koymamışlardı).

Biyobiçimlerin *yapay* seçimle evrildiklerini hatırlayın.
Yapaydı çünkü seçici etmen insan zevkiydi. Doğal seçilimi bu
modele gerçekçi bir biçimde dâhil etmenin bir yolunu bula-
madığımız için onun yerine örümcek ağlarına yönelmiştik.
Örümcek ağlarının avantajı, işlerini iki boyutlu bir düzlemde
gördükleri için sinek yakalamadaki verimliliklerinin bilgisay-
ar tarafından otomatik olarak hesaplanabiliyor olmasıydı.
İpek masrafları da bilgisayar tarafından hesaplanabiliyordu
ve bu yüzden model ağlar bir çeşit doğal seçimle bilgisayar
tarafından otomatik olarak "seçilebilirlerdi." Örümcek ağla-
rının bu açıdan nadir olduklarında hemfikir olmuştuk: Aynı
şeyi, avlanan bir çitanın belkemiği veya yüzen bir balının
kuyruğu için yapmayı kolaylıkla umamıyorduk çünkü üç bo-
yutlu bir organın verimliliğini hesaplarken dikkate alınması
gereken fiziksel detaylar fazlasıyla karmaşıktır. Ancak göz bu
açıdan örümcek ağı gibidir. İki boyutta resmedilmiş model
bir gözün verimliliği bilgisayar tarafından otomatik olarak

değerlendirilebilir. Gözün iki boyutlu bir yapı olduğunu ima etmiyorum, çünkü değildir. Tek söylediğim şey, tam karşıdan bakıldığında dairesel olduğunu varsayarsanız, gözün üç boyuttaki verimliliğinin, gözün ortasından geçen tek bir dikey kesitinin bilgisayar resmine bakılarak değerlendirilebileceğidir. Bilgisayar basit bir ışın izleme analizi yapıp, gözün tamamının oluşturma yeteneğine sahip olacağı görüntünün keskinliğini hesaplayabilir. Böylesi bir kalite hesaplama yöntemi, AğÖrücü'nün, bilgisayar örümcek ağlarının bilgisayar sineklerini yakalamaktaki verimliliğini hesaplamasına denktir.

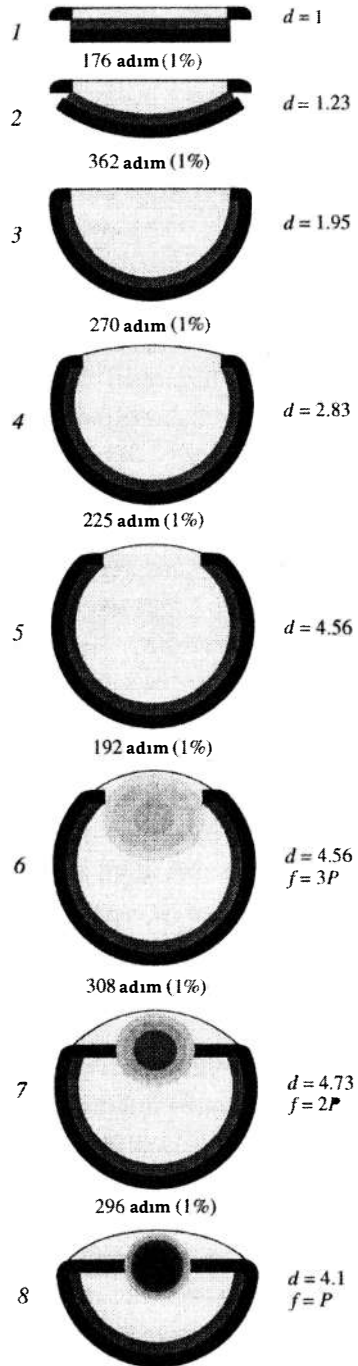
Tıpkı AğÖrücü programının mutant evlat ağlar üretmesi gibi, biz de modelimizin mutasyona uğramış evlat gözler üretmesini sağlayabiliriz. Her bir evlat gözün şekli temelinde ebeveyninkiyle aynı olacaktır, sadece şeklinin ufak bir kısmında küçük bir rastgele değişiklik olacaktır. Elbette bu bilgisayar “gözlerinden” bazıları gerçek gözlerden, göz olarak adlandırılmayı hak etmeyecek kadar farklı olacaklardır ama bu bir önem taşımaz. Hala görsel kalitelere sayısal bir skor verilebilir (muhtemelen bu skor çok düşük olacaktır) ve onlardan yeni yavrular üretilebilir. Dolayısıyla, AğÖrücü programında yaptığımızla aynı yolla, bilgisayarda doğal seçimle iyileşen gözler evrimleştirebiliriz. Ya iyi bir gözle işe koyulup daha da iyi bir göz evrimleştirebiliriz ya da çok kötü bir gözle ve hatta hiç göz olmadan işe koyulabiliriz.

AğÖrücü gibi bir programı gerçek bir evrim benzeşimi olarak çalıştırmak ve ilkel bir başlangıç noktasından yola çıkmasını sağlayıp neyle sonuçlanacağını izlemek oldukça öğreticidir. Farklı denemelerde farklı doruk noktalarına bile ulaşabilirdiniz çünkü Olasılıksızlık Dağının erişilebilecek alternatif zirveleri olabilir. Göz modelimizi evrim modunda da çalıştırabilirdik ve bu çarpıcı bir gösteri olurdu. Ama aslında, modelin kendi kendine evrilmesine izin vermekten ziyade Olasılıksızlık Dağının yokuş yukarı patikalarının neye çıkacağını daha sistematik olarak araştırarak daha fazla şey öğrenebilirsiniz. Belli bir noktadan başlayan ve hiç aşağı gitmeden hep yukarı giden bir patika doğal seçilimin takip edeceği patikadır. Eğer modeli evrimsel modda çalıştırırsa-

nız, doğal seçilim bu patikayı takip edecektir. Dolayısıyla, kabul edilen başlangıç noktasından erişilebilen yokuş yukarı patikaları ve tepeleri sistematik olarak ararsak, bilgisayarın çalışma süresinden tasarruf edebiliriz. Burada önemli olan nokta, oyunun kurallarının yokuş aşağı inmeyi yasaklıyor olmasıdır. Nilsson ve Pelger'in yaptığı şey de yokuş yukarı patikaları arayan bu daha sistematik aramaydı ama onların bu çalışmasını neden (onlarla birlikte) AğÖrücü tarzında bir evrim mizansenini planlıyormuşuz *gibi* sunmayı seçtiğimi görebilirsiniz.

Modelimizi ister "doğal seçilim" modunda, ister "dağın sistematik olarak araştırılması" modunda çalıştırmayı seçelim, bazı embriyoloji kuralları belirlememiz gerekir: Yani genlerin vücutların gelişimini nasıl kontrol edeceklerini düzenleyen birtakım kurallar koymalıyız. Mutasyonlar şekillerin hangi yönleri üzerinde etki gösterecekler? Ve bu mutasyonlar ne kadar büyük veya küçük olacaklar? AğÖrücü örneğinde mutasyonlar örümcek

Çizim 5.14 Nilsson ve Pelger'in bir "balık" gözüne doğru giden kuramsal evrim dizileri. Aşamalar arasındaki adımların sayısı keyfi bir biçimde her bir adımın boyutta yüzde birlik bir değişimi temsil ettiğini varsayıyor. Bu keyfi birimlerin evrim nesillerinin sayısına olan tercümesi için metne bakınız.



davranışlarının bilinen yönlerine etki ediyordu. Biyobiçimler örneğinde mutasyonlar, büyümekte olan ağaçların dallarının uzunluk ve açıları üzerine etki ediyordu. Gözlerde ise Nilsson ve Pelger işe tipik bir “kamera” gözde üç ana doku tipi olduğu gerçeğini kabul ederek başladılar. Kameranın, genellikle ışık geçirmeyen bir dış cephesi vardır. Işığa hassas bir “ışık hücreleri” tabakası vardır. Son olarak da, koruyucu bir pencere olarak kullanılabilecek veya kâsenin içindeki boşluğu doldurabilecek (tabi bu ikincisi bir kâse varsa mümkün olacaktır, zira benzeşimimizde hiçbir şeyin varlığını önceden varsaymıyoruz) saydam bir materyal vardır. Nilsson ve Pelger’in başlangıç noktası (yani dağın eteği), düz bir arka perde (Çizim 5.14’te siyah katman) üzerinde duran düz bir ışık hücreleri katmanıydı (şekilde gri renkli katman). Üzerlerinde de düz bir saydam doku katmanı vardı (şekilde kirli beyaz katman). Mutasyonların, bir şeyin büyüklüğünde küçük bir oranda değişikliğe neden olacağını varsaydılar. Örneğin saydam katmanın kalınlığında küçük bir azalmaya veya saydam katmanın yerel bir yüzeyinin kırılma indisinde küçük bir artışa yol açacaklardı. Sordukları soru aslında, dağın alçaklarında bulunan belli bir kamp yerinden başlayıp düzenli olarak yukarıya tırmanarak dağın neresine ulaşabileceğinizdir. Yukarıya tırmanmanın geldiği anlam, her seferinde küçük bir adım halinde mutasyona uğramak ve yalnızca görüntü kalitesini iyileştiren mutasyonları kabul etmektir.

Peki sonuçta neye varırız? Hoş bir şekilde, düzgün bir yokuş yukarı patikayı takip ederek merceği de eksik olmayan tanıdık balık gözüne ulaşırız. Burada merceğin kırılma indisi, insan yapımı sıradan bir mercekte olduğunun aksine merceğin her yerinde sabit değildir. Bu mercek tıpkı Çizim 5.13 b’de karşılaştığımız mercek gibi dereceli indisli bir mercektir. Merceğin, mercek boyunca sürekli olarak değişiklik gösteren kırılma indisi, resimde grinin değişik tonlarıyla temsil edilmiştir. Mercek, göz içi sıvısının kademeli olarak “yoğunlaşmasıyla” ortaya çıkmıştır. Bu kademeler sırasında sıvının kırılma indisi de kademe kademe değiştiğinden mercek çeşitli noktalarında değişken bir indise sahiptir. Burada bir el

çabukluğu, bir hile yok. Nilsson ve Pelger bilgisayarda simüle edilmiş göz içi sıvısını, içinde ortaya çıkmayı bekleyen ilkel bir mercek gömülü şekilde önceden programlamamışlardı. Yalnızca saydam materyalin her küçük noktasının kırılma indisinin genetik kontrol altında çeşitlenmesine izin vermişlerdi. Saydam materyalin her bir küçük noktası, sahip olduğu kırılma indisini rastgele herhangi bir yönde değiştirmekte özgürdü. Göz içi sıvısı, değişik kırılma indislerine sahip sonsuz sayıda kırılma indisine de sebep olabilirdi. Merceğin, mercek şekline girmesini sağlayan şey, her nesilde en iyi gören gözün seçilerek ondan yeni nesiller üretilmesi ve bu şekilde hiç kesintiye uğratılmadan yukarı yönlü ilerlenmesiydi.

Nilsson ve Pelger'in amacı, göz olmayan düz bir tabakadan iyi bir balık gözüne giden pürüzsüz bir iyileştirme patikası bulunduğunu göstermek değildi sadece. Aynı zamanda modellerini, bir gözün sıfırdan evrilmesinin ne kadar süreceğini hesaplamak için de kullanabilmişlerdi. Her adım bir şeyin büyüklüğünde yüzde birlik bir değişikliğe sebep olduğunda modellerinin attığı toplam adım sayısı 1.829 idi. Ama yüzde birin sihirli bir tarafı yok. Aynı değişim miktarı, yüzde 0,005'lik değişiklik oranıyla 363.992 adım sürerdi. Nilsson ve Pelger toplam değişim miktarını keyfi olmayan, gerçekçi birimlerle ifade etmek zorundaydı. Bu gerçekçi birimler, genetik değişikliğin birimleri anlamına gelir. Bunu yapmak için bazı varsayımlarda bulunmak şarttı. Örneğin seçilimin şiddeti hakkında bir varsayımda bulunmaları gerekiyordu. İyileşmiş bir göze sahip olarak hayatta kalan her 101 hayvana karşılık, iyileşmiş göze sahip olmayan 100 hayvanın hayatta kaldığını varsaydılar. Gördüğünüz gibi bu, sağduyuyla bakıldığında düşük bir seçim şiddetidir. Neredeyse iyileşmiş bir göze sahip olmakla olmamak arasında fark yok gibidir. Nilsson ve Pelger kasıtlı olarak düşük, tedbirli veya "kötümser" bir değer seçmişlerdi çünkü evrim hızı tahminlerini olabildiğince yavaş kılabilmek için çaba gösteriyorlardı. Ayrıca iki tane daha varsayımda bulunmak zorundaydılar. Bunlar "kalıtılabilirlik" ve "çeşitlilik katsayısı" hakkındaydı. Çeşitlilik katsayısı, nüfusta ne kadar çeşitlilik bulunduğunun bir

ölçüsüdür. Doğal seçim, üzerinde işlemek için çeşitliliğe gerek duyar ve Nilsson ve Pelger bir kez daha kasıtlı olarak kötümser derecede düşük bir değer seçmişlerdi. Kalıtılabilirlik, nüfusun sahip olduğu çeşitliliğin ne kadarının kalıtıldığının bir ölçüsüdür. Kalıtılabilirlik düşükse nüfustaki çeşitliliğin çoğunun çevresel nedenlere dayandığı anlamına gelir. Ayrıca doğal seçilimin, bireylerin hayatta kalıp kalmayacağını “seçmesine” rağmen, evrime çok az etkisinin olacağını da söyler. Eğer kalıtılabilirlik yüksekse, seçilimin gelecekteki nesiller üzerinde büyük bir etkisi olacaktır çünkü bireysel hayatta kalış gerçekten de genlerin hayatta kalımına tercüme edilecektir. Kalıtılabilirliklerin sıklıkla yüzde 50’den daha büyük olduğu görülür, dolayısıyla Nilsson ve Pelger’in karar kıldığı oran olan yüzde 50, kötümser bir varsayımdı. Son olarak da gözün farklı kısımlarının aynı anda tek bir nesilde değişemeyeceği şeklindeki kötümser bir varsayımda bulundular.

Tüm bu örneklerdeki “kötümser” kelimesinin anlamı, bir gözün evriminin ne kadar süreceğine dair nihayetinde elde edeceğimiz değerın muhtemelen gerçek dünyadaki gerçek gözün evrimi için gerekmiş olan süreden daha fazla çıkacağıdır. Bulacağımız değerın gerçek evrim için gerekli olmuş süreden fazla çıkmasına iyimser yerine kötümser dememizin sebebi buydu. Emma Darwin gibi evrimin gücünden şüphe duyan birisi, karmaşıklığı ve çok parçalılığıyla ün salmış göz gibi bir organın evrilmesinin (o da eğer evrilebilirse) inanılmaz derecede uzun bir zaman alacağı görüşüne doğal olarak çekilecektir. Nilsson ve Pelger’in bulduğu nihai değer ise aslında insanı afallatacak kadar kısaydı. Hesaplamalarının sonunda, mercekli iyi bir balık gözünün evrilmesinin yalnızca yaklaşık 364.000 nesil alacağını bulmuşlardı. Daha iyimser (ki muhtemelen bunun da anlamı “daha gerçekçi”dir) varsayımlarda bulunsalardı bu süre daha da kısa olurdu.

Peki 364.000 nesil kaç yıla tekabül eder? Elbette bu nesil süresine bağlıdır. Bizim sözünü ettiğimiz hayvanlar, solucanlar, yumuşakçalar ve küçük balıklar gibi küçük deniz hayvanlarıdır. Onlar için bir nesil tipik olarak bir yıl ya da daha az sürer. Dolayısıyla Nilsson ve Pelger’in vardıkları sonuç,

mercekli gözün evriminin yarım milyon yıldan daha kısa bir sürede elde edilmiş olabileceğidir. Ve bu yerbilimsel standartlara göre gerçekten de çok kısa bir süredir (yeryüzünde yaşamın ortaya çıkmasından bu yana geçen 3,7 milyar yılda 7.400 kez sıfırdan başlayarak gerçekleşmiş olabilirdi yani). Süre öylesine kısadır ki, böyle bir göz fosilleşseydi ve fosil tabakaları kazılırdı, aniden ortaya çıkmış gibi görüneceklerdi. Gözün evrilmesi için yeteri kadar zaman olmadığı iddiasının sadece yanlış değil, dramatik, kesin ve yüz kızartıcı bir şekilde yanlış olduğu ortaya çıkmıştı.

Elbette tam anlamıyla gelişmiş bir gözün, Nilsson ve Pelger'in buraya kadar değinmedikleri bazı detayları vardır ve bu detayların evrilmeleri daha uzun sürebilir (gerçi ikili uzun süreceklerini düşünmüyor). Bunlardan biri, Nilsson ve Pelger'in model evrim sistemlerinin başlamasından önce ortaya çıktığını varsaydıkları, ışığa hassas hücrelerin (benim ışık hücreleri olarak adlandırdığım şeylerin) evrimidir. Modern gözlerin, gözün odağını ve göz bebeğinin büyüklüğünü değiştirmek ve gözü hareket ettirmek için mekanizmalar gibi başka ve daha gelişmiş özellikleri bulunur. Ayrıca beyinde gözden gelen bilgiyi işlemek için gerekli olan tüm o sistemler vardır. Gözü hareket ettirmek önemlidir ve yalnızca bariz sebep olan etrafa bakma ihtiyacı yüzünden değil, daha da hayati olarak, vücut hareket ederken bakışı sabit tutmak için. Kuşlar başın tamamını sabit tutması için boyun kaslarını kullanarak bunu sağlarlar ve vücutlarının geri kalanının fazlasıyla hareket etmesinin göze etkisini azaltırlar. Bunu yapabilecek gelişmiş sistemler, oldukça karmaşık beyin mekanizmaları gerektirir. Ama basit ve kusurlu ayarlamaların bile hiç yoktan iyi olduğunu görmek kolaydır. Dolayısıyla Olasılıksızlık Dağının pürüzsüz bir yokuşunu tırmanan atasal bir seri hayal etmekte hiçbir zorluk bulunmaz.

Çok uzak bir hedeften gelen ışınları odaklamak için, yakın bir hedeften gelen ışınları odaklamakta kullanılacak olan mercekten daha zayıf bir merceğe ihtiyacınız vardır. Hem uzağı hem de yakını keskin bir şekilde odaklamak, bir canlının sahip olmadan da yaşayabileceği bir lükstür fakat

doğada hayatta kalma şansını artıracak her küçük ilerleme önemlidir ve gerçekten de farklı hayvan türleri merceğin odağını değiştirmek için çeşit çeşit mekanizmalara sahiptir. Biz memeliler bu işi merceği yanlardan çekerek gerip, şeklini biraz değiştiren kaslar aracılığıyla yapıyoruz. Kuşlar ve çoğu sürüngen de bu şekilde yapıyor. Bukalemunlar, yılanlar, balıklar ve kurbağalar bu işi bir kameranın yaptığı gibi merceği ileri geri hareket ettirerek yapıyor. Daha küçük gözlere sahip olan hayvanlar bu konuyu dert etmiyor. Onların gözü Brownie¹ marka fotoğraf makinesi gibi. Her türlü mesafe için çok iyi olmasa da yaklaşık bir odaklanmaya sahiptirler. Bizler yaşlandıkça gözlerimiz maalesef daha çok Brownie fotoğraf makinesi gibi oluyor ve hem yakını hem de uzağı net görmek için çift odaklı gözlüklere ihtiyaç duyuyoruz.

Odak değiştirme mekanizmalarının aşamalı evrimini hayal etmek hiç de zor değildir. Suyla doldurulmuş plastik torbayla olan deneyi yaparken, hemen fark ettim ki parmaklarımınla torbayı dürterek odağın keskinliğini daha iyi (ya da daha kötü) hale getirmek mümkün. Torbanın biçiminin bilinçli bir şekilde farkında olmayarak, ona bakmaya gerek bile duymadan gösterimdeki görüntünün kalitesine odaklanmış bir şekilde, görüntü daha iyi hale gelene kadar torbayı rastgele dürttüm ve büzdüm. Göz içi kütlelerinin civarındaki herhangi bir kas başka bir amaçla kasılırken bunun bir yan ürünü olarak tesadüfen merceğin odağını iyileştirebilir. Bu, memelilerin ya da bukalemunların kullandığı odak değiştirme gibi metoda neden olabilecek bir şekilde Olasılıksızlık Dağının yamaçlarından yukarıya doğru giden hassas iyileştirmelerin yer aldığı geniş bir otoyola açılır.

Açıklığı (ışığın içerisinde geçtiği deliğin boyutunu) değiştirmek birazcık daha zor olabilir ama çok da zor değildir. Bunun yapılmak istenilmesinin nedeni bir fotoğraf makinesinde olanla aynıdır. Fotoğraf filminin veya ışık hücrelerinin

1 -ed.n. Brownie, Kodak şirketinin 1900'de ürettiği ve genel halk tarafından yaygın bir şekilde kullanılabilmesi stratejisiyle basit ve ucuz bir şekilde tasarladığı fotoğraf makinesiydi ve özetle siyah bir kutunun ön yüzündeki bir mercekten ve kutunun iç arkasında bir fotoğraf filminden ibaretti. Bu tip bir fotoğraf makinesini eski filmlerden, örneği kovboy filmlerinden anımsayabilirsiniz.

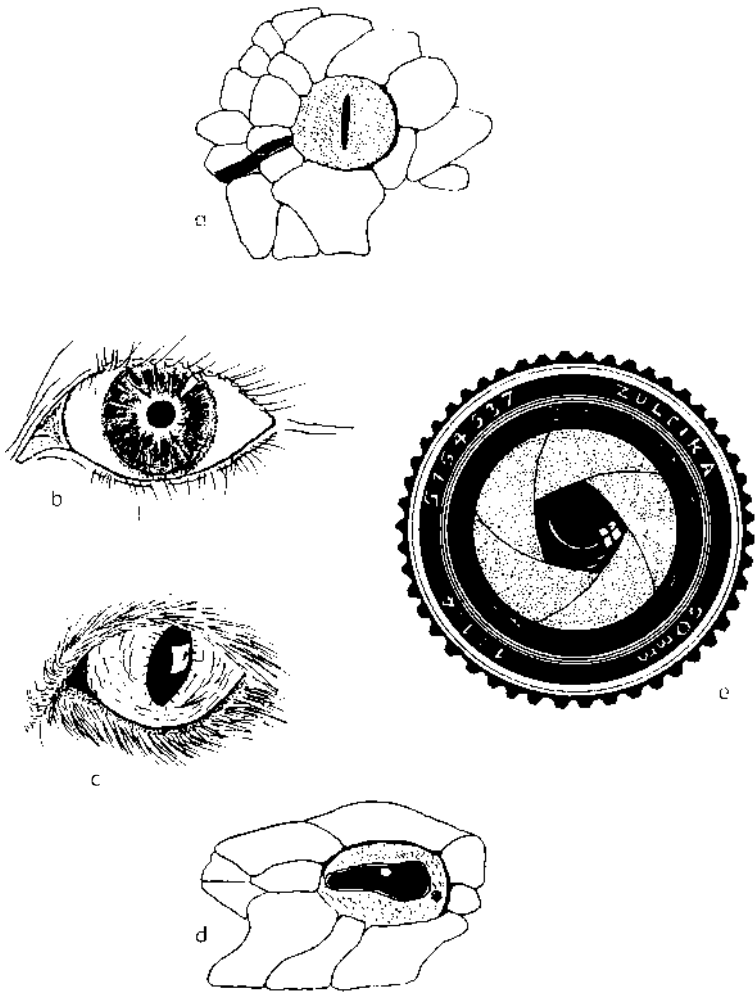
belirlenmiş herhangi bir hassasiyeti için, çok fazla veya çok az ışığa sahip olmak mümkündür. Gözümüze çok ışık girerse gözlerimiz kamaşır ve aynı şekilde fotoğraf filmine çok ışık düşerse resim beyaz çıkar. Dahası, delik ne kadar küçükse, odak derinliği o kadar iyidir. (Odak derinliği, aynı anda odaklanılabilen mesafeler aralığıdır. Örneğin bir fotoğraf lensi aynı anda 1 metre uzaktaki kelebekten başlayarak 10 metre uzaktaki çiçeğe kadar nesneleri net bir şekilde görüntü yüzeyine aktarabiliyorsa, onun odak derinliği 1-10 metredir.) Gelişmiş bir fotoğraf makinesinde ya da gözde, güneş çıktığı zaman mercek perdesini küçültmeye, güneş yokken mercek perdesini büyültmeye yardım eden dâhili bir ışıkölçer bulunur. İnsandaki göz bebeği oldukça gelişmiş bir otomasyon teknolojisi. Bir Japon mikro-mühendisnin gurur duyabileceği türden bir şeydir.¹

Fakat bir kez daha, bu gelişmiş mekanizmanın Olasılıksızlık Dağının aşağıdaki yamaçlarında nasıl başladığını görmek zor değildir. Gözbebeğinin şeklini yuvarlak olarak düşünürüz, ama öyle olmak zorunda değildir. Her şekil işe yarardı. Koyunların ve sığırların uzun, yatay ve baklava dilimi şekilli gözbebekleri vardır. Ahtapotların ve bazı yılanların da öyle, ama diğer yılanlarındaki dikey bir aralıktır. Kedilerin gözbebekleri, bir çemberden başlayarak dikey bir yarığa kadar çeşitlilik gösterir (Çizim 5.15). W.B. Yeats şöyle yazmıştı:

Minnaloushe² biliyor mu acaba, gözbebekleri,
Değişimden değişime geçecek,
Hilalden dolunaya dolaşacak?
Minnaloushe yeşilliklerden süzülürken,
Yalnız, ciddi ve bilge,
Ve kaldırır değişen gözlerini,
Değişmekte olan aya bakar.

1 -ed.n. Bu kitabın yazıldığı yıllarda Japonlar her elektrikli veya elektronik cihazın küçüğünü yapmalarıyla ünlenmişlerdi. Bunu, mikroçip teknolojisindeki liderlerden biri olmalarıyla, çeşitli malzemeleri (metalleri ve plastiği) her türlü üründe incelik kullanma bilgisine sahiplikleriyle birleştirerek başarıyorlardı. Sony, Canon, Casio, Seiko bu trendin en ünlü firmalarından birkaç tanesiydi.

2 -ed.n. Minnaloushe, ünlü İrlandalı şair W.B. Yeats'in (1865-1939) kızının kedisinin ismiydi. Bu isim Fransızca *minoulouche* kelimesinden gelir. *Minou* Fransızca kedi demektir. Bizde de yaygın kullanılan kedi ismi "Minnoş" muhtemelen oradan gelir.



Çizim 5.15 Fotoğraf makinesindeki de dâhil olmak üzere çeşitli gözbebekleri. Gözbebeğinin olması gereken kesin bir şekli yoktur ve bu yüzden de oldukça çeşitlidir: (a) Ağlı piton, (b) insan, (c) kedi, (d) uzun burunlu ağaç yılanı, (e) fotoğraf makinesi.

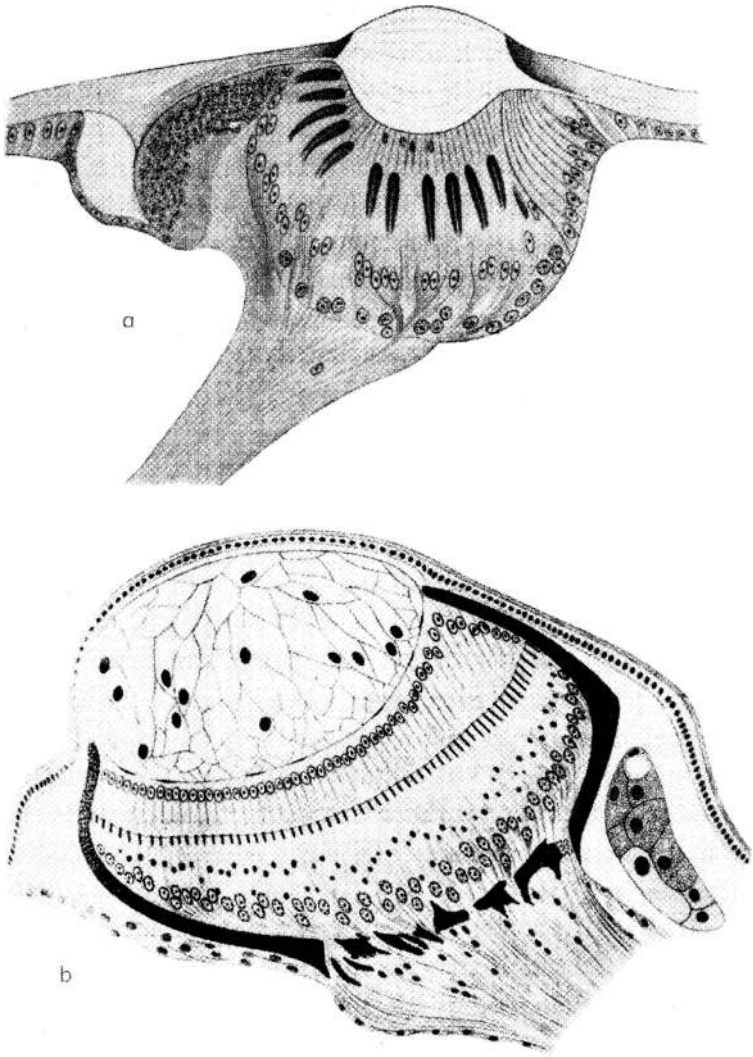
Çoğu pahalı fotoğraf makinesinin bile kusursuz daireler yerine kaba çokgenler olan gözbebekleri vardır. Önemli olan tek şey, göze giren ışığın miktarını kontrol etmektir. Bunu fark ettiğinizde, değişmekte olan gözbebeğinin erken dönemdeki evrimi bir problem olmaktan çıkar. Olasılıksızlık

Dağının alçak yamaçlarından yukarıya doğru çıkmak için kullanılabilecek birçok düşük eğimli yol vardır. Yani iris diyaframı, anal büzücü kasından daha aşılmaz bir evrimsel engel değildir. Belki de iyileştirilmesi gereken en önemli nicelik gözbebeğinin uyarılara tepki verme hızıdır. Bir kez sinir hücrelerine sahip olduğunuzda, onları hızlandırarak Olasılıksızlık Dağının yamaçlarından yukarıya doğru süzölmek kolaydır. Aynada gözbebeğinize bakarken gözünüze doğru bir el feneri tuttuğunuzda hemen fark edebileceğiniz gibi, insan gözbebeği hızlı tepki verir. (Eğer bir gözünüzdeki göz bebeğine bakarken diğer gözünüze feneri tutarsanız, bu etkiyi en çarpıcı bir şekilde görürsünüz, çünkü gözler aynı anda aynı tepkiyi verecek şekilde birbirlerine kenetlenmişlerdir.)

Gördüğümüz üzere Nilsson ve Pelger'in modeli, çoğu insan yapımı mercekten farklı olan ama balıkların, mürekkep balıklarının ve diğer sualtı kamera gözlerinin merceklerine benzer bir dereceli indisli mercek geliştirdi. Mercek, ilk başta tekdüze şeffaf bir jel olan yerde yüksek kırınım indisine sahip yerel bir bölgenin yoğunlaşmasıyla ortaya çıkar.

Tüm mercekler jel kütesinden yoğunlaşarak evrimleşmedi. Çizim 5.16, gözleri oldukça farklı yollarla oluşmuş iki sineğe ait gözleri göstermektedir. Bunların ikisi de basit gözlerdir, birazdan bahsedeceğim bileşik gözlerle karıştırılmamaları gerekir. Bu basit gözlerin ilkinde (testere sineği larvasına ait), mercek, dış şeffaf katman olan korneanın kalınlaşmasıyla oluşuyor. Mayıs sineğine ait olan ikincisinde kornea kalınlaştırılmıyor ve mercek renksiz, şeffaf hücrelerden oluşan bir yığın olarak gelişiyor. Bu mercek geliştirme yollarından her ikisine de, kurtçukların göz içi maddesi içeren gözleri için Olasılıksızlık Dağında ilerlediğimizle aynı yoldan tırmanılabilir. Gözlerin kendisi gibi mercek de birçok kez bağımsız olarak evrimleşmişe benzer. Olasılıksızlık Dağında pek çok doruk noktası ve tepelik vardır.

Retinalar da çeşitli biçimleriyle türlü türlü kökenlerini ele verirler. Şu ana kadar gösterdiğim gözlerin tamamının ışık hücreleri, tek bir istisna dışında, onları beyne bağlayan



Çizim 5.16 Böcek merceklelerinin gelişmesi için iki farklı yol: (a) Testere sineği larvası; (b) mayıs sineği.

sinirlerin önünde yer alır. Bu, bunu gerçekleştirmenin en açık yoludur, ancak evrensel bir yol değildir. Sayfa 187'de bulunan Çizim 5.4 a'daki yassı kurdun ışık hücreleri görünüşe göre bağlayıcı sinirlerin yanlış tarafında durur. Bizim kendi omurgalı gözümüz de öyledir. Işık hücreleri ışığın geldiği yöne doğru değil, tersi istikamete doğru dizilmişlerdir.

Bu kulağa geldiği kadar anlamsız değil. Çok küçük ve şeffaf oldukları için, baktıkları yön pek de önemli değildir çünkü fotonların çoğu doğrudan içlerinden geçecek ve daha sonra onları yakalamak için bekleyen pigment yüklü katmanlardan oluşan engele çarpacaklar. Omurgalıların ışık hücrelerinin geriye doğru baktığını söylemenin anlamlı olduğu tek açı, onları beyne bağlayan “kabloların” (sinirlerin) bu hücrelerden çıkıp beyne doğru giderken ters taraftan, yani ışığın geldiği yerden çıkıyor olmalarıdır. Daha sonra, retinanın ön yüzeyinden geçerek, belirli bir noktaya doğru ilerlerler. Bu belli nokta “kör nokta” olarak adlandırılan yerdir. O noktada birleşip, retinanın içine dalarak topluca optik sinir denilen büyük görme sinirini oluştururlar ve bu sinir beyne gider. Bu noktadan kablolar geçtiği ve ışık hücrelerine yer olmadığı için bu noktada görüntü oluşmaz ve kör nokta denmesinin sebebi de budur. Kör noktadan teknik olarak herhangi bir görüntü alamamamıza rağmen bunun farkında bile varmayız çünkü beyin eksik parçayı uydurup görüntüye yamama konusunda oldukça maharetlidir. Kör noktayı, var olduğunu bağımsız bir kanıt yüzünden bildiğimiz küçük bir nesnenin görüntüsü bu nokta üzerine hareket edince fark ederiz. Bu küçük nesne kör noktamız üzerine geldiğinde bir anda ortadan kaybolmuş gibi görünür çünkü beyin o noktadan görüntü alamadığı için onun etrafındaki görüntünün rengini kullanarak orayı doldurmuştur.

Retinanın geriden öne doğru olmasının çok az fark yaratacağını söylemiştim. Diğer tüm şeylerin mutlak olarak eşit olması şartıyla, retinalarımız doğru yönde yer alsaydı daha iyi olurdu denilebilirdi. Bu durum, Olasılıksızlık Dağında, aralarında derin vadiler bulunan birden fazla doruk noktası bulunduğu gerçeğine güzel bir örnektir. Geriden öne doğru yer alan retinaya sahip iyi bir göz bir kez evrimleşmeye başladığında, daha da yukarıya çıkmanın tek yolu, elde mevcut olan göz tasarımını iyileştirmektir. Tamamen farklı bir tasarıma değiştirmek yokuş aşağı inmeyi, bunu yaparken de biraz değil, tamamen inmeyi içerir ve buna doğal seçim izin vermez. Omurgalı retinası embriyodaki gelişim şekli yüzün-

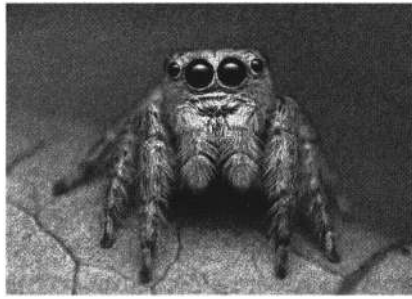
den şu anda baktığı yöne doğru bakar ve bu durum kesinlikle antik atalara kadar geriye gider. Birçok omurgasızın gözü bizimkinden farklı şekillerde gelişir ve sonuç olarak onların retinaları “doğru” yöne bakar.

İlginç bir gerçek olarak geriye doğru bakmalarını bir kenara koyarsak, omurgalı retinaları Olasılıksızlık Dağının en yüksek doruk noktalarından birine tırmanmıştır. İnsan retinası çeşitli türlere ayrılmış yaklaşık 166 milyon ışık hücrelerinden oluşur. Temel ayırım çubuk hücreleri (nispeten düşük ışıktaki düşük hassasiyetteki renksiz görüntüler üzerine uzmanlaşmış) ve koni hücreleri (parlak ışıktaki yüksek hassasiyetteki renkli görüntüler üzerine uzmanlaşmış) şeklindeki ayrımıdır. Buradaki sözcükleri okurken yalnızca koni hücrelerinizi kullanıyorsunuz. Eğer Juliet, Halley kuyruklu yıldızını görmüş olsaydı, o işi çubuk hücreleriyle yapmış olurdu. Koni hücreleri, hiçbir çubuk hücrelerinin bulunmadığı, küçük merkezi bir alan olan fovea’da yoğunlaşırlar (şu anda foveanız ile okuyorsunuz). İşte bu yüzden Halley kuyruklu yıldızı gibi silik bir nesneyi görmek istiyorsanız, gözlerinizi doğrudan o nesneye değil, biraz uzağına doğrultmalısınız ki, nesnenin yetersiz miktarda olan ışığı merkezdeki fovea’ya düşmesin. Işık hücrelerinin sayıları ve bu hücrelerin birden fazla tipe ayrılması, Olasılıksızlık Dağına tırmanma bakışı açısından hiçbir özel sorun oluşturmaz. Her iki iyileştirme türü de açık bir şekilde dağın üst kısımlarına doğru, düzgün eğimler oluşturur.

Büyük retinalar küçük retinalardan daha iyi görürler. Çünkü içlerine daha fazla ışık hücresi sığar ve böylece daha detaylı görebilirler.¹ Ancak, her zamanki gibi, bunun da maliyetleri vardır. Çizim 5.1’in gerçek üstü salyangozunu hatırlayın. Ama küçük bir hayvanın pratikte bedelini ödediğinden daha büyük bir retinaya sahip olmasının bir yolu bulunur. Sussex Üniversitesi’nden Profesör Michael Land (ki kendisinin dünyadaki egzotik keşiflerle ilgili gıpta edilesi bir geçmişi vardır ve gözlerle ilgili bildiğim çoğu şeyi ondan öğrendim),

1 -ed.n. Cep telefonu ve fotoğraf makinesi şirketlerinin daha yüksek megapikselimiz var diye reklam yapmalarının sebebi de budur.

sıçrayan örümceklerde harikulade bir örnek bulundu.¹ Örümceklerin hiçbirinde bileşik göz yoktur ve sıçrayan örümcekler kamera gözüünü çarpıcı bir ekonomi zirvesine ulaştırmıştır (Resim 5.17).



Resim 5.17 Sıçrayan örümcek.

Land'in keşfettiği şey sıra dışı bir retinaydı. Tam bir görüntünün üzerine düşürülebileceği geniş bir tabaka olmak yerine, idare eder bir görüntü sağlayabilecek kadar geniş olmayan uzun, dikey bir şeritti. Ancak örümcek, retinasının darlığını ustaca bir çözümle telafi eder. Retinasını sistematik ve sürekli bir şekilde hareket ettirir, bir görüntünün üzerine düşebileceği alanı "tarar." Böylelikle retinası pratikte gerçekteki retinasından daha geniş olur. Az çok bolas örümceğinin döndürüp durduğu tek bir lifle bile tam bir ağın yakalama alanına yaklaşmasına benzer bir prensiptir bu. Sıçrayan örümceğin retinası uçan bir kuş ya da bir başka sıçrayan örümcek gibi ilgi çekici bir nesne bulduğunda, tarama hareketlerini tam olarak hedefin bulunduğu alana yoğunlaştırır. Bu, ona bir fovea'nın dinamik eşdeğerini verir. Bu zeki hileyi kullanan sıçrayan örümcekler, Olasılıksızlık Dağındaki kendi yerel bölgelerinde mercek gözü hatırı sayılı küçük bir doruğa taşımışlardır.

Merceği, iğne deliğinin kusurlarına harikulade bir merhem olarak sundum. Ama mercek tek çözüm değildir. Eğimli bir ayna, mercekten daha farklı bir prensip oluşturur ancak bir nesnenin üzerindeki her noktadan gelen büyük miktardaki ışığı toplayıp bir görüntü üzerinde tek bir noktaya odaklama sorununa iyi bir alternatif çözümdür. Bazı amaçlar için eğimli bir ayna aslında probleme mercekten daha ekonomik

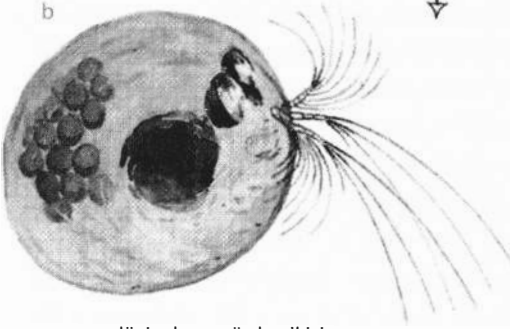
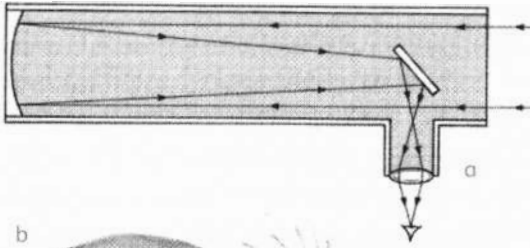
1 Size bakmak için kafalarını dikme alışkanlığı onlara adeta bir insani çekicilik veren bu sevimli küçük hayvanlar avlarına bir kedi gibi sessizce yaklaşır hiçbir fark edilmeye meydan bırakmadan şimşek gibi üzerlerine atlarlar. Bu şimşek hızını, sıçramalarını eş zamanlı olarak sekiz bacaklarına birden sıvı pompalayarak hidrolik sistemle sağlarlar.

bir çözümdür ve dünyadaki en büyük optik teleskoplar hep aynalı yansıtıcılardır (Çizim 5.18 a). Yansıtıcı teleskopla ilgili küçük bir sorun, görüntünün aynanın önünde, yani gelen ışınların yolunun üzerinde oluşmasıdır. Yansıtıcı teleskoplarda genelde küçük bir ayna görüntünün odaklanma noktasında durur ve bu odaklanmış görüntüyü yan tarafa yansıtır. Yansıttığı yerde ya bir görme merceği ya da bir kamera vardır. Bu küçük ayna gelen ışınları engelleme ve görüntüde anlamlı bir bozulma yaşatma açısından sorun olmayacak kadar küçüktür, odaklanmış görüntüye girmez ve teleskopun arkasındaki büyük aynaya düşen toplam ışık miktarında önemsenmeyecek derecede düşük bir azalmaya sebep olur.

O halde eğimli ayna önemli bir probleme getirilmiş olan teoride işe yarayabilecek fiziksel bir çözümdür. Peki hayvanlar âleminde eğimli ayna gözlerin herhangi bir örneği bulunur mu? Bu konudaki en ilk önerme, Oxford'dan eski hocam Sör Alister Hardy tarafından, *Gigantocypris* adı verilen ilginç bir derin deniz kabuklusuna ait olan resim üzerine yorum yaptığı sırada gerçekleşti (Çizim 5.18 b). Astronomlar Wilson Dağı ve Palomar'daki gibi gözlemevlerindeki devasa eğimli aynaları kullanarak uzak yıldızlardan gelen az sayıdaki fotonu yakalarlar. *Gigantocypris*'in de okyanusun derinliğine sızan az sayıdaki fotonla aynı şeyi yaptığını düşünmek cezbedici, ama Michael Land tarafından yapılmış olan yeni araştırmalar detaylarda benzerlik olabileceğine dair herhangi bir düşünceyi yalanlıyor. *Gigantocypris*'in nasıl gördüğü şu an için net değil.¹

Fakat görüntü oluşturmak için şüphesiz bir şekilde gerçek bir eğimli ayna kullanan başka bir hayvan türü var, gerçi bu hayvan görüntüyü oluşturmaya yardım eden bir merceğe de sahip. Bu hayvan deniz tarağıydı ve bir kez daha bu gerçek

1 -ed.n. Günümüzde eldeki bilgilere göre bu canlı aslında en başta şüphelenildiği gibi görüntüyü odaklamak için mercek yerine çukur ayna kullanıyor. Derin denizlerde yaşayan bu canlının gözleri, göze ulaşabilen az miktardaki ışığı toplamada diğer hayvanlara göre daha iyi, yani daha az ışıkla bir görüntü oluşturabiliyor. Ama bu görüntü mercek gözlere göre büyük ihtimalle daha bulanık. Bu canlının bu gözleri derin denizlerdeki ışık yayan minik avları bulmak için kullandığına inanılıyor.



Şekil 5.18 Görüntü oluşturma problemine getirilen eğimli ayna çözümleri:
(a) Aynalı teleskop;
(b) *Gigantocypris*, Sör Alister Hardy tarafından çizilmiş olan büyük bir planktonik kabuklu;
(c) kabuktaki boşluğu gözetleyen bir deniz tarağına ait gözler;
(d) deniz tarağı gözünün enine kesiti;
(e) Kartezyen oval.

de hayvan gözü araştırmalarının Kral Midas'ı¹ olan Michael Land tarafından keşfedildi.

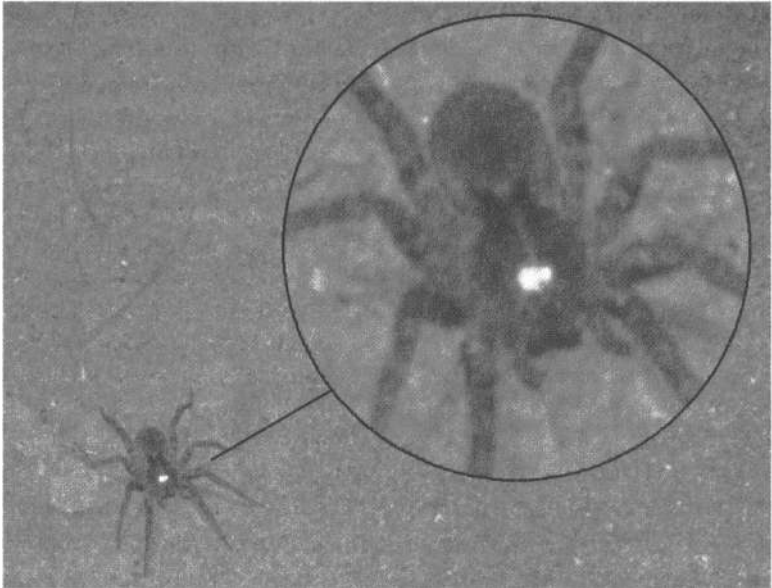
Şekil 5.18 c'deki fotoğraf bu çift kabuklu yumuşakçalardan birini gösteriyor. Kabuk ile dokunaçların arasında düzinelerce küçük gözden oluşan bir sıra var. Her bir göz, retinanın oldukça arkasında yatan eğimli bir ayna kullanarak görüntü oluşturur. (Resim renkli olsaydı sizin de görebileceğiniz şekilde,) her gözün küçücük mavi veya yeşil bir inci gibi parlamasına sebep olan şey bu aynadır. Göz kesiti Şekil 5.18 d'deki gibi gözüktür. Az önce bahsettiğim üzere, aynayla beraber bir tane de mercek bulunur ve bu konuya sonra geri döneceğim. Retina, mercek ile eğimli ayna arasında bulunan grimsi bölgenin tamamıdır. Retinanın ayna tarafından yansıtılan keskin görüntüyü gören kısmı, merceğin arka tarafına sıkıca dayanmış olan bölümdür. O görüntü baş aşağıdır ve ayna tarafından geriye doğru yansıtılan ışınlar tarafından oluşturulmaktadır.

Peki neden bir de mercek var ki? Bunun gibi küre şeklindeki aynalar küresel sapma olarak adlandırılan özel bir tür bozulmaya maruz kalırlar. Meşhur bir aynalı teleskop tasarımı olan Schmidt teleskopu, bu sorunun üstesinden zekice bir mercek ve ayna kombinasyonuyla gelir. Buradaki deniz tarağı gözleri sorunu birazcık farklı bir şekilde çözmüşe benziyor. Küresel sapmanın üstesinden "Kartezyen oval" olarak adlandırılan bir şekle sahip olan özel bir tür mercek aracılığıyla gelinebilir. Şekil 5.18 e, ideal bir kuramsal Kartezyen oval taslağıdır. Deniz tarağına ait gözün yandan görünüşüne şimdi bir kez daha bakın (Şekil 5.18 d). Profesör Land bu çarpıcı benzerlikten esinlenerek, merceğin orada ana görüntü oluşturucu aynanın küresel sapmasının düzelticisi olarak bulunduğunu öneriyor.

Bu eğimli aynanın dağın kendi bölgesinde yukarı tırmanmaya ilk başladığı başlangıç noktası neydi diye soracak olursak, eldeki bilgilere dayalı bir tahmin yapabiliriz. Retinaların arkasında bulunan yansıtıcı tabakalar hayvanlar âleminde

1 -ed.n. Kral Midas, Yunan mitolojisinde dokunduğu her şeyi altına çevirdiği hikayesiyle geçer.

yaygındırlar ama farklı bir amaçları bulunur. Deniz taraklarında olduğu gibi görüntü oluşturmak için kullanılmazlar. Güçlü bir fenerle ormanın derinliklerine doğru ilerlerseniz, doğruca size doğru bakan sayısız ışın çiftleri görürsünüz. Pek çok memelinin, özellikle Resim 5.19 b'deki Batı Afrika'dan altın potto veya angwantibo gibi gece avlanan hayvanların retinalarının arkasında yansıtıcı tabaka olan tapetumları (guanin aynaları) vardır. Tapetumun yaptığı şey, ışık hücrelerinin durduramadığı fotonları yakalamak için ikinci bir yakalama fırsatı sunmaktır. Yakalanmadan geçen her bir foton, tam olarak onu az önce yakalamakta başarısız olmuş ışık hücresine geri yansılır. Farklı bir hücreye yansıtılsaydı görüntü bozulurdu ve bu şekilde görüntü bozulmadan foton yakalama verimi arttırılmış olur. Omurgasızlar da tapetumu keşfetmiştir. Ormanda parlak bir ışık yakmak belirli türden örümcekleri bulmak için mükemmel bir yoldur. Bir örümceğe karanlıkta ışık tuttuğunuzda (Resim 5.19 a), yollarda işaret görevi gören “kedigözlerinin” neden “örümcek gözleri” olarak anılmadığını merak edebilirsiniz. Gelen tüm fotonla-



Resim 5.19 a Fotonları geri yansıtarak onları geri kazanma. Bir örümceğin ışıldayan tapetumları.



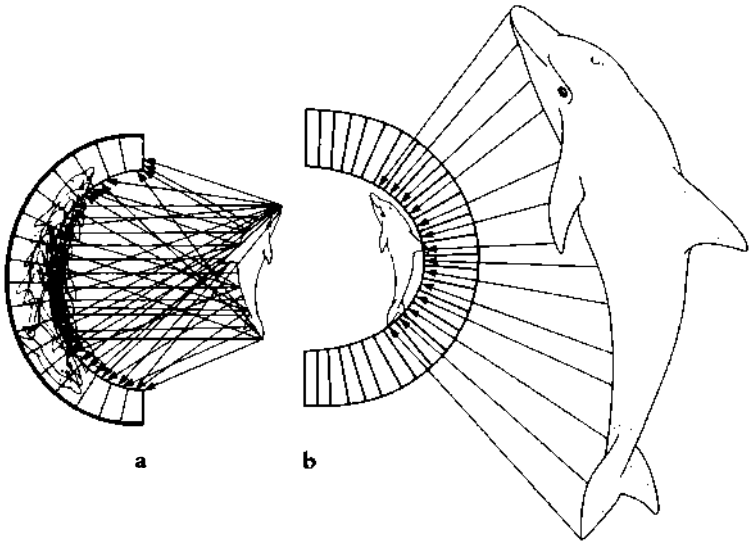
Resim 5.19 b Bir altın pottoya ait gözlerin arkasında bulunan parlıd-yan tapetumlar.

rı kaçırmadan yakalamak için kullanılan tapetumlar atasal kâse gözlerin içinde merceklerden daha önce evrimleşmiş olabilirler. Belki de tapetum bir ön uyumlanmadır ve birkaç yalıtılmış canlıda değişiklik geçirerek yansıtıcı teleskop türünden bir göze dönüşmüştür. Ya da ayna başka bir kaynaktan ortaya çıkmıştır. Bu konuda emin olmak zor.

Mercekler ve eğimli aynalar bir görüntüyü keskin bir biçimde odaklamanın iki yoludur. Her iki durumda da görüntü baş aşağı ve sağdan-sola ters çevrilmiş bir biçimdedir. Hiçbir yönde ters çevrilmemiş bir görüntü üreten tamamıyla farklı bir göz türü, böcekler, kabuklular, bazı solucanlar ve yumuşakçalar, kral yengeçleri (asıl yengeçlerden daha çok örümceklere yakın oldukları söylenen tuhaf deniz canlıları) ve günümüzde nesli tükenmiş olan trilobitlerin büyük bir grubu tarafından tercih edilmiş bileşik gözlerdir. Aslında bileşik gözün birçok farklı çeşidi vardır. En temel olanıyla, yani apozisyon (yan yana getirilmiş) bileşik göz adı verilen gözle başlayacağım. Apozisyon gözün nasıl çalıştığını anlamak için

Olasılıksızlık Dağının neredeyse en dibine geri döneriz. Gördüğümüz gibi, bir gözün bir görüntüyü görmesini veya yalnızca ışığın varlığını haber vermenin ötesine geçmesini istiyorsanız, tek bir ışık hücresinden daha fazlasına ihtiyacınız bulunur ve bu hücrelerin her biri bir diğerine gelenden farklı bir yönden gelen ışığı yakalamalıdır. Bu hücreleri birbirlerinden farklı yönlere bakacak şekilde konumlandırmanın bir yolu, bir kâseye koyup, arka taraflarını ışık geçirmez bir perdeyle örtmektir. Şu ana kadar konuştuğumuz gözlerin tamamı bu içbükey kâse prensibinin soyundan gelmişti. Ama problemin belki de kâse gözden daha bariz bir çözümü, ışık hücrelerini kâsenin dışbükey yüzeyine koymak ve böylelikle onların farklı yönlerde dışa doğru bakmalarını sağlamaktır. Bileşik gözü en basit olarak böyle düşünebiliriz.

Bir yunusun görüntüsünü oluşturma probleminden ilk bahsedişimizi hatırlayın. Bu problemin çok fazla görüntüye sahip olmak şeklinde özetlenebileceğini söylemiştim. Retina üzerinde, her yönden gelen ve her noktada oluşan sonsuz sayıdaki “yunus” görüntüleri birbirlerine karışarak hiçbir görüntü olmamasına yol açıyordu (Çizim 5.20 a). İğne deliği göz



Çizim 5.20 (a) Çizim 5.6'nın yeniden çizilmiş hali; (b) kâsenin içi dışına çevrildi. Apozisyon bileşik göz prensibi.

işe yaramıştı çünkü ışınların neredeyse tamamını filtreliyordu ve geriye kalan ışınlar iğne deliğinde birbirleriyle kesiştikten sonra retinaya düşerek tek bir baş aşağı yunus görüntüsü oluşturuyorlardı. Mercekten, aynı prensibin biraz daha gelişmiş bir çeşidi olarak bahsetmiştik. Apozisyon bileşik göz ise sorunu iğne deliğinden daha da basit bir şekilde çözer.

Bu bileşik göz, bir kubbenin çatısından her doğrultuda yayılan düz uzun tüp demeti olarak inşa edilmiştir. Her tüp bir nişan dürbünü gibidir, baktığı yönde dünyanın sadece çok küçük bir noktasını görür. Diğer gözlerde kullandığımız filtreleme mecazının ifadelerini kullanırsak, her tüpte dünyanın diğer taraflarından gelen ışınlardan, tüpün duvarları ve kubbenin ışık geçirmeyen arka kaplaması sayesinde korunulmuştur. Böylece tüpteki bir ışık hücresine sadece tüpün baktığı yönden gelen ışınlar düşebilir.

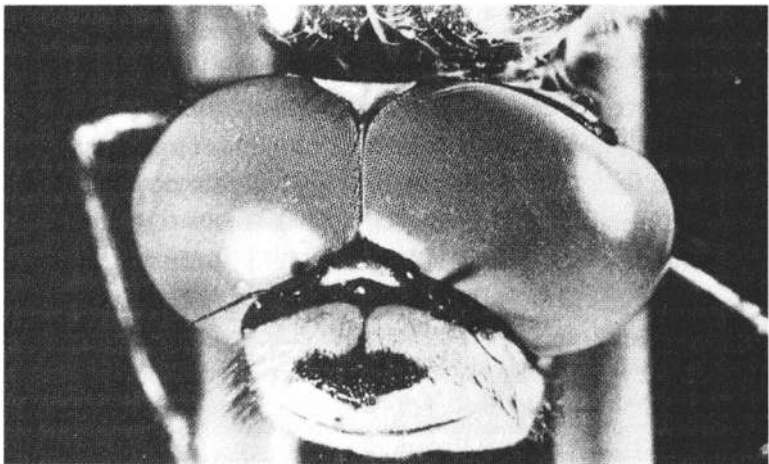
Apozisyon bileşik gözün çalışma şekli temel olarak budur. Bu bileşik gözlerdeki tüplerin her birine ommadityum denir. Ancak pratikte bu tüpler bir tüpten bir parça daha fazlasıdır. Her biri kendi özel merceğine ve genelde yarım düzine civarı ışık hücresinden oluşan kendi minik “retinasına” sahiptir. Her bir ommadityuma ışınlar düştüğünde dar tüpün dibinde baş aşağı bir görüntü oluşturur. Yani her ommadityum düşük kaliteli bir kamera gözü gibi çalışmaktadır. Ancak her ommadityum beyne bir görüntü göndermek yerine, sadece hücrelerine toplamda ne kadar ışık düştüğünü rapor eder.

Merceğin tek görevi, ommadityumun nişan dürbünü yönünden gelen daha çok ışını toplayarak tüpün dibindeki minik retinaya odaklamaktır. Ommadityumların tamamından gelen bilgiler bir araya getirilerek oluşturulan “görüntü” Çizim 5.20 b’de gösterildiği gibi doğru yöne bakıyor olur.

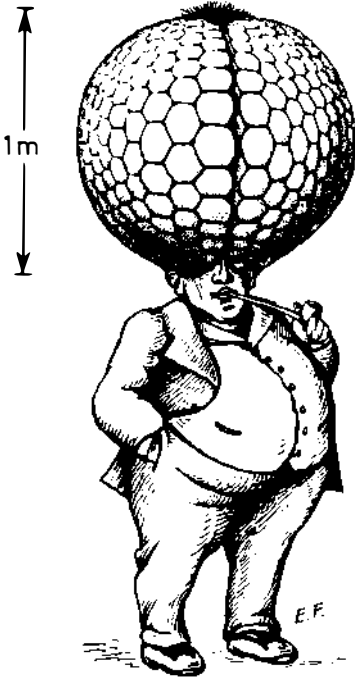
Her zaman olduğu gibi, “görüntü” biz insanların düşündüğü türden bir görüntüyü ifade etmek zorunda değildir. Yani bir manzaranın bütününün eksiksiz ve renkli bir algısı olmak zorunda değildir. Onun yerine, farklı yönlerde neler olduğunun ayırımına varmak için gözleri *herhangi* bir şekilde kullanma yeteneğinden bahsediyoruz. Örneğin bazı böcekler bileşik gözlerini yalnızca hareket eden hedefleri izlemek için

kullanıyor olabilirler. Sahnenin hareketsiz öğelerine karşı tamamen kör olabilirler. Hayvanların etraftaki şeyleri bizim gördüğümüz şekilde görüp göremedikleri sorusu kısmen felsefi bir sorudur ve bu soruyu yanıtlamaya çalışmak beklenilme-yecek kadar zor olabilir.

Bileşik göz prensibi, örneğin tüm dikkatini hareket eden bir sinek üzerinde yoğunlaştırmış olan bir yusufçuk için işe yarar fakat bileşik bir gözün bizimki kadar detaylı görebilmesi için bizim sahip olduğumuz basit kamera çeşidinden muazzam miktarda büyük olması gerekirdi. Bunun nedeni yaklaşık olarak şöyledir. Hepsinin diğerlerine göre birazcık farklı yönlere baktığı ne kadar fazla ommadityumunuz varsa o kadar fazla detayı görebileceğiniz açıktır. Bir yusufçuk 30.000 kadar ommadityuma sahip olabilir ve bu sayı böcekleri havada avlamak için oldukça iyidir (Resim 5.21). Ancak bizim görebildiğimiz kadar detaylı görebilmek için milyonlarca ommadityuma ihtiyaç vardır. Milyonlarca ommadityumu sığdırabilmenin tek yolu onları fazlasıyla ufak yapmaktır. Ve maalesef bir ommadityumun ne kadar küçük olabileceği konusunda kesin bir alt sınır vardır. Bu sınır çok küçük iğne deliklerinden konuşurken karşılaştığımızla aynı sınırdır ve buna kırınım sınırı adı verilir. Bunun sonucu olarak, insan kamera



Resim 5.21 Uçan bir avcı olan yusufçuktaki (*Aeshna cyanea*) büyük bileşik gözler.



Şekil 5.22 Kuno Kirschfeld'in, eğer bir insan bileşik gözler kullanarak normal bir insan kadar detaylı görebilseydi, bu durumun nasıl olacağına dair çizdiği resim.

gözü gibi net görebilen bir bileşik göz yapabilmek için bu bileşik gözün çapının yirmi dört metre gibi gülünç bir derecede büyük olması gerekirdi. Alman bilim adamı Kuno Kirschfeld, bir insanın bizim gözümüz yerine bileşik gözler kullanarak normal bir insan kadar detaylı görebilseydi nasıl bir şeye benzeyeceğini çizerek bu durumu dramatize etmişti (Çizim 5.22). Bu arada çizimdeki petek deseni oldukça empresyonist.¹ Resimde çizilmiş olan her altıgen yüzey gerçekte 10.000 omma-dityum'a tekabül ediyor. İnsan bileşik gözlerinin 24 metre değil de sadece bir metre olmasının nedeni, Kirschfeld'in biz insanların sadece retinamızın merkezinde detaylı görebildiğimizi hesaba katmış olmasıdır. Detaylı merkezi görüşümüzün ve retinamızın kenarlarına doğ-

ru oluşan çok daha az detaylı olan görüşümüzün ortalama-sını alarak bir metrelik göz gösterimine karar vermişti. İster bir metre isterse 24 metre olsun, bu şekildeki büyük bir göz pratikte kullanışlı değildir.

Buradan çıkan sonuç, eğer dünyadaki görüntüler detaylı bir şekilde görülmek isteniyorsa, bileşik göz değil, bir tane iyi merceğe sahip olan basit kamera gözü kullanılmasının en iyi yol olacağıdır. Dan Nilsson bileşik gözlerle ilgili şöyle der:

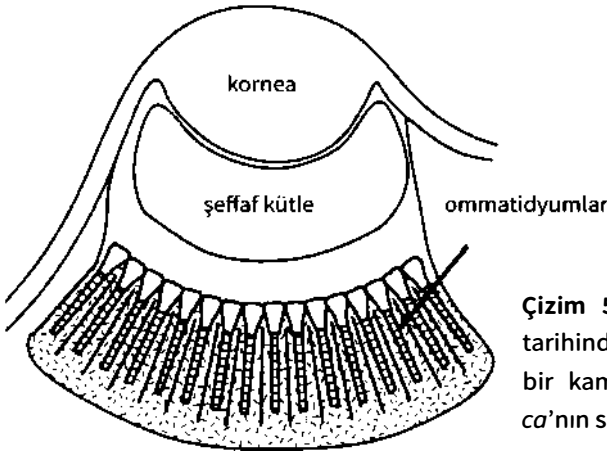
¹ -ed.n. Empresyonizm (izlenimcilik) 19. yüzyılda ortaya çıkan bir sanat akımıydı. Empresyonist tarzda boyanan resimler sahnenin detaylarının aslına uygun aktarılmasına değil, insanda oluşacak izlenime odaklıydı. Bir dipnotun bu akımın özünü aktarması zor olduğundan, ayrıntılı bilgi için wikipedia maddesine bakabilirsiniz.

“Evrimin, temelinde feci kötü olan bir tasarımı iyileştirme çabasıyla umutsuz bir savaş vermekte olduğunu söylemek pek bir abartı olmaz.”

O halde, böcekler ve kabuklular neden bileşik gözü terk edip onun yerine kamera göz geliştirmiyorlar? Bu durum Olasılıksızlık Dağı kütesinde bir vadinin yanlış tarafında tuzığa düşme vakalarından birisi olabilir. Bileşik gözü kamera göze değiştirmek için, işe yarayan ara formların sürekli bir serisinin olması gerekir. Yani bileşik göz yavaş yavaş kamera göze dönüşmelidir. Daha iyi bir şeye ulaşmak için en başa dönebilirsiniz, daha yüksek bir doruğa tırmanmak için bir vadiden aşağı doğru inemezsiniz. Peki, bileşik göz ile kamera göz arasındaki geçiş formlarında ne gibi bir sorun var ki bu dönüşüm gerçekleşmiyor?

Akla en azından bir tane çarpıcı güçlük gelir. Bir kamera göz baş aşağı görüntüler oluşturur. Bileşik gözün görüntüsüye doğru yöndedir. Bu ikisi arasında bir orta yol bulmak oldukça zordur. Olası bir ara biçim, hiç görüntü olmamasıdır. Derin denizlerde veya tamamen karanlıkta yaşayan bazı hayvanlar bulunur ve bu hayvanlara o kadar az foton ulaşır ki, bir görüntü oluşturmaya çalışmaktan tamamen vazgeçmişlerdir. Umabildikleri tek şey herhangi bir ışık olup olmadığını anlayabilmektir. Böylesi bir hayvan, görüntü işlemek için kullandığı sinir mekanizmasını tamamen kaybedebilir ve böylelikle yeni bir başlangıç yapmak açısından dağın tamamen farklı bir yamacını tırmanabilir. Böylelikle bileşik gözden kamera göze giden yolda bir geçiş formu olabilir.

Bazı derin deniz kabuklularının geniş bileşik gözleri bulunur ama mercekleri ya da başka optik cihazları hiç yoktur. Bu hayvanların ommatidyumları tüplerini kaybetmiştir ve ışık hücreleri dış yüzeyde arada başka bir engel olmadan dizilidir. Burada, gelen az sayıdaki fotonu, hangi yönden geldiklerine bakmaksızın yakalarlar. Bu noktadan itibaren, Çizim 5.23'te gösterilen çarpıcı göze ulaşabilmek için küçük bir adımdan fazlasına gerek yokmuş gibi gözükür. Bu göz, kabuklu bir hayvan olan *Ampelisca*'ya aittir. Bu hayvan çok da derinlerde yaşamaz, muhtemelen derin denizlerde yaşayan atalarından

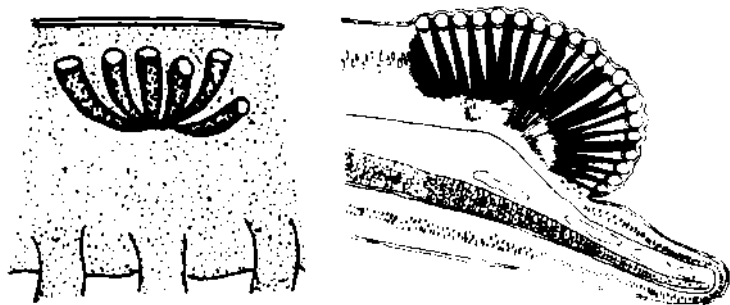


Çizim 5.23 Kendi atasal tarihinde bileşik göz olan bir kamera göz. *Ampelisca*'nın sıra dışı gözü.

bu yana yeniden yukarılara doğru çıkma yolunda bir yerlerdedir. *Ampelisca*'nın gözü bir kamera göz gibi çalışır, retinanın üzerinde baş aşağı bir görüntü oluşturan tek bir merceği vardır. Ancak retinanın bileşik bir gözden türetildiği apaçıktır ve bir ommatidyum kümesinin kalıntılarından oluşur. Bu, küçük bir adım olabilir, ancak gerçekleşebilmesi için önce beynin baş aşağı olmayan görüntüleri işleme mekanizmasını “kaybetmesine” yetecek kadar uzun bir evrimsel zaman geçmiş olması gerekir.

Bu göz, bileşik gözden kamera göze doğru evrime bir örnektir (ayrıca, gözlerin hayvanlar âleminin her yanında bağımsız biçimde ne kadar kolay evrilebildiklerinin de bir başka örneğidir). Ancak, bileşik göz ilk olarak nasıl evrimleşti? Olasılıksızlık Dağının bu doruğunun aşağı yamaçlarında ne buluruz?

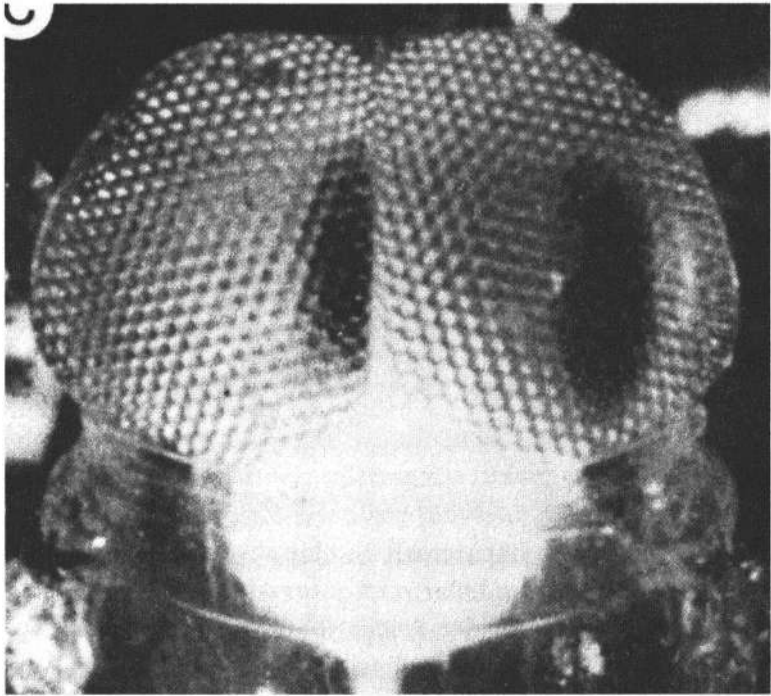
Günümüzdeki hayvanlar âlemine bakmak bize bir kez daha yardımcı olabilir. Eklembacaklılar (böcekler, kabuklular ve onların akrabaları) dışında bileşik gözlere sadece bazı deniz halkalı solucanlarında (kum kurdu ve tüp solucanı) ve bazı çift kabuklu yumuşakçalarda rastlanılmaktadır (bunlar muhtemelen yine bağımsız olarak evrilmiştir). Sorumuz açısından kurtçuklar ve yumuşakçalar evrimsel tarihçiler olan bizlere yardımcı olurlar çünkü bu hayvanların içinde Olasılıksızlık Dağının bileşik göz doruğuna giden aşağı yamaçla-



Çizim 5.24 İki farklı kurtçuk türünde bulunan, bileşik gözlerin muhtemel ataları olabilecek gözler.

rında sıralanmış makul ara geçişlere benzeyen bazı ilkel gözler bulunur. Çizim 5.24'teki gözler iki farklı kurtçuk türüne aittir. Bir kez daha hatırlarsak, bunlar ata türler değil günümüzde yaşayan türlerdir ve muhtemelen gerçek ara geçiş türlerinden bile gelmezler. Ancak sol taraftaki ışık hücreleri yığınlarından sağ taraftaki bileşik göze doğru olabilecek evrimsel ilerlemenin nasıl bir şey olabileceğine dair bize kolaylıkla bir fikir verebilirler. Bu ilerlemenin eğimi de şüphesiz bir şekilde, sıradan kamera göze tırmanırken geçtiğimiz yokuşun eğimi kadar düşüktür.

Şu ana kadar tartıştığımız gibi, ommadityumların düzgün işleyebilmesi, komşularından iyi yalıtılmış olmalarına bağlıdır. Yunusun kuyruk ucuna doğru bakan nişan dürbünü, yunusun diğer kısımlarından gelen ışınları yakalamamalıdır, aksi takdirde ilk baştaki milyonlarca yunus görüntüsü sorununa geri dönmüş oluruz. Ommadityumların çoğu, tüpünün etrafında karanlık bir pigment kılıfa sahip olarak yalıtımı sağlar. Ancak bunun kötü yan etkilerinin olduğu bazı zamanlar vardır. Bazı deniz canlıları kamufle olabilmek için şeffaflığa bel bağlarlar. Deniz suyunda yaşarlar ve deniz suyu gibi görünürler. Öyleyse bu hayvanların kamuflajlarının özü, fotonları durduraktan kaçınmaktır. Ancak ommadityumların etrafındaki karanlık perdelerin tek amacı fotonları durduraktır. Bu zor çelişki kurtulmak nasıl mümkün olabilir?



Resim 5.25 Fiber-optik ışık kılavuzlarına sahip olan bir derin deniz kabuklusunun gözü.

Bu soruna kısmi bir çözümü zekice üretmiş olan bazı derin deniz canlıları vardır (Resim 5.25). Bu canlıların perdeleme pigmentleri bulunmaz ve ommatidyumları bildiğimiz anlamda tüpler değildirler. Onun yerine, tıpkı insan yapımı optik lifler gibi çalışan şeffaf ışık kılavuzlarıdır. Her bir ışık kılavuzu, ön uç kısmında şişer ve balıkgözü gibi değişken kırınım indisine sahip küçük bir mercek oluşturur. Bu mercek ve ışık kılavuzunun geri kalan kısmı, bağlı olduğu yerdeki ışık hücreleri üzerine büyük bir miktarda ışığı odaklar. Ancak ışık kılavuzuna sadece nişan dürbününün doğrudan baktığı noktadan gelen ışınlar girebilir. Bu ışık kılavuzu tüpüne yanlardan vuran ışınlar, bir perdeleme pigmentine çarpıp sönmülmeyen, onun yerine tüpe çarpıp çeşitli doğrultularda yansır ve ışık kılavuzuna girmezler.

Tüm bileşik göz türleri kendilerine gelen ışığın tamamını yalıtmaya çalışmazlar. Bu sadece apozisyon göz türlerinde gerçekleştirilir. Daha incelikli bir şey yapan en az üç farklı “üstdüşüm (süperpozisyon)” bileşik göz türü bulunur. Bu göz türleri, ışınları tüplerin veya fiber optik ışık kılavuzlarının içine hapsetmekten çok farklı bir şekilde, bir ommadityumun merceğinden geçen ışınların komşu ommadityumun ışık hücrelerince yakalanmasına izin verirler. Tüm ommadityumlar tarafından paylaşılan boş, şeffaf bir bölge bulunur. Tüm ommadityumların mercekleri ortak bir retina üzerinde tek bir görüntü oluşturmak için birlik olurlar. Bu ortak retina tüm ommadityumların ışığa duyarlı hücreleri tarafından müştereken oluşturulur. Bu türde bir bileşik gözün oluşturma bileceği görüntüye dair bir örnek için Resim 5.26’ya bakın.

Bu göz türünde görüntü, kamera gözden veya Çizim 5.23’teki *Ampelisca*’ninkinden farklı olarak apozisyon bileşik gözde olduğu gibi doğru yöndedir. Üstdüşüm gözlerin apozisyon atasal gözlerden geldiği varsayıldığında beklenecek şey zaten bu olacaktır. Tarih-sel açıdan anlamlıdır ve söz konusu şey beyin olduğunda geçiş zahmetsiz gerçekleşmiş olmalıdır. Ancak bu hala çok çarpıcı bir gerçek. Çünkü bu yolla tek bir düz görüntü oluşturma fiziksel problemlerini düşünün. Apozisyon bir gözdeki her bir ommadityumun önünde bir merceği bulunur ve bu mercek retinaya bir görüntü yansıtıyorsa bile görüntü baş aşağıdır. Apozisyon bir gözü üstdüşüm bir göze dönüştürmek için, her mercekten geçen ışınların bir şekil-



Resim 5.26 Charles Darwin’in resminin bir ateş böceğinin üstdüşüm bileşik gözünden görüneydi nasıl olacağına dair Michael Land’ın resmi.

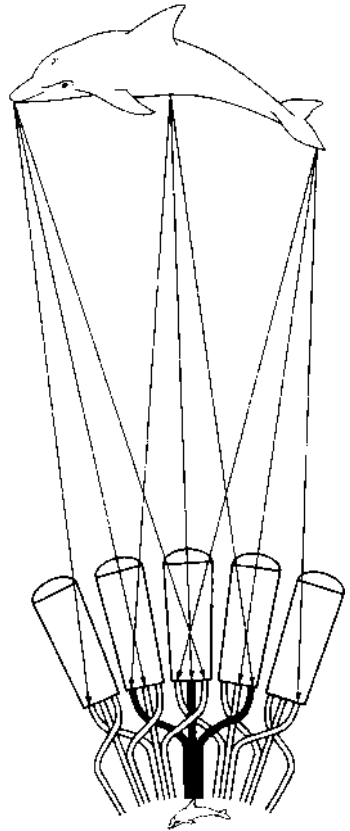
de doğru yöne çevrilmesi gerekir. Sadece bununla da kalmaz, tüm o farklı merceklerin oluşturduğu bağımsız görüntülerin tamamının ortak bir görüntü için dikkatlice üst üste getirilmesi gerekir. Bunu yapmanın avantajı, ortak görüntünün çok daha parlak olmasıdır. Ancak ışınları ters yöne döndürme işinin fiziksel zorlukları muazzamdır. Hayret verici bir şekilde, bu problem evrimde çözülmekle kalmamış, bu çözüme en az üç bağımsız ve farklı yolla ulaşılmıştır. Bu üç farklı yol, karmaşık mercekler, karmaşık aynalar ve karmaşık bir sinir sistemi devresi kullanımıdır. Detaylar o kadar karmaşık ki, onları ayrıntılı olarak anlatmaya çalışmak, hâlihazırda oldukça karmaşık hale gelmiş olan bu bölümün dengesini iyice bozabilir. Bu yüzden onları sadece özetle aktaracağım.

Tek bir mercek, görüntüyü baş aşağı çevirir. Aynı sebepten dolayı bu merceğin arkasına uygun bir mesafeye başka bir mercek koyarsanız görüntü doğru yöne geri döner. Bu kombinasyon Kepler teleskopu olarak anılan bir teleskopta kullanılır. Eşdeğer etkiye tek bir mercekte bazı kırınım indisi geçişleri kullanılarak ulaşılabilir. Daha önce görmüş olduğumuz gibi, insan yapımı olanların aksine canlı mercekler kırınım indislerinde geçişli bir yapıya kolaylıkla ulaşabilirler. Kepler teleskopu etkisinin benzerini gerçekleştiren bu yöntem, mayıs sinekleri, zarkanatlılar, kınkanatlılar, güveler ve beş farklı kabuklu grubunun üyeleri tarafından kullanılmaktadır. Akrabalık mesafeleri, bu grupların en az birkaçının aynı Kepler yöntemini birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdiklerini önermektedir. Eşdeğer bir yöntem de kabukluların üç grubu tarafından aynalar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu üç gruptan ikisi aynı zamanda geçişli indisli mercek numarasını kullanan üyeleri de içerir. Aslında, hangi hayvan grubunun farklı türlerdeki bileşik gözlerden hangilerini benimsediklerine bakarsanız, harikulade bir şey fark edersiniz. Sorunlara farklı çözümler her yerde ortaya çıkmıştır ve bu durum bir kez daha hızlı ve kolay bir şekilde evrimleştiklerine işaret eder.

“Sinirsel üstdüşüm” veya “kablolanmış üstdüşüm” iki kanatlı böceklerin büyük ve önemli bir grubu olan sineklerde evrimleşmiştir. Benzer bir sistem de su kayıkçısı böceğin-

de gerçekleşmektedir ve yine görüne göre o da bağımsız olarak evrimleşmiştir. Sinirsel üstdüşüm şeytani bir zekiliğe sahiptir. Buna üstdüşüm demek bir anlamda yanlış olur çünkü buradaki ommadityumlar apozisyon gözlerdeki gibi yalıtılmış tüplerdir. Ancak ommadityumların arkasındaki sinir hücrelerinin dahice bağlanmasıyla üstdüşüm benzeri bir etki gerçekleştirilir. Bu şöyle gerçekleşir. Tek bir ommadityumun “retinasının” yaklaşık yarım düzine ışık hücresinden oluştuğunu hatırlayacaksınız. Sıradan apozisyon gözlerde, altı ışık hücresinin sinyalleri basit bir şekilde birleştirilir. Orada retinayı tırnak işareti içerisinde belirtmemin sebebi de buydu, yani tüpten aşağı inen tüm fotonlar hangi ışık hücresine vururlarsa vursunlar sayılırlar ve ayrık bir görüntü yoktur. Birkaç ışık hücresine aynı anda sahip olma tek amaç, ışığa toplam duyarlılığı arttırmaktır. Bu sebepten dolayı, bir apozisyon ommadityumunun dibindeki küçücük bir görüntünün teknik olarak baş aşağı olması fark etmez.

Ancak bir sineğin gözündeki altı hücrenin çıkış kabloları *birbirleriyle* birleştirilmemiştir. Onun yerine, her bir çıkış kablosu *komşu* ommadityumlardaki *belirli* hücrelerin çıkış kablolarıyla birleştirilmiştir (Çizim 5.27). Belirtmek gerek, bu şemadaki ölçek yanlıştır ve sadece anlatım kolaylığı sağlaması için böyle çizilmiştir. Aynı sebepten dolayı şekildeki oklar da ışınları temsil etmiyorlar (gerçekte mercekler o ışınları bükkerdi). Onun yerine yunus üzerinden gelen fotonların tüplerin

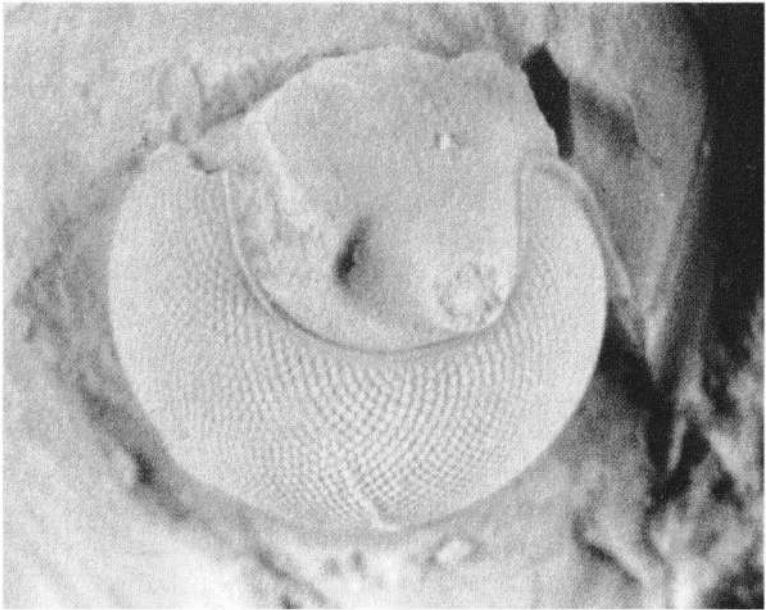


Çizim 5.27 “Kablolanmış üstdüşüm” bileşik gözün dahice prensibi.

dibindeki noktalara olan eşlenmesini temsil ediyorlar. Şimdi bu düzenlemenin ezici marifetini görelim. Esas fikir, bir ommadityumda yunusun kafasına bakan ışık hücrelerinin çıkış kablolarının, komşu ommadityumlardaki yunus kafalarına bakan ışık hücrelerinin çıkış kablolarıyla birleştirilmiş olmasıdır. Bir ommadityumda yunusun kuyruğuna bakan ışık hücrelerinin çıkış kabloları, komşu ommadityumlardaki yunus kuyruğuna bakan ışık hücrelerinin çıkış kablolarıyla birleştirilmiştir. Ve bu şekilde devam eder. Sonuç, yunusun her bir parçasına, basit bir tüp düzeneğine sahip olan sıradan bir apozisyon gözde olacağından daha fazla sayıda foton tarafından işaret edilmesidir. Bu, yunusumuzun üzerindeki bir noktadan gelmekte olan fotonların sayısını nasıl artıracığımızla ilgili olan önceki problemimize karşı optik bir çözümden ziyade bir tür bilgi işlem çözümüdür.

Burada aslında tam olarak üstdüşüm olmasa bile neden üstdüşüm dendiğini anlayabilirsiniz. Gerçek üstdüşümde, karmaşık mercekler veya aynalar kullanılarak, komşu tüplerden gelen ışık üst üste koyulur ve böylelikle yunusun baş kısmından gelen fotonlar, baş kısımdan gelen diğer fotonlarla, kuyruğundan gelenler kuyruğundan gelen diğer fotonlarla ve diğer yerlerden gelen fotonlar yine diğer yerlerden gelen fotonlarla aynı yere düşmüş olur. Sinirsel üstdüşümde, fotonlar bir apozisyon gözde olacağı gibi yol alır, üst üste gelmez ve farklı yerlere düşerler. Ancak o fotonlardan *kaynaklanan* sinyaller, beyne giden tellerin ustaca bağlanmasıyla aynı noktada buluşurlar.

Kamera gözün evriminin hızına dair Nilsson'un tahmini, hatırlayacağınız üzere, yerbilimsel standartlarla neredeyse aniydi. Geçiş aşamalarını kaydeden fosilleri bulsaydınız şanslı sayılırdınız. Bileşik gözler ya da gözün diğer tasarımları için kesin tahminler yapılmamıştır, ancak çok daha yavaş olacaklarını sanmıyorum. Fosillerde gözlerle ilgili çok fazla detay bulmak genellikle beklenmez çünkü gözler fosilleşemeyecek kadar yumuşaktırlar. Bileşik gözler buna istisnadırlar çünkü gözün dış yüzeylerini oluşturan madde boynuzsu sert maddeden yapılırlar ve bu da ommadityumların zarif dizilişlerini



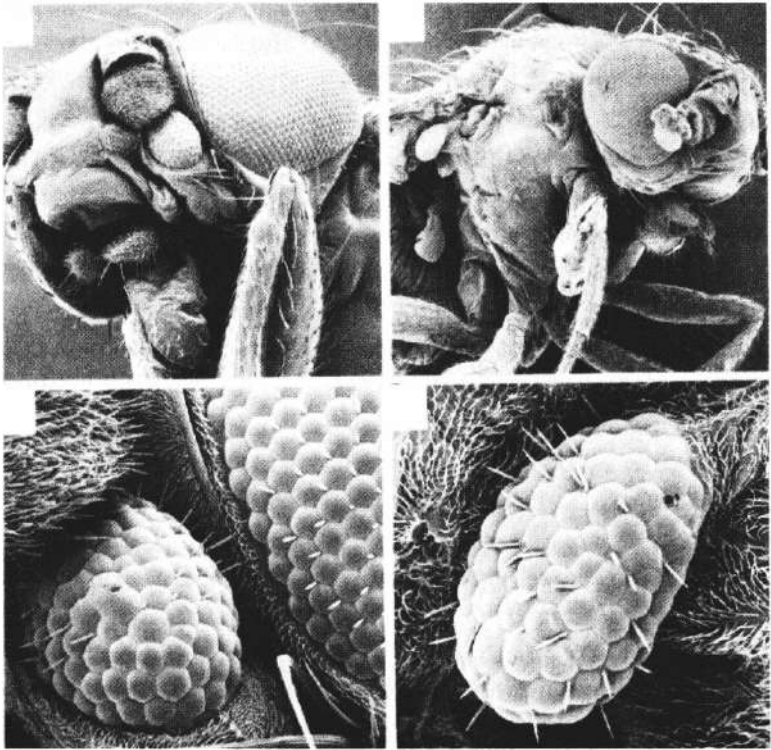
Resim 5.28 Bileşik gözler 400 milyon yıl önce de oldukça gelişmişti: Fosilleşmiş trilobit gözü.

ele verir. Resim 5.28 yaklaşık 400 milyon yıl önceye denk gelen Devonyen dönemine ait bir trilobit gözü göstermektedir. Bu göz günümüzdeki bileşik gözler kadar gelişmiş görünür. Bir gözün evrilmesi için geçmesi gereken zaman yerbilimsel standartlarla göz ardı edilecek kadar düşükse görmeyi bekleyeceğimiz şey de budur.

Bu bölümün ana mesajlarından biri gözlerin hızlı ve kolay bir şekilde evrimleştiğidir. Alanında uzman bir kişinin hayvanlar âleminin farklı kısımlarında gözün birbirlerinden bağımsız bir biçimde en az 40 defa evrimleştiğine dair ulaştığı sonucu alıntılayarak bölüme başlamıştım. Ancak Profesör Walter Gehring ile birlikte çalışan bir grup araştırmacı tarafından İsviçre'den rapor edilen bir dizi deneysel sonuç, bu mesaja meydan okuyormuş gibi görünebilir. Ne bulduklarını ve bu bölümün ana fikrine neden gerçekten meydan okumadığını kısaca açıklamalıyım. Başlamadan önce, genetikçilerin genlerin isimlendirilmesiyle ilgili çileden çıkarıcı geleneklerinden dolayı özür dilemem gerekiyor. Meyve sineği *Drosop-*

hila'daki *eyeless* (gözsüz) olarak adlandırılan gen esasında göz yapar! (Şahane değil mi?) Bu kafa karıştırıcı terminolojinin sebebi aslında oldukça basit, hatta epey ilginçtir. Bir genin ne işe yaradığını, o gen bozulunca fark ederek öğreniriz. Bozulduğunda (mutasyon geçirdiğinde) sineklerin gözsüz olmasına neden olan bir gen bulunur. Bu genin kromozom üzerindeki pozisyonu bu sebeple *eyeless lokus* (gözsüz yer) olarak adlandırılmıştır ("locus" Latince yer anlamına gelen bir kelimedir ve genetikçiler bunu bir genin alternatif formlarının bir kromozom üzerinde bulundukları yeri ifade etmek için kullanırlar).¹ Ancak biz *gözsüz* adlı lokustan bahsettiğimizde, aslında o lokus üzerindeki normal, zarar görmemiş geni kastediyoruzdur. Gözsüz geninin göz yapıyor olması çelişkisi bundan kaynaklanır. Bu, bir hoparlöre "sessizlik cihazı" demek gibidir, çünkü radyodan hoparlörü çıkarttığınızda radyo susar. Bu isimlendirme yöntemini doğru bulmuyorum. Bu geni *göz yapıcı* olarak yeniden adlandırmak çekici geliyor, ama bu da kafa karıştırıcı olur. Bu gene kesinlikle *gözsüz* demeyeceğim ve onun yerine *gz* kısaltmasını kullanacağım. Bir hayvanın tüm genlerinin hayvanın tüm hücrelerinde mevcut olmaları genel bir gerçektir ancak vücudun herhangi bir parçasında bu genlerin sadece küçük bir azınlığı gerçekten çalıştırılır (veya teknik terimi kullanırsak "ifade edilir"). Her iki organda da aynı gen serisi bulunmasına rağmen, karaciğerlerin böbreklerden farklı olmasının sebebi budur. Yetişkin meyve sineğinde (*Drosophila*) *gz* geni genellikle kendisini sadece kafada ifade eder. Gözlerin orada gelişmesinin sebebi de budur. George Halder, Patrick Callaerds ve Walter Gehring *gz* geninin vücudun farklı yerlerinde ifade edilmesine sebep olan deneysel bir uygulamayı keşfetti. *Drosophila* larvaları üzerinde zekice oynamalar yaparak *gz* geninin kendisini antenlerde, kanatlarda ve bacaklarda ifade etmesine yol açtılar. Hayret verici bir biçimde, deneye tabi tutulan yetişkin sinekler kanatlarında, antenlerinde, bacaklarında ve vücutlarının

1 -ed.n. "Bir genin alternatif formu" ifadesine örnek olarak mavi ve yeşil göz renkleri genlerini verebiliriz. Annenizden ve babanızdan hangi göz rengi genini alırsanız alın, bu genler kromozom üzerinde aynı belirli noktada duracaklardır.



Resim 5.29 Meyve sineği *Drosophila*'daki uyarılmış ektopik gözler; sağ alttaki ektopik göz bir fare geni tarafından uyarılmıştı.

başka yerlerinde eksiksiz gözlere sahip olacak şekilde büyümüştü (Resim 5.29). Normal gözlerden biraz daha küçük olsalar da, bu “ektopik¹” gözler doğru bir şekilde oluşmuş bileşik gözlerdir ve doğru bir şekilde oluşmuş birçok ommadityum içerirler. Hatta çalışırlar da. Sineklerin bu gözlerle herhangi bir şey görüp göremediklerini bilmiyoruz ancak ommadityumlardaki sinirlerden elde edilen elektronik kayıtlar bu gözlerin en azından ışığa duyarlı olduklarını gösterir.

Bu, birinci çarpıcı gerçektir. İkinci gerçek ise daha da çarpıcı. Farelerde *küçük göz* adı verilen bir gen bulunur ve insanlar da da *aniridia* adı verilen bir gen vardır. Bu genlerin isimleri de genetikçilerin negatif adlandırma geleneğiyle verilmiştir: Bu genlerde oluşan mutasyon hasarları, gözlerin veya gözle-

1 -çev.n. Ektopik terimi, normalde olmaması gereken bir yerde olan anlamına gelir.

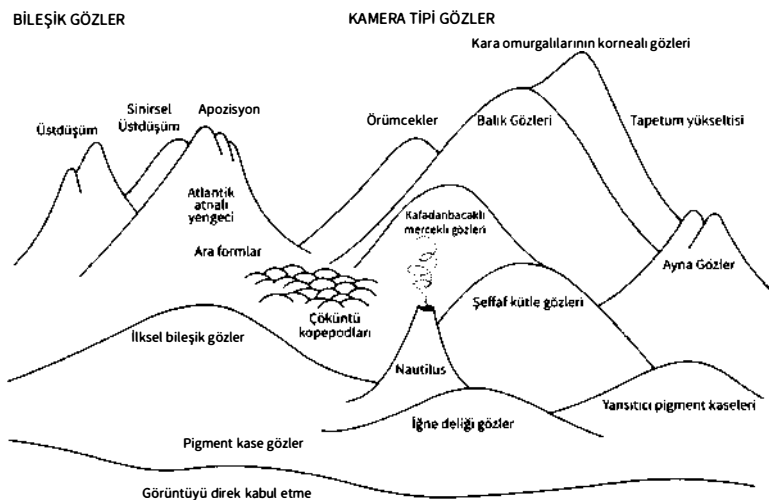
rin bazı kısımlarının küçülmesine ya da yok olmasına neden olur. İsviçre’de aynı laboratuvarında çalışan Rebecca Quiring ve Uwe Waldorf bu belirli memeli genlerinin DNA dizilimleri bakımından meyve sineği *Drosophila*’daki *gz* geninin neredeyse tıpatıp aynısı olduğunu buldular. Bu durum, aynı genin uzak atalardan yola çıkarak günümüzdeki hayvanların birbirlerine oldukça uzak olan memeliler ve böcekler gibi dallarına ulaştığı anlamına geliyor. Dahası, hayvanlar âleminin bu her iki büyük sınıfında da bu genin gözlerle yakından ilgili olduğu görülüyor. Üçüncü çarpıcı durum ise neredeyse çok ürkütücü. Halder, Callaerts ve Gehring, fare genini *Drosophila* embriyolarına sokmayı başardılar. Afallatıcı bir şekilde, bu fare geni, meyve sineği *Drosophila*’da ektopik gözlere yol açtı. Resim 5.29’un alttaki resmi, *gz* geninin faredeki eşdeğeri olan gen tarafından meyve sineğinin bacağına ortaya çıkartılmış küçük bir bileşik gözü gösteriyor. Bu arada dikkat edin ki, sineğin bacağına ortaya çıkması sağlanmış göz bir fare gözü değil, bir bileşik göz. Fare geni basitçe *Drosophila*’nın göz üreten gelişimsel mekanizmasının düğmesini açtı. *Gz* geninin DNA diziliminin hemen hemen aynısı olan genler ayrıca yumuşakçalarda, nemertine adı verilen deniz kurtçuklarında ve bazı deniz tulumlularında da bulundu. *Gz* geni hayvanlar arasında evrensel bir şekilde bulunuyor bile olabilirdi ve bu genin hayvanlar âleminin herhangi bir yerindeki vericiden alınan bir çeşidinin, hayvanlar âleminin oldukça uzak bir bölümündeki alıcıda göz gelişmesini uyarabiliyor olacağı şeklinde bir genel kural olduğu da ortaya çıkabilirdi.

Bu olağanüstü deneyler dizisi, bu bölümümüzün sonucu açısından ne anlama gelir? Gözlerin birbirlerinden bağımsız bir şekilde 40 defa evrimleştiğini söylediğimizde acaba yanılmış mıydık? Öyle olduğunu sanmıyorum. En azından, gözlerin kolayca ve hızlıca evrimleştiği ifadesinin geçerliliği bundan hiç etkilenmeden kalır. Bu deneyler, muhtemelen farelerin, insanların, deniz tulumlularının ve diğerlerinin paylaştıkları (paylaştığımız) ortak atasının gözlere sahip olduğu anlamına gelir. Uzak ortak atanın bir tür görüşü vardı ve bu görüş nasıl bir biçimde olursa olsun, muhtemelen günümüz-

deki gz genininkine benzer bir DNA diziliminin etkisi altında geliyordu. Ancak farklı göz türlerinin gerçekteki biçimleri, retina detayları ile mercekler ve aynalar, bileşik veya basit göz tercihi, eğer bileşikse, apozisyon ve farklı üstdüşüm çeşitleri arasındaki tercih, tüm bunlar birbirlerinden bağımsız ve hızlı bir şekilde geliyor. Bu durumu, hayvanlar aleminin her tarafına nokta nokta serpiştirilmiş bu çeşit çeşit mekanizmaların ve sistemlerin dağınık ve neredeyse gelgeç gönüllü bir şekilde dağıtılmış olmasına bakarak anlıyoruz. Özetle, hayvanlar sıklıkla yakın kuzenlerinin sahip oldukları gözleri andıran gözler yerine onlardan daha uzak kuzenleri olan hayvanların gözlerine sahiptir. Tüm bu hayvanların paylaştıkları ortak atalarının muhtemelen bir tür göze sahip olduğunun ve bu hayvanlardaki gözlerin hepsinin embriyonik gelişimlerinin aynı DNA dizilimi tarafından uyarılabilecekleri kadar ortak noktaya sahip olduklarının gösterilmesi bizim vardığımız sonucu sarsmaz.

* * *

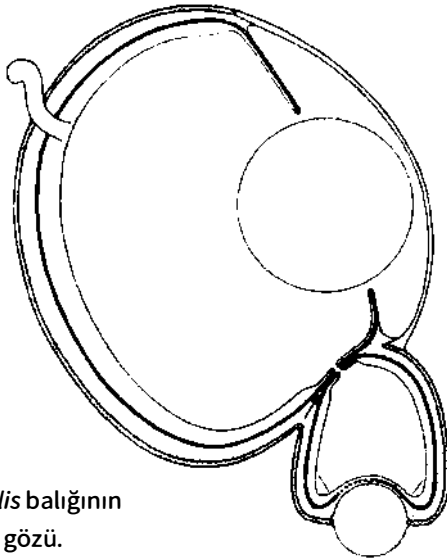
Michael Land kibarlık gösterip bu bölümün ilk taslağını okuyup eleştirilerini aktardığında, ondan Olasılıksızlık Dağı-



Çizim 5.30 Olasılıksızlık Dağı sıradağlarının göz ile ilgili olan bölgesi: Michael Land'in göz evrimi ile ilgili olan çizimi.

nın göz ile ilgili olan bölgesinin görsel bir temsilini yapmayı denemesini istedim ve Çizim 5.30 onun ne çizdiğini gösteriyor. Mecazların (benzetmelerin) belli amaçlar için kullanışlı olmaları ama başka amaçlar için kullanışlı olmamaları onların doğasında vardır ve üzerlerinde değişiklik yapmaya ve bazen gerekli olduğunda onlardan tamamen vaz geçmeye hazırlanmış olmalıyız. Bu durum, okuyucunun, her ne kadar Fuji Dağı gibi tekil bir isme sahip olsa da, Olasılıksızlık Dağı'nın aslında daha karmaşık bir şey olduğunu, birçok doruk noktasına sahip bir olgu olduğunu ilk fark edişi değildir.

Bu bölümü taslak halindeyken okuyanlardan birisi ve hayvan gözleri konusunda büyük bir otorite olan Dan Nilsson da dikkatimi bir gözün ortama uyan ve fırsatçı evriminin belki de en garip örneği olabilecek olan şeye çekerek merkezi mesajı özetledi. Üç farklı balık grubunda “dört gözlülük” durumu olarak adlandırılan durum üç kez birbirlerinden bağımsız bir şekilde evrimleşmişti. Dört gözlü balıkların muhtemelen en çarpıcısı *Bathylchnops exilis*'tir (Çizim 5.31). Alışılmış yön- de dışarı doğru bakan tipik bir balık gözüne sahiptir. Ancak ana göz duvarında konumlanmış bulunan ve doğruca aşağı doğru bakan ikincil bir gözü bulunur. Nereye bakıyor, kim bilir? Belki de *Bathylchnops* aşağıdan yaklaşma alışkanlığına



Çizim 5.31

Bathylchnops exilis balığının dikkate değer ikili gözü.

sahip olan korkunç bir avcıdan mustarip. Bizim bakış açımızdan ilginç olan şey şöyle. İkincil gözün embriyolojik gelişimi ana gözünkinden tamamen farklı, ancak bu gelişimin doğada gz geninin bir çeşidi tarafından uyarıldığından şüphelenebiliriz. Dr. Nilsson'un bana yazdığı mektupta belirttiği gibi "Bu tür, zaten bir merceğe sahip olmasına rağmen, bir merceği daha yeniden icat etti. Bu durum, merceklerin evrilmesinin zor olmadığı görüşü için iyi bir destek hizmeti görür."

Hiçbir şeyin evrilmesi biz insanların hayal ettiği kadar zor değildir. Darwin diğer insanların fikirleriyle bir parça uzlaşma amacıyla bir gözün evrilmesinin zor olduğu sonucuna varmak için eğilip büküldüğünde kendinden fazla ödün vermişti. Ve karısı şüphelerini kitabın kenarına yazıp altını çizdiğinde bilgilerinin ötesine geçiyordu. Darwin ne yapmakta olduğunu biliyordu. Yaradılışçılar, bu bölümün başında bahsettiğim alıntıyı çok severler ama asla tamamlamazlar. Gözün evrimine inanmanın güçlüğünden bahsetmeyi aslında çözümün basitliğiyle zıtlık oluştursun diye bir hitabet sanatı olarak kullanmış olan Darwin şöyle devam etmişti:

Güneşin sabit durduğu ve dünyanın güneşin etrafında döndüğü ilk defa söylendiğinde, insanlığın sağduyusu bu öğretinin yanlış olduğunu ilan etti; fakat *halkın sözü*, *hakkın sözüdür* deyişine, her filozofun bildiği üzere bilimde her zaman güvenilemez. Mantık bana diyor ki, eğer her bir aşaması sahibi için yararlı olacak şekilde, kusurlu, basit bir gözden, kusursuz, karmaşık bir göze doğru giden sayısız aşamaların gerçekleşmiş olduğu gösterilebilirse (ki durum kesinlikle bu şekilde), eğer göz biraz da olsa değişikliğe uğrayabiliyor ve bu değişiklikler kalıtılabiliyorsa (ki durum yine kesinlikle bu şekilde) ve bu değişiklikler değişen yaşam koşullarında hayvanlara yarar sağlıyorsa, o halde kusursuz ve karmaşık bir gözün, her ne kadar bizim hayal gücümüz algılayamasa da, doğal seçim yoluyla oluşabileceğine inanmakta çekilen zorluk bir gerçek olarak düşünülemez.

BÖLÜM 6

TÜM KABUKLAR MÜZESİ

Doğal seçim, evrimi Olasılıksızlık Dağının yamaçlarından yukarı doğru süren baskıdır. Aslında baskı gerçekten oldukça iyi bir benzetmedir. “Seçilim baskısından” söz ederiz ve onun bir canlı türünü evrilmeye zorladığını, dağın yokuşlarından yukarıya ittirdiğini neredeyse hissedebilirsiniz. Antilopları hızlı koşan bacaklarını evriltmeye iten seçim baskısını yırtıcıların sağladığını söyleriz. Ancak böyle konuşurken bile bunun gerçekte ne anlamı geldiğini hatırlarız: Kısa bacaklara yol açan genlerin avcı hayvanların midesinde son bulma olasılığı yüksektir ve bu nedenle dünya bu kısa bacaklarla daha az dolu hale gelir. Zor beğenen dişilerden gelen “baskı”, erkek sülünlerin şatafatlı ve masraflı tüylerinin evrimini gütmüştür. Bunun geldiği anlam, güzel bir tüye yol açan genin, kendisini bir dişinin vücudunun içine doğru yol alan bir sperm binmiş olarak bulma olasılığının özellikle yüksek olmasıdır. Ama biz bunu, erkekleri daha güzel olmaya doğru iten bir “baskı” olarak düşünürüz. Yırtıcıların ise bunun aksi yönde, yani daha donuk tüylere doğru bir seçim baskısı oluşturduklarına şüphe yoktur çünkü çarpıcı görünen erkekler muhtemelen dişilerin olduğu kadar yırtıcıların da dikkatini çekecektir. Avcı hayvanlardan gelen baskı olmasa, erkek kuşlar dişilerin oluşturduğu baskı

ile daha da ısıtılı ve abartılı hale gelecektir. Öyleyse seçim baskıları birbirlerine aksi yönlerde ya da aynı yönlerde veya aynı yönde ve hatta birbirlerine görece herhangi bir farklı “açıda” olabilirler (matematikçiler bunu görselleştirebilecek yollar bulabilir). Dahası, seçim baskıları “güçlü” ya da “zayıf” olabilir ve bu kelimelerin alışıldık sözlük anlamları burada iyi uyar. Bir soyun yolunu tuttuğu Olasılıksızlık Dağına çıkan belirli bir patika pek çok farklı seçim baskısından etkilenecektir. Bunlar farklı yönlerde itip çekecek, bazen birbirleriyle iş birliği yapacak ve bazen aksi yönlerde etki edecektir.

Ancak baskı hikâyenin sonu değildir. Olasılıksızlık Dağına tırmanmak için seçilen patika da yamaçların şekline bağlıdır. Çeşit çeşit güç ve yönlerde iten ve çeken seçim baskıları vardır, ama aynı zamanda fazla zorluk çıkarmayan rotalar ve geçilmez sarp kayalıklar da vardır. Bir seçim baskısı bütün gücüyle belirli bir yöne itiyor olabilir ama o yönün ilerisi aşılmaz bir uçurumla tıkanmışsa hiçbir yere ulaşamayacaktır. Doğal seçilimin aralarından seçim yapabileceği alternatiflere sahip olması gerekir. Seçim baskıları ne kadar güçlü olurlarsa olsunlar, genetik çeşitlenme olmadan hiçbir şey yapamazlar. Avcı hayvanlar hızlı koşan antiloplar lehine bir seçim baskısı sağlarlar demek aslında avcılarının en yavaş antilopları yediğini söylemektir sadece. Ama hızlı ve yavaş antilopların genleri arasında seçilecek hiçbir şey yoksa (yani koşu hızındaki değişiklikler tamamen çevre koşullarından kaynaklanıyorsa) evrimsel hiçbir iş gerçekleşmeyecektir. Olasılıksızlık Dağı daha gelişmiş hız yönünde tırmanılabilecek hiçbir yamaç sunamayacaktır.

Bu noktada gerçek bir belirsizlik konusuna ve biyologlar arasındaki bir fikirler yelpazesine varmış oluyoruz. Bu yelpazenin uç noktasında, genetik çeşitlenmeyi zaten otomatik oluşturuyor olarak görebileceğimizi hissedenler yer alır. Onların düşüncesine göre eğer seçim baskısı mevcutsa, her zaman için bu baskıya uyum sağlamaya yetecek genetik çeşitlenme olacaktır. Onlara göre evrimsel uzayda bir soyun izlediği rota, pratikte sadece seçim baskıları arasındaki kapışmayla belirlenmektedir. Yelpazenin karşı ucunda ise evrimin yönünü

belirlemede önemli etkenin eldeki mevcut genetik çeşitlenmeler olduğunu hissedenler bulunur. Bunların bazıları, doğal seçilimi ufak ve ikincil bir rol oynuyormuş gibi görecektedir. Bu iki zıt uçtan birer biyolog alıp karikatür noktasına taşırsak, domuzların neden kanatlı olmadığı konusunda fikir ayrılığına düştüklerini hayal edebiliriz. Aşırı seçilimci, domuzların kanatlı olmadıklarını çünkü kanatlı olmanın onlara bir avantaj sağlamayacağını söyler. Aşırı anti-seçilimci ise domuzların kanatlardan faydalanabilecek olduğunu ama doğal seçilimin üzerinde çalışabileceği mutant kanat filizlerinin asla var olmadığından kanatlı olamadığını söyler.

Bu anlaşmazlık aslında bundan daha karmaşıktır ve Olasılıksızlık Dağı, çok zirveli haliyle bile, bu anlaşmazlığı incelemek için yeterince güçlü bir benzetme değildir. Yeni bir mecaza ihtiyacımız var, matematikçilerin yararlandıkları türden bir mecaza, gerçi biz belirgin matematiksel semboller kullanmayacağız. Bu yeni mecaz, Olasılıksızlık Dağı benzetmesini kullanmak için gerekenlerden daha fazlasını gerektirecektir ama buna değer. *Kör Saatçi*'de "genetik uzay", "biyobiçim diyarı" ve "hayvan uzayında yol almak" gibi çeşitli adlar koyduğum bölgelere kısa gezintiler yapmıştım. Daha yakın zamanda düşünür Daniel Dennett, Arjantinli yazar Borges'in Babil Kütüphanesi adlı kitabına şiirsel bir göndermeyle Mendel Kütüphanesi olarak adlandırdığı bu keşfedilmemiş diyarın daha da derinlerine inmiştir. Bu bölümde bu diyar için benim kullanacağım versiyon, devasa bir hayvanbilimsel hayal gücü müzesidir.

Her yönde ufka doğru göz alabildiğine uzayan galerileri olan bir müze düşünün, yukarı ve aşağı yönde de görüşünüzün sınırlarına kadar uzanıyor. Müzede korunan şeyler, şu ana kadar var olmuş tüm hayvanlar ve ayrıca hayal edilebilecek her türdekiler. Her hayvan kendisine en çok benzeyen hayvan biçiminin hemen yanında saklanıyor. Müzedeki her bir boyut (yani galerinin genişleyebileceği her yön) hayvanların çeşitlendiği bir boyuta karşılık gelmekte. Örneğin belirli bir galeride kuzeye doğru yürüdüğünüzde, vitrinlerde duran örneklerin boynuzlarının giderek uzadığını fark ediyorsunuz.

Geriye dönüp güneye yöneldiğinizde boynuzlar kısaltmaya başlıyor. Dönüp doğuya doğru yürüdüğünüzde boynuzlar aynı kalıyor ama başka bir şey değişiyor, sözgelimi dişler keskinleşiyor. Batıya yürüyünce dişler köreliyor. Boynuz uzunluğu ve diş keskinliği hayvanların çeşitlenebileceği binlerce özellikten sadece ikisi olduğundan, tüm özelliklerin galerileri birbirleriyle birçok boyutlu uzayda kesişiyor olmalıdır. Sınırlı zihinlerimizin gözümüzde canlandırma yeteneğine sahip olduğu alışıldık üç boyutlu uzayın ötesine geçiyordur. Matematikçi gibi düşünmeyi öğrenmemiz gerektiğini söylediğimde işte bunu kastetmiştim.

Dört boyutta düşünmek ne anlama gelecektir? Varsayalım ki antiloplarla ilgileniyoruz ve dört değişkeni ölçüyoruz: Boynuz uzunluğu, diş keskinliği, bağırsak uzunluğu ve postun kalınlığı. Boyutlardan birini, örneğin post kalınlığını yok sayarsak, antiloplarımızın her birini geri kalan üç özelliğin grafiğindeki (bir küpteki) doğru yerine yerleştirebilirdik. Peki dördüncü boyutu, yani post kalınlığını işe nasıl dahil edeceğiz? Bütün ince postlu antiloplar için küp uygulamamızı ayrı bir şekilde gerçekleştirir, sonra biraz daha kalın postlular için başka bir küp üretiriz ve böyle ilerleriz. Belirli bir antilop, önce onun post kalınlığına uyan küpe yerleştirilecek, sonrasında bu küp içinde boynuzları, dişleri ve bağırsakları ile belirlenen doğru yerine konulacaktır. Post kalınlığı dördüncü boyuttur. Prensipte, çok-boyutlu uzayda bu şekilde küp aileleri kurmaya ve küplerden oluşan küpleri ve küplerin küplerinin küplerini oluşturmaya devam edebilirsiniz.

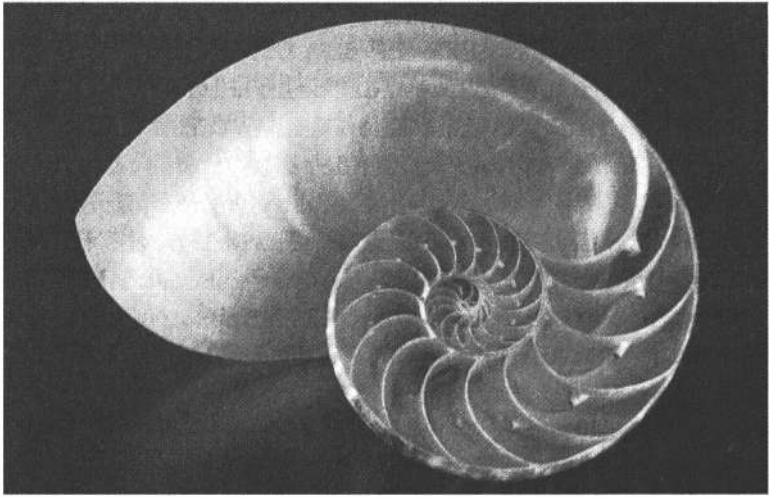
Tüm Olası Hayvanlar Müzesi'ni düşünürken ne hayal etmemiz gerektiği hakkında bir fikir edinmek açısından bu bölüm az çok üç boyuta sığdırılabilecek belli bir vakayı ele alacak. Gelecek bölümde, bu bölümün başındaki tartışmaya geri döneceğim ve (bir savunucusu olarak tanıdığım) diğer tarafa doğru yapıcı bir giriş oluşturmaya çalışacağım. Bu bölümün bahsettiğim üç boyutlu özel vakası, salyangoz kabuğu ve diğer sarmal kabuklardır. Kabuklar galerisinin üç boyuta sığdırılabilmesinin nedeni, kabuklar arasındaki önemli çeşitlenmelerin çoğunun sadece üç rakamdaki değişimlerle ifade

edilebilir olmasıdır. Aşağıdaki satırlarda Chicago Üniversitesi'nden saygın bir taşılilimci¹ olan David Raup'un izinden gidiyor olacağım. Raup'un kendisi de bu konuda ünlü D'Arcy Wentworth Thompson'dan ilham almıştı. Tarihi ve seçkin İskoçya St. Andrews Üniversitesi'nde görev yapmış olan Thompson'un *Gelişim ve Biçim* isimli kitabı yirminci yüzyılın büyük bir kısmında hayvanbilimciler üzerinde büyük bir etki sahibi olmuştu. Harika kitabının hemen her sayfası bir bilgisayar için yanıp tutuşurken, D'Arcy Thompson'ın bilgisayar çağının hemen öncesinde ölmesi biyolojinin ufak çaplı trajedilerinden biridir. Raup deniz kabuğu şeklini oluşturacak bir program yazdı ve ben de bu bölümü resmetmek için benzeri bir program yazdım ancak (beklenebileceği üzere) Kör Saatçi tarzında bir yapay seçim programıyla yazdığım bu programı birleştirdim.

Salyangozların ve diğer yumuşakçaların kabukları ve aynı zamanda yumuşakçalarla hiç ilgisi olmayan ama görünüşte onları andıran dallı bacaklılar (*brachiopods*) denilen yaratıkların kabukları hep aynı şekilde gelişir ve bu gelişim bizim büyüme biçimimizden farklıdır. Biz hayata küçük olarak başlarız ve her tarafımız büyür (bazı kısımlar diğerlerinden daha hızlı büyür). Bir insanın bir parçasını kesip aldığınızda, bu parça onun bebeklik hali değildir. Ama bir yumuşakça kabuğuyla tam olarak bunu yapabilirsiniz. Bir yumuşakça kabuğu küçükten başlar ve kenarlardan büyür, bu yüzden yetişkin sarmalın en iç kısmı bebek sarmalıdır. Bu türdeki her hayvan yanında bebeklik şeklini de taşımaktadır. Bu hal kabuğunun en dar kısmıdır.

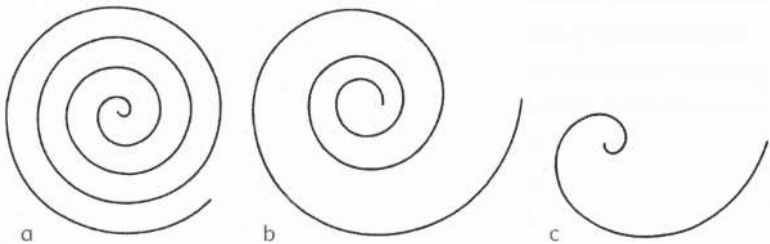
İğne deliği gözleri için daha önce ondan bahsetmiş olduğumuz *Nautilus*'ün kabuğu, içi hava dolu yüzdürme bölmelerine ayrılır. Bu bölmelerin en büyük ve en yakın zamanda üretilmiş olanı hariç diğerleri yüzdürme bölmesi olarak kullanılır ve bu en büyük yeni bölmede de hayvanın kendisi yaşar (Resim 6.1).

1 -ed.n. Taşılilim (paleontoloji), canlıların eski çağlardaki yaşamlarını konu alan bir bilim dalıdır ve fosillerin incelenerek canlıların sınıflandırılmasını da içerir. en.wikipedia.org/wiki/Paleontology



Resim 6.1 *Nautilus*'ün kabuğundan bir kesit. Hayvanın kendisi en geniş, en son oluşmuş odada yaşar.

Kenarlardan genişleme yöntemleri nedeniyle deniz kabuklarının hepsi aynı genel biçime sahiptir. Bu biçim, logaritmik ya da eş açılı sarmal olarak adlandırılan biçimin mükemmel bir versiyonudur. Logaritmik sarmal, gemicilerin güvertede ipleri sararken yaptıkları sarmallar gibi olan Arşimet sarmalından farklıdır. Arşimet sarmalında ip kaç kere dönerse dönsün, her yeni tur bir öncekiyle yine aynı kalınlıkta, yani sarılan ipin kalınlığındadır. Bunun aksine logaritmik sarmalda, sarmal, kendi merkezinden dışa doğru açılır. Farklı sarmallar farklı oranlarda açılırlar ama belirli bir sarmalın açılma oranı her zaman sabittir. Çizim 6.2 Arşimet tarzında



Çizim 6.2 Sarmal çeşitleri: (a) Arşimet sarmalı; (b) Yavaş açılma oranına sahip logaritmik sarmal (c) Hızlı açılma oranına sahip logaritmik sarmal.

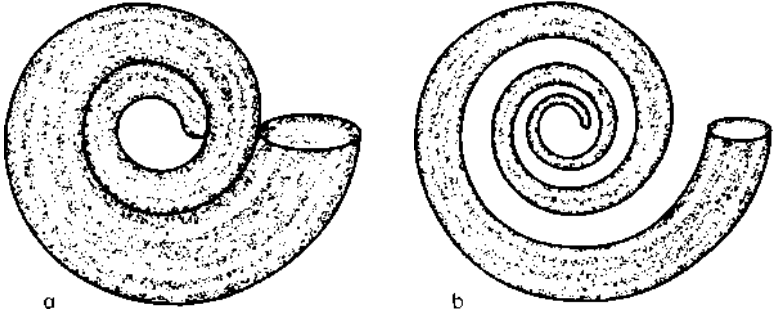
sarılmış bir ip sarmalının yanı sıra farklı oranlarda açılan iki logaritmik sarmalı gösterir.

Bir kabuk, bir ip olarak değil bir tüp olarak büyür. Tüp, bir su borusunun kesiti gibi dairesel olmak zorunda değildir ama şu an için öyle olduğunu varsayacağız. Aynı zamanda, resimlerde çizilen sarmalın tüpün dış kenarını temsil ettiğini varsayacağız. Tüpün çapı, iç kenar tam olarak sarmalın bir önceki halkasına dayanmaya uygun bir oranda ve Çizim 6.3 a'da görüldüğü gibi genişlemiş olabilirdi. Ama öyle olmak zorunda da değildir. Eğer tüpün çapı, sarmalın dış kenarından daha yavaş genişlerse, Çizim 6.3 b'de görüldüğü gibi birbirlerini takip eden halkalar arasında giderek artan boyutta bir boşluk kalacaktır. Kabuk ne kadar “boşluklu” olursa, bir salyangozdan çok bir kurtçuğa o kadar çok uygun görünür.

Raup, deniz kabuklarının sarmallarını W, D ve T adını verdiği üç sayı kullanarak tanımladı. Umarım ben onlara *genişleme*, *en* ve *burgu* isimlerini verirsem çok tuhaf kaçmaz. Böylesi bir isimlendirme, matematiksel harflerin hangisinin ne olduğunu hatırlamaktan daha kolaydır. *Genişleme*, sarmalın genişleme oranının ölçüsüdür. Eğer *genişleme* 2 ise bu şu demektir: Sarmalın her bir tam dönüşünde, sarmal önceki büyüklüğünün iki katı dışa açılır. Bu oran, Çizim 6.2 b için geçerli orandır. Çizim 6.2 b'nin etrafındaki her dönüşünde, sarmal genişliği iki katına çıkar. Çok daha açık bir kabuk olan Çizim 6.2 c'nin *genişlemesi* 10'dur. Sarmalın çevresindeki her tam turda genişlik on katına çıkacaktır (aslında pratikte bu sarmal tam bir turu tamamlayacak zamanı bulamadan sona eriyor). Çok çabuk açıldığından sarmallandığını bile düşünmediğiniz midye gibi bir şeyin ise binlere ulaşan bir *genişlemesi* vardır.

Genişlemeyi tarif ederken, onun tüpün çapının artış oranını ayarladığını söylememek için özen gösterdim. Burada ikinci özel numara, yani *en* devreye girer. Tüp, genişleyen sarmal tarafından oluşturulan boşluğu tam olarak doldurmak zorunda olmadığından *en* değerine gereksinim duyarız. Kabuk, Çizim 6.3 b'deki gibi “boşluklu” olabilir.

Çizim 6.3 a ve 6.3 b'nin *genişleme* değerleri aynıdır (2) ama 6.3 b'nin *en* değeri olan (0,7), 6.3 a'ninkinden (0,5) daha yük-



Çizim 6.3 Aynı sarmala fakat farklı tüp boyutuna sahip iki tüp: (a) Sarmalın birbirini izleyen halkaları arasındaki boşluğu dolduracak kadar büyümüş tüp; (b) Sarmalın halkaları arasında boşluk (ya da deniz suyu) bırakmaya yetecek kadar dar tüp.

sektir. 0,7'lik bir *en* değeri, sarmal merkezinden tüpün iç kenarına olan uzaklığın, sarmal merkezinden tüpün dış kenarına olan uzaklığın yüzde 70'i olduğu anlamına gelir. Tüpün hangi kısmından ölçerseniz ölçün *en* değeri aynıdır (bu mantıken doğru olmak zorunda değil ama gerçek deniz kabukları için genellikle doğru gibi görünmekte ve aksi belirtilmedikçe öyle olduğunu varsayacağız). 0,99 gibi çok yüksek bir *en* değerinin, iplik gibi çok ince bir tüp oluşturacağını kolayca görebilirsiniz, çünkü tüpün iç kenarı, dış kenar uzaklığının yüzde 99'udur.

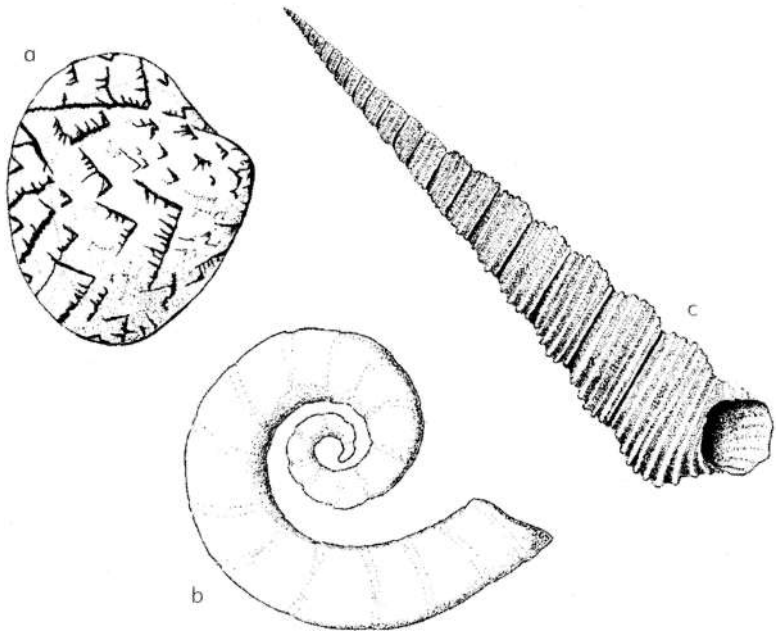
Peki Çizim 6.3 a'daki gibi kenarların tamı tamına oturması için gereken *en* değeri kaç olmalıdır? Bu değer *genişlemeye* bağlıdır. Tam oturma için gerekli *en* değeri, *genişleme* değerinin sayısal olarak tam karşısı (yani $1 / \text{genişleme}$ değeri) olmalıdır. Çizim 6.3'teki iki kabukta da *genişleme* 2'dir ve bu yüzden tam oturma için kritik *en* değeri $1/2$ 'dir ve 6.3 a'nın sahip olduğu *en* değeri de budur. Çizim 6.3 b "kritik tam oturma" değerinden daha yüksek bir *en* değerine sahiptir ve bu nedenle kabuk boşluklu görünür. Çizim 6.2 c gibi *genişlemesi* 10 olan bir kabuk alırsak kritik tam oturma *en* değeri $1/10$ olacaktır.

Ya *en* değeri kritik tam oturma değerinden daha düşükse? Tam oturmaktan öteye gidip bir önceki sarmalın alanına tecavüz edecek kadar şişman bir tüp düşünebilir miyiz? Örne-

ğin Çizim 6.3'teki gibi bir sarmal ama *en* değeri diyelim ki 0,4 olabilir mi? Bu çatışmayı çözebilmek için iki yol bulunur. Birincisi, basitçe tüpün bir önceki halkadaki tüpü kuşatmasına izin vermektir. *Nautilus* bunu yapar. Bu demektir ki elimizdeki tüpün enine kesiti artık düzgün bir daire değildir, bu daireden bir "ısıruk" alınmış hale gelmiştir. Ama bu bir felaket değildir, çünkü anımsayacağınız gibi tüpün dairesel bir kesiti olduğunu varsaymak zaten sadece bizim keyfi kararımızdı. Pek çok yumuşakça, dairesel olmaktan çok uzak bir kesite sahip olan tüplerinin içinde mutlu bir şekilde yaşar ve birazdan onlara geleceğiz. Bazı durumlarda tüpün dairesel olmayan şeklini yorumlamanın en iyi yolu, tüpün önceki halkalarına uyum sağlamanın bir aracı olarak tüp kesitinin bu hale geldiğini düşünmektir.

Tüpün önceki halkalarının alanına girilmesine yol açacak çatışmayı çözmenin bir diğer yolu, düzlemin dışına çıkmak ve kabukların üç boyutlu büyümesini sağlamaktır. Bu da bizi deniz kabuğunun şeklini belirleyen sayılarımızın üçüncüsü olan *burgu*'ya getirir. Genişleyen sarmalı, büyüdükçe tepesinde konik bir şekil oluşturarak yanlara doğru hareket ediyor olarak düşünün. Üçüncü kabuk numaramız olan *burgu*, sarmalın önceki halkalarının yukarı doğru koni oluşturma oranıdır. *Nautilus*'un *burgu* değeri 0'dır. Yani bu hayvanın birbirini takip eden tüm halkaları tek bir düzlem üzerindedir.

O halde, deniz kabukları için üç ana sayımız var ve bunlar *genişleme*, *en* ve *burgu* (Çizim 6.4). Bunlardan birini, diyelim ki *burguyu* görmezden gelirsek, diğer ikisini düz bir kâğıt üzerindeki grafiğe işaretleyebiliriz. Grafik üzerindeki her bir noktanın, benzersiz bir *genişleme* ve *en* değerleri kombinasyonu vardır ve bu noktada bilgisayarı ekrana bir kabuk çizecek şekilde programlayabiliriz. Çizim 6.5'te yirmi beş adet düzenli aralıklandırılmış nokta görülmektedir. Grafikte soldan sağa ilerlerken *en* arttığından bilgisayar kabukları gittikçe daha "kurtçuğumsu" hale gelirler. Yukarıdan aşağı ilerlerken ve *genişleme* artarken ise, sarmallar giderek açılır ve en sonunda sarmala benzemez hale gelirler. İyi bir yayılım elde etmek için aşağı inerken *genişlemeyi* logaritmik olarak arttı-

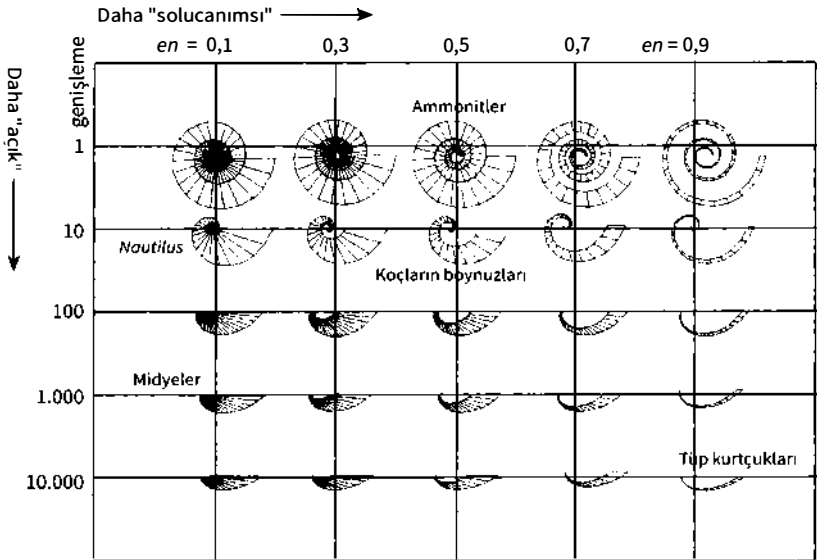


Çizim 6.4 *Genişleme*, *en* ve *burguyu* göstermek için çizilmiş kabuklar, (a) yüksek genişleme: *Liconcha castrensis*, çift kabuklu bir yumuşakça; (b) yüksek en: *Spirula*; (c) yüksek burğu: *Turritella terebra*.

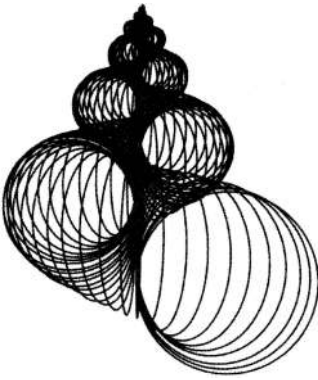
rırız. Logaritmik arttırmanın anlamı, sayfanın altına doğru her eşit adımda, normal bir grafikte olacağının aksine, sayfa-daki *genişleme*-değerini *en*-değerinde olduğu gibi birer birer arttırmıyor, onu bir sayıyla (bu grafikte onla) çarpıyoruzdur. Logaritmik ölçeği kullanmak çeşitli kabukları, (örneğin midye ve istiridyelerinkileri), diğer kabuklarla (örneğin ammonitlerin ve salyangozlarınkileri) birlikte gösterebilmemiz için gereklidir. Midye tarzı kabukların *genişleme* oranları binlerle ifade edilir ve bu oranlardaki düşük değişimler bir farklılık yaratmazken, salyangozların kabuklarının genişleme oranı tek basamaklı sayılardadır ve küçük değişimler büyük fark yaratır. Grafiğin çeşitli bölümlerinde ammonitleri, *Nautilus*'u, midyeleri, koç boynuzlarını ve tüp kurtçuklarını andıran biçimleri görebilirsiniz ve onların yaklaşık olarak bulundukları yerlere isimlerini yazdım.

Benim bilgisayar programım kabukları iki açıdan çizebilir. Çizim 6.5, sarmalın şeklini vurgulayan açığı göstermektedir. Çizim 6.6 ise diğer açığı, kabukların katı şekillerinin izlenimini veren enine "X-ışını" kesitini göstermektedir. Resim 6.7, bu açının doğasını açıklamak için gerçek kabukların X-ışını fotoğrafıdır. Çizim 6.6'daki dört kabuk, Çizim 6.4'teki gerçek kabuklar gibi farklı *genişleme*, *en* ve *burgu* değerlerini göstermek için bilgisayar kabukları arasından seçilmiştir.

Elbette, *en-burgu* grafiği de çizilebilir, ama buna yer ayırmak yerine doğrudan Raup'un ünlü küpüne geçeceğim (Çizim 6.9). Çünkü üç sayı bir kabuğu tanımlamak için yeterlidir ve her kabuğu üç boyutlu bir kutudaki kendi benzersiz yerine yerleştirebilirsiniz (tüpün enine kesitinin şeklinin nasıl olacağı sorusunu bir kenara bırakıyoruz tabi). Olası Tüm



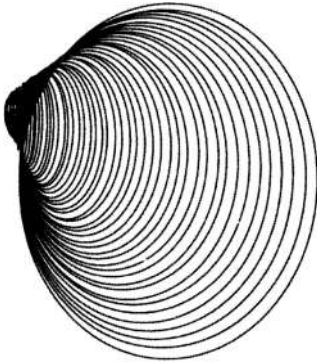
Çizim 6.5 Bilgisayarla oluşturulmuş ve *en* ile *genişleme* değerlerinde sistematik olarak değişkenlik gösteren deniz kabukları. Üçüncü boyut olan *burgu*'daki değişim bu görüntüde görünür olmayacaktır. *Genişleme* eksenidir logaritmiktir: Aşağı doğru her basamak, *genişleme* değerinin on kat artırımını temsil eder. *En* eksenindeki her eşit adım "kurtçuk gibi olma" değerine sabit bir eklemeye karşılık gelir. Birkaç gerçek hayvanın çizelgedeki yerlerine yaklaşık olarak denk gelen noktalara adları yazılmıştır.



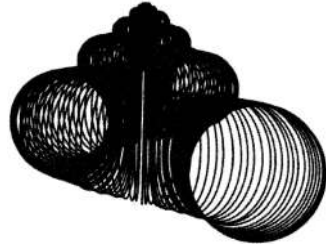
genişleme = 2, *en* = 0, *burgu* = 3



genişleme = 1,3, *en* = 0, *burgu* = 8,2



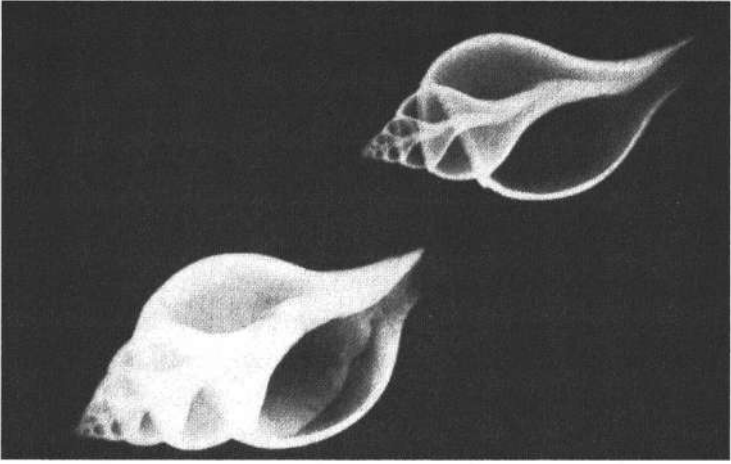
genişleme = 1000, *en* = 0, *burgu* = 0,5



genişleme = 2, *en* = 0,25, *burgu* = 1,5

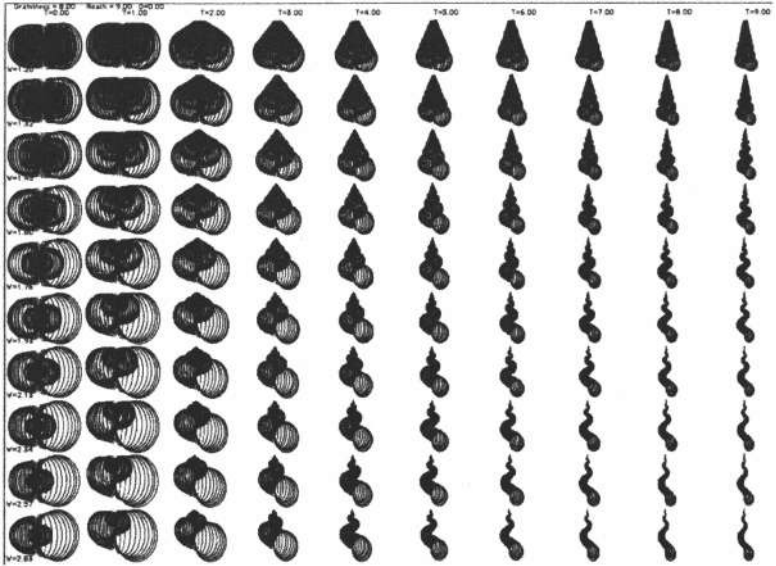
Çizim 6.6 Dört bilgisayar kabuğunun farklı *genişleme*, *en* ve *burgu* değerlerini göstermek için oluşturulmuş “X-ışını” görüntüleri.

Kabuklar Müzesi, diğerlerinin, örneğin Olası Kalça Kemikleri Müzesi’nin aksine basit bir yüksek bina bloğudur. Her boyut, bahsettiğimiz üç sayımızın birine denk gelir. Olası Kabuklar Müzesi’nde, örneğin kuzeye, yani *en* olarak atadığımız boyutta yürüyelim. Galeride ilerlerken önünden geçtiğiniz kabuklar, diğer özellikleri sabit kalırken yavaş yavaş daha “kurtçuğumsu” hale gelecektir. Herhangi bir noktada sola dönüp, batıya doğru yürürseniz, önünden geçtiğiniz kabukların *burgu* değerleri giderek artacak ve daha konik biçim kazanacak ama diğer özellikleri aynı kalacaktır. Son olarak, herhangi bir noktada durup, doğu/batı ya da kuzey/güney yönünde

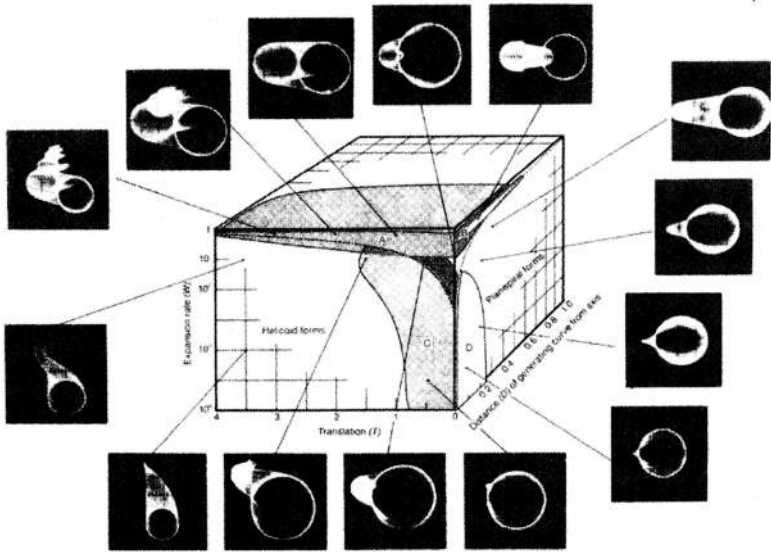


Resim 6.7 Gerçek bir kabuğun X-ışını fotoğrafı.

ilerlemek yerine (*genişleme* boyutunda) aşağı doğru inmeye kalkarsanız, dışa açılma oranları giderek artan kabuklara



Çizim 6.8 X-ışını görüntüsüyle çizilmiş bilgisayar kabuklarının grafiği. *Genişleme* W ile işaretli ve aşağı doğru, *burğu* T ile işaretli ve sağa doğru. *Genişleme* Çizim 6.5'teki gibi logaritmik ölçekte ama burada genişleme düşük değerlerle sınırlanmıştır. Yani kabukların hiçbiri çok fazla açılmaz.



Çizim 6.9 Raup'un küpü. David M. Raup aşağı doğru ilerleyen (W adını verdiği) *genişlemeye* karşılık sayfada sağdan sola doğru (T adını verdiği) *burğu* ve buna karşılık sayfada arkaya doğru (D olarak adlandırdığı) *en* değerlerinin üç boyutlu bir grafiğini çizmiştir. Bilgisayar tarafından çizilmiş kabukların "X-ışını görüntüleri" küpteki stratejik noktalarda örneklenmiştir. Küp içinde, gerçek hayattaki kabukların bulunabileceği bölgeler gölgelenmiştir. Gölgenmemiş bölümler, teorik olarak olası ancak gerçekte mevcut olmayan kabukları gösterir.

rastlarsınız. Küpün içinde uygun açıyla oyuklar açarak diğer kabuklara da ulaşabilirsiniz ve bu yolda ilerlerken sürekli bir seri halindeki geçiş biçimi kabuklarının önünden geçersiniz. Çizim 6.5 ve 6.8, Raup küpünün iki dış yüzü olarak düşünülebilir. İki boyutlu bir kâğıda Raup küpünden herhangi bir açıyla alınmış herhangi bir kesiti çizebiliriz.

Raup, benimkine ilham kaynağı olan orijinal bilgisayar programını yazmıştı. Yayımlanmış çiziminde, küpte bütün kabukları göstermek gibi pratik olmayan bir göreve girişmek yerine, belirli noktaları örneklemişti. Çizim 6.9'un kenarlarındaki resimler, uzayın belirlenmiş noktalarında bulabileceğiniz teorik kabukları temsil ederler. Bunların bazıları, kumsalda bulabileceğiniz gerçek deniz kabukları gibi görünürler.

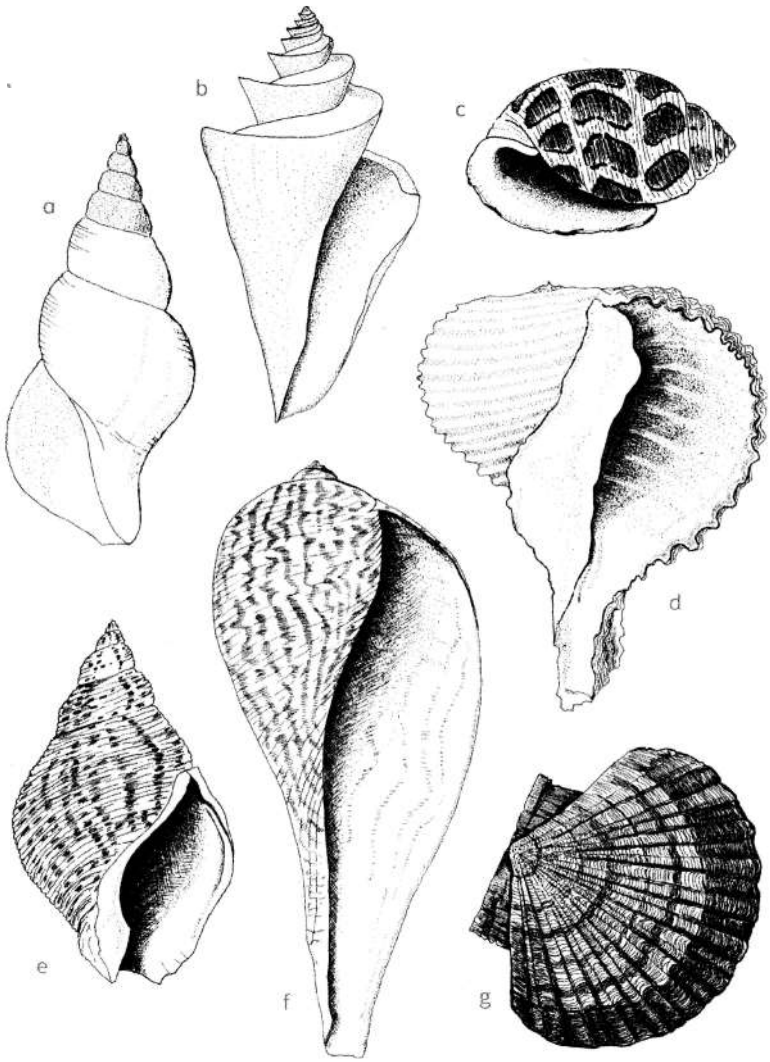
Diğerleri dünyadaki hiçbir şeye benzemezler, ama yine de bilgisayarca hesaplanabilen bütün kabuklar uzayına aittirler. Raup resminde, gerçek kabukların bulunabileceği uzaya ait bölgeleri gölgeli göstermiştir.

Bir zamanlar her yerde bulunan, dinazorlarla aynı hüznü sona uğrayan ve günümüzdeki *Nautilus*'ların akrabası olan ammonitlerin de sarmal kabukları vardı ama salyangozların aksine sarmalları neredeyse her zaman tek bir düzleme hapsolmuştu. Kabuklarının *burgu* değeri sıfırdı. En azından tipik ammonitler için bu böyleydi. Ancak hoş bir şekilde, birkaç tanesi, örneğin mezozoik dönemin sonuna ait *Turrilit*'ler yüksek bir *burgu* değerine sahip olacak şekilde evrilmiş, böylece bağımsız bir biçimde salyangoz biçimini icat etmiştir. Bu tür kuraldışı biçimler bir kenara bırakılırsa, ammonitler Kabuklar Müzesinin doğu duvarı boyunca konuşlandırılmıştır (‘‘doğu’’ ve ‘‘güney’’ gibi isimler, grafik için elbette keyfidirler). Tipik Ammonit’lerin durdukları camlı vitrinler, doğu duvarının güney yarısından ve sadece en üst birkaç kattan fazlasını kaplamaz. Salyangozların çeşitli türleri Ammonit Koridoru ile çakışır fakat aynı zamanda batıya (*burgu* boyutuna) kadar yayılır ve müze binasının daha alt katlarına doğru bir parça girerler. Fakat *genişleme* değerinin büyük olup, kabuk ağzının hızla açıldığı alt katların çoğu, çift-kabuklu canlıların iki büyük grubuna aittir. Çift kabuklu yumuşakçalar, biraz daha batıya doğru uzanırlar; üzerlerinde salyangozlarınkine benzer hafif bir büküm vardır ancak tüpleri hızla açıldığından salyangozlar gibi gözükmeyiz. Görmüş olduğumuz gibi yumuşakça olmayan ancak görünüşte çift kabuklu yumuşakçaları andıran kolsu ayaklılar ya da ‘‘ampul-kabuklular’’, tamamen tek bir düzlemde yer alan bir ‘‘halkayı’’ ammonitlerle paylaşırlar. Yumuşakçaların çift kabuklarında olduğu gibi dallı-bacıklı (brachiopod) tüpleri de genel olarak ‘‘halka’’ olarak adlandırmaya geçecek bir yapı oluşturmaya vakit olmadan tamamen açılırlar.

Herhangi bir evrimsel tarih, Olası Tüm Kabuklar Müzesi içindeki bir rotadır ve ben bunu Kör Saatçi yapay seçim programımın içine kabuk çizmek için yazdığım bilgisayar

yordamını ekleyerek temsil etmiştim. Kör Saatçi programından basit bir şekilde ağaç büyütme embriyolojisini çıkartıp onun yerine bir kabuk büyütme embriyolojisi koydum. Bu birleşik programa Kör Salyangozcu adını verdim. Mutasyon müzedeki küçük hareketlerin eşdeğeridir. Hatırlarsanız bütün kabuklar, onlara en çok benzeyen komşularıyla çevriliydi. Programda, tanımladığımız o üç kabuk sayısının her biri, sayısal değeri değişebilen bir gen ile temsil edilmektedir. O halde üç sınıf mutasyonumuz bulunur: *Genişleme*, *en* ve *burgu*'da küçük değişimlerdir bu üç mutasyon sınıfı. Bu mutasyonal değişimler pozitif ya da negatif olabilirler ama sınırlar bulunur. *Genişleme* geninin en küçük değeri 1'dir (değer bundan daha küçük olsaydı bu bir büyüme değil küçülme olurdu) ama belli bir maksimum değeri yoktur. *En* geninin değeri bir orandır ve O'dan 1'in hemen altındaki değerlere kadar değişir (1 olan bir *en* değeri, yokluk derecesinde ince ve solucanımsı bir tüpü gösterirdi). *Burgunun* sınır değeri yoktur ve negatif değerler sadece burgunun yukarı doğru gitmesi yerine aşağı doğru gitmesi gibi önemsiz bir sonuca yol açarlar. Orijinal Kör Saatçi programının yaptıklarını tekrarlayan Kör Salyangozcu programı, bilgisayar ekranının ortasında bir ebeveyn kabuk çizer. Etrafını eşeysiz üreyen yavrularıyla çevreler. Bu yavrular ebeveyn kabuğun özelliklerinde rastgele küçük değişimlerle (mutasyonlarla) oluşturulmuştur ve ebeveyn kabuğun yakın komşularıdır. Seçme işini gerçekleştiren insan, üremesi için kabuklardan birini fareyle tıklar. Bu seçilen kabuk, ebeveynin ekranın ortasındaki yerine aktarılır ve çevresi bu kabuğun yavrularıyla çevrelenir. Süreç, insan seçicinin sabrı tükenene kadar bu döngüyle ilerler. Yavaş yavaş, kendinizi Olası Tüm Kabuklar Müzesi'nde sessizce ilerliyor olarak hissedersiniz. Bazen her kumsaldan toplayabileceğiniz aşına olduğunuz türde kabuklar arasında yürümektesinizdir. Diğer zamanlarda gerçeklik sınırlarının ötesine taşar, asla bir gerçek kabuğun var olmadığı matematiksel uzaylarda dolaşırsınız.

Daha önce açıkladığım üzere, her ne kadar olası tüm kabuklar kümesi büyük oranda sadece üç sayıyla tanımlanabi-

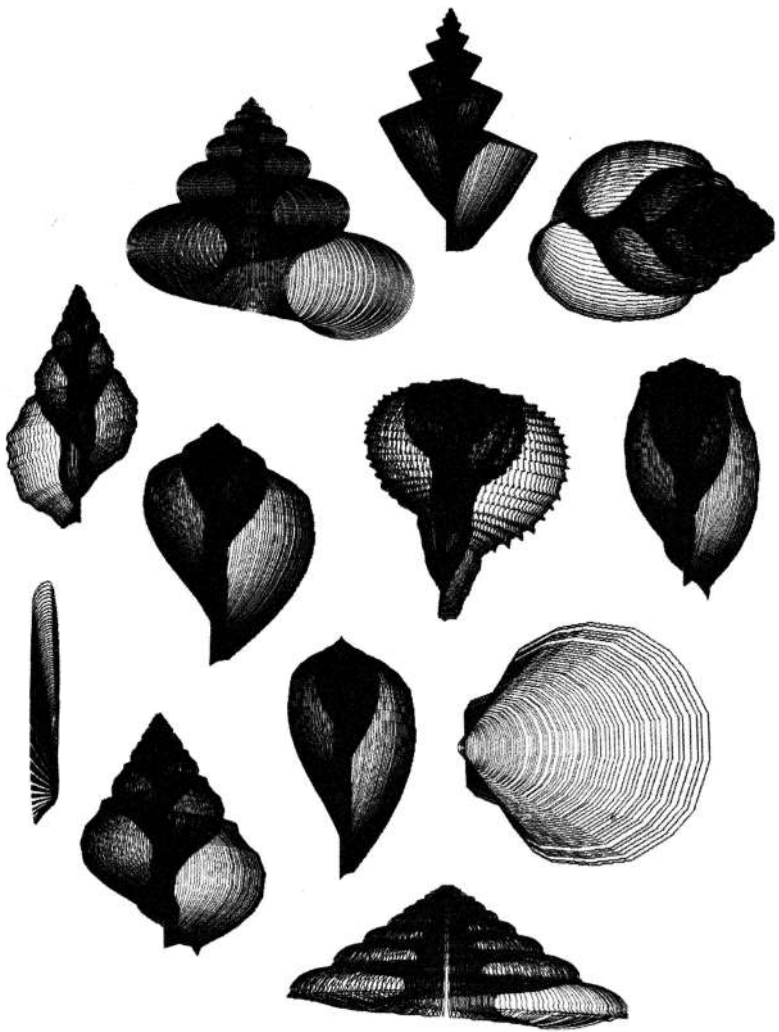


Çizim 6.10 Bir dizi kesit şekline sahip gerçek kabuklar: (a) Solak Neptün, *Neptunia contraria*; (b) Japon mucize kabuğu, *Thatcheria mirabilis*; (c) Eloise, *Akteon eloisae*; (d) Rapa salyangozu, *Rapa rapa*; (e) Benekli deniz salyangozu, *Cominella aispersa*; (f) Zarif incir kabuğu, *Ficus gracilis*; (g) Büyük deniz tarağı, *Pecten maximus*.

lirse de bu basitleştirici bir varsayımı içerir ve bu varsayım yanlıştır. Yani tüpün enine kesitinin şeklinin daima daire şeklinde olduğu varsayımımız aslında doğru değildir. Tüp geniş-

ledikçe baştaki enine kesit şekli korunuyormuş gibi görünsede, bu başlangıç şeklinin her zaman bir daire olduğu hiçbir şekilde doğru değildir. Bu şekil oval de olabilir ve bu yüzden bilgisayar modelime dördüncü bir gen ekleyerek adına *şekil* dedim. Bu genin değeri, tüpün enine kesitinde, yüksekliğin genişliğe bölümüne eşit. Bir daire, *şekil* geninin değerinin 1 olduğu özel bir durumdur (bir ovalin yüksekliği genişliğine eşit olursa o aynı zamanda bir dairedir, kalan durumlarda sadece bir ovaldir). Bu genin işin içine girmesi, modelin gerçek kabukları temsil etme gücünü şaşırtıcı biçimde artırır. Ama yine de yetersizdir. Gerçek kabukların çoğu, ne oval ne de dairesel olan çok daha karmaşık ve matematiksel ifadesi pek de kolay olmayan enine kesit şekillerine sahiptir. Çizim 6.10, kübik müzenin farklı yerlerinden gelen ve aynı zamanda ana tüplerinin kesiti dairesel olmak yerine karmaşık olan bir dizi kabuk göstermektedir.

Benim Kör Salyangozcu programıma bu ek çeşitlenmeyi eklemek için, önceden elle çizdiğim birkaç tane enine kesitten oluşan bir repertuarı kullanmak gibi oldukça kaba ama bir miktar işe yarar bir yöntem izledim. Bu repertuardaki çizimlerin her birinin kabukları çizilirken, o kabuğun sahip olduğu *şekil* geninin değerine göre dönüştürülür (yani *şekil* geninin değerine bağlı olarak çizim dikeyde veya yatayda basıklaştırılır). Sonrasında program bu dönüştürülmüş enine kesiti kullanarak bir tüp oluşturur. Yani oluşan tüpten enine bir kesit alınırsa, benim çizdiğim enine kesitlerden birinin *şekil* genine göre yatayda veya dikeyde basıklaşmış hali görülecektir. Bu sorunla mücadele etmenin daha iyi (ve benim de bir gün deneyebileceğim) bir yolu, bilgisayarı tüpün öndeki ucunun gerçek büyümesini simüle ederek programlamaktır. Böylece tüpün kesiti doğada olduğu gibi gösterişli olacaktır. Bu enine kesit problemini bir kenara koyarsak, Çizim 6.11 mevcut program tarafından oluşturulan bilgisayar kabuklarının insan gözüyle yapay olarak seçilmesiyle oluşturulan bir "hayvanat bahçesidir." Bunlar bilinen kabuklara benzemeleri için seçici olarak üretilmişlerdi. Bazıları aşağı yukarı Çizim 6.10'dakilere benzerdir, diğerleri ise kumsalda yürürken ya

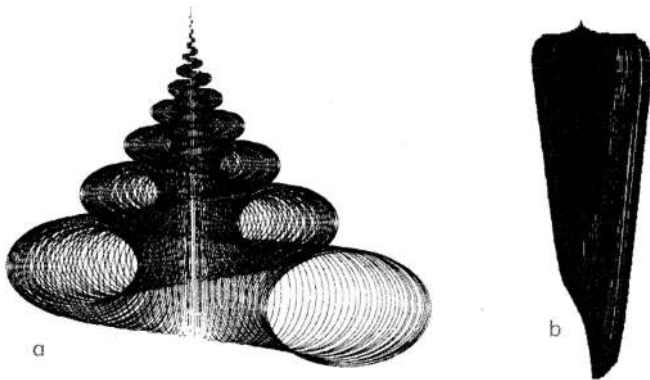


Çizim 6.11 Kör Salyangozcu programı kullanılarak türetilen ve farklı kesit şekillerinden oluşturulmuş bilgisayar kabuklarının “hayvanat bahçesi.” Bunlar yapay seçilimle üretilmişti, onları seçen kişi onları gerçek kabuklara benzerlikleri nedeniyle seçmişti. Bu gerçek kabuklar arasında Çizim 6.10’da resmedilen kabukların bazıları da vardı.

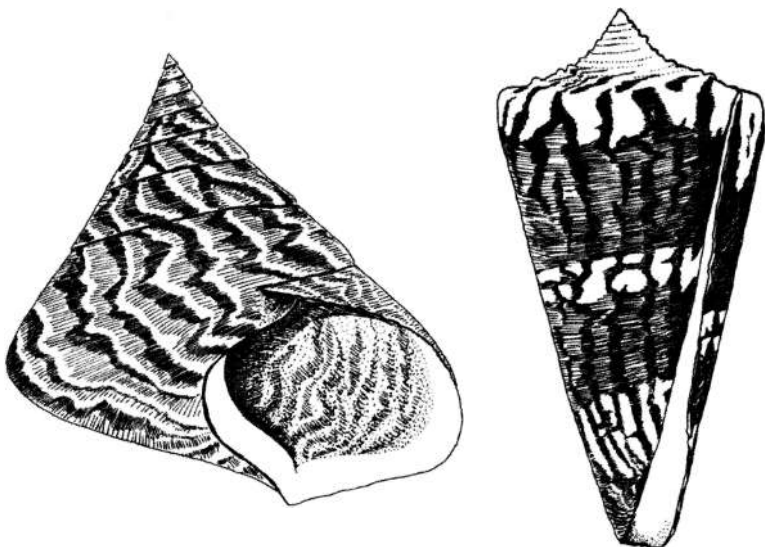
da dalış sırasında görebileceğiniz diğer kabukları andırır. Tüpün enine kesit şekli, Tüm Kabuklar Müzesindeki ek bir boyut olarak kabul görülebilir (veya bir dizi ek boyutlar olarak). Bu durumu bir kenara koyup işleri basitleştirici bir varsayı-

mımız olan dairesel enine kesite geri dönersek, bu kabukların güzelliklerinden bir tanesi, gerçekten üç boyutlu olarak çizebileceğimiz Olası Tüm Kabuk Biçimleri Müzesine yerleştirilmelerinin kolaylığıdır. Ancak bu durum, teorik müzenin tüm canlılarının gerçek dünyadaki eşdeğerlerinin olduğu anlamına gelmez. Görmüş olduğumuz gibi gerçek dünyada müze binasının hacminin büyük kısmı boştur. Hatırlarsanız Raup gerçekten yaşam olan bölgeleri gölgelendirmişti (Çizim 6.9) ve bu bölge küpün hacminin yarısından oldukça azına tekabül eder. Kuzeye ve batıya doğru galeriler ve galeriler dolusu farazi kabuk, matematiksel modele göre mümkün olmalarına rağmen gerçekte bu gezegende hiçbir zaman görülmemiştir. Neden yoklar? Ve madem bu tip sorular soruyoruz devamını getirelim, neden gerçekten var *olmuş* kabuklar bu özel kübik binanın duvarlarıyla sınırlandılar?

Peki matematiksel küp bloğuna yerleştirilemeyecek bir kabuk nasıl görünebilirdi? Çizim 6.12 a'da küpe yerleştiremeyecek bir bilgisayar-üretimi salyangoz görünmektedir. Sabit bir *burgu* değerine sahip olmak yerine, hayvan yaşlandıkça *burgu* değeri değişmektedir. Daha sonra oluşan, daha geniş kabuk bölmeleri, gelişimlerinin erken evrelerindeki dar kabuk bölmelerinden daha düşük *burgu* değerine sahiptir. Resimdeki kabuğun böylesine “doğal olmayan” ve olası-



Çizim 6.12 (a) Bilgisayar salyangozu ve (b) *burgu* geninin değerinin giderek azaltılmasıyla oluşturulan sivri burgulu bilgisayar konik-kabuğu.



Çizim 6.13 Bu gerçek kabukların bir önceki resimdeki bilgisayar kabuklarına benzerlikleri, bunların da burgu değişkenlerinin derece derece değişerek geliştiği izlenimi uyandırıyor. Solda, *Maurea tigris*; sağda, *Conus generalis*.

lıkla kolay kırılabilir sivri ucu olmasının sebebi budur. Bu salyangoz farazidir. Gerçek dünyada bulunmaz. Çizim 6.12 b'deki yine bilgisayarla oluşturulmuş diğer “koni” kabuğun da doğal olmayan sivri bir ucu bulunur. O da Kör Salyangozcu programınca çizilmişti ama *burgu* değeri bir öncekinin aksine hayvanın büyümesi sırasında artmıyor, azalıyor.

Çizim 6.13'teki kabuklar gerçektir, sanırım onların da derece derece değişen bir *burgu* değerleri var. Yani hayata başladıklarında yüksek olan *burgu* değeri, onlar büyüdükçe kademeli olarak düşüyor. Raup'a göre, kabukların şeklini etkileyen o üç sayıları, hayvanlar büyüdükçe değişen gerçek ammonitler vardı bir zamanlar. Diyebilirdiniz ki, bu canlılar büyüdükçe bu garip kabuklar müzenin bir tarafından diğerine hareket ederler ve hala müze sınırları içinde kalırlar. Ancak şunu söylemek de aynı şekilde doğru olacaktır: Gençlikteki beden yetişkin bedeninin bir parçası olarak bünyede tutulduğundan, müzede bu bedenin yerleştirilebileceği tek

bir vitrinli kabinet yoktur. Çizim 6.13'teki hayvanların gerçekten kutunun üç boyutu sınırları içinde yer alıp almaya-çağı konusunda insanlar farklı fikirlerde olabilirler. Hayvan biliminin kabuklu hayvanlar bölümünde günümüzün önde gelen uzmanlarından biri olan Geerat Vermeij, hayvanlar büyürken şekillerini belirleyen sayıların sabit kalmayıp değişimleri eğiliminin bir istisnadan çok bir norm olabileceğine inanmaktadır. Bir başka deyişle, çoğu yumuşakçanın büyüdüğü matematik müzesindeki yerini (en azından bir parça) değiştirdiğine inanır.

Şimdi gerçek kabukların müzenin büyük bir kısmında neden olmadıkları yönündeki ters soruya dönelim. Çizim 6.14, müzenin “girilmemiş” bölgelerinin derinliklerinden gelen bilgisayar üretimi kabukların birkaç örneğini göstermekte. Bazıları bir antilobun ya da bizonun kafasında düzgün görünebilir ama yumuşakça kabukları olarak asla gün yüzü görmemişler. Neden böyle herhangi bir kabuk olmadığı sorusuyla, başladığımız anlaşmazlığa geri döndük. Evrim, elde çeşitlenme olmayışıyla sınırlanmakta mıdır yoksa doğal seçim zaten müzenin belirli bölümlerini ziyaret etmek “iste-



Çizim 6.14 Var olmayan (antilop boynuzu dışında) teorik “kabuklar.”

miyor” mudur? Raup, boş alanları (küpünün gölgelenmemiş alanlarını,) bahsettiğimiz tartışmanın seçilimci tarafının terimleriyle yorumlamıştı. Boşluk olarak temsil edilen alanlara girmeleri için deniz kabukluları üzerinde herhangi bir seçim baskısı yoktur. Ya da bir başka açıdan ortaya koymak gerekirse, teoride mümkün olan şekillere sahip kabuklar, pratikte yaşamak için kötü olmuş kabuklardı: Belki zayıflardı ve kolayca eziliyorlardı ya da başka bir açıdan savunmasızlığa yol açıyor veya kabuk oluşturmak için ekonomik olmayacak kadar çok hammadde gerektiriyorlardı.

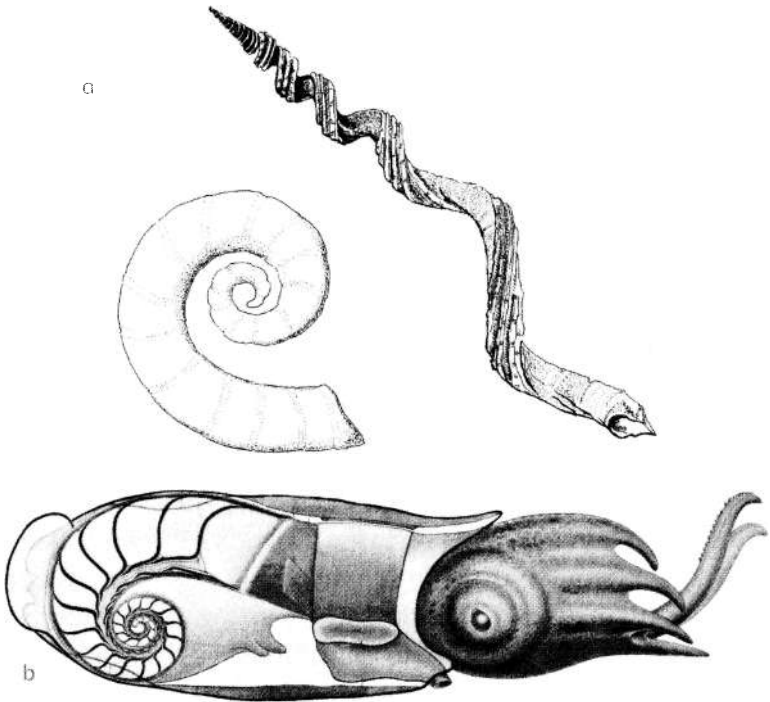
Diğer biyologlar ise müzenin bu alanlarına girmek için gerekli mutasyonların asla mümkün hale gelmemiş olduğunu düşünmektedirler. Bu görüşü ifade etmenin bir diğer yolu, hayal edilebilecek kabuklar için çizmiş olduğumuz bu müze binasının aslında bütün olası kabukların gerçek bir uzayının temsili olmadığıdır. Bu görüşe göre, müze binasındaki bazı geniş alanlar, hayatta kalma anlamında arzu edilir olsalar bile olası olmayacaklardı. Benim içgüdülerim Raup’un seçilimci yorumu yönünde ancak şu an için bu konunun peşinden koşmak istemiyorum çünkü zaten kabukları sunmamın tek nedeni, olası hayvanların matematiksel uzayından neyi kastettiğimizi açıklamaktır.

“Girilmez” bölgeleri, dünyada gerçekten de var olan bazı tuhaflıklara kısaca bakmadan terk edemeyeceğim. *Spirula*, *Nautilus*’un akrabası olan küçük, yüzen bir kafadan-bacaklı yumuşakçadır (bu yumuşakça grubu kalamarları ve ammonitleri de içerir). Dışarı doğru açılan kabuk şekli yüksek *en* değerine (1/*genişleme*’den daha büyük) işaret eder ve Çizim 6.4’te bu anlamda *Spirula* ile zaten tanışmıştık. Eğer yüksek *en*’li kabukların zayıf yapılı olmalarından ötürü normalde hayatta kalamayacakları ileri sürülüyorsa, *Spirula* bu öneriye tezat teşkil etmez çünkü kabuğunun içinde yaşamaz. Onu bir iç yüzdürme organı olarak kullanır (Çizim 6.15 b).

Bu kabuk koruma görevi görmediğinden, doğa onun Olası Tüm Kabuklar Müzesi’ndeki normalde girilmeyen bir bölüme doğru evrimsel bir yörünge izlemesine izin vermiştir. Hâlâ kesin olarak müzenin küpünün sınırları içerisinde.

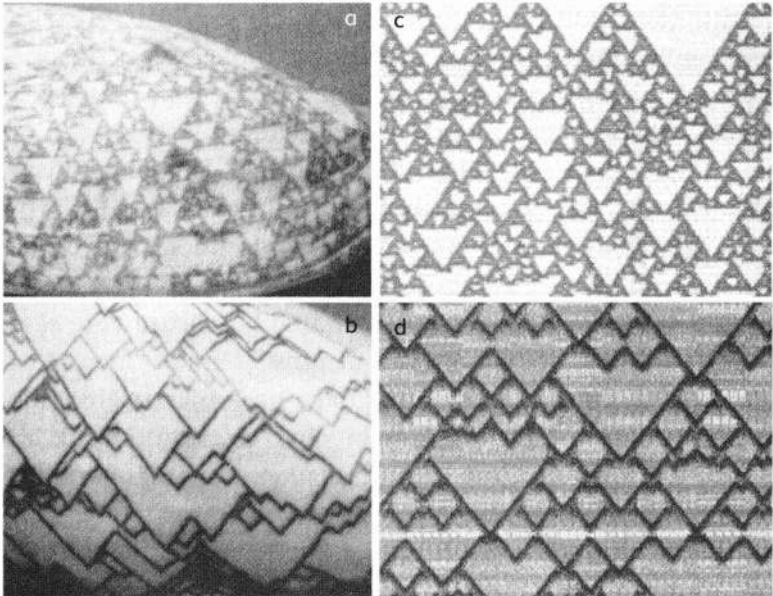
Bu durum, yaşam tarzı (ve görünüm) olarak bir tüp kurdu gibi olmayı seçmiş ve Çizim 6.15 a'da çizilmiş olan Batı Hint tüp kabuğu için doğru olabilir. Çizim 6.8'in sağ alt kısmına doğru giderseniz, müzenin Batı Hint tüp kabuklarının yerleştiği bölgesinin civarlarında olursunuz. Öte yandan bu yaratığın yakın akrabaları (aynı zamanda bazı soyu tükenmiş ammonitler) çok daha tuhaf ve daha az düzenli şekillere sahiptir ve müzenin herhangi bir yerine kesinlikle yerleştirilemezler.

Üç boyutlu müzemiz sadece tüp kesitlerinin illa dairesel olmadıkları gerçeğini görmezden gelmekle kalmıyor. Aynı zamanda kabuğun yüzeyindeki zengin desenleri de görmezden geliyor: Çizim 6.10'un kaplan çizgileri ve leopar benekleri, Çizim 6.4 a'da görülen V-biçimli kaligrafi ve diğer kabuklarda bulunan beneklerin, renklerin, kabartmaların ve



Çizim 6.15 (a) Tüm Kabuklar Müzesi'nin تنها bölümlerinde diğerlerinden ayrı düşmüş gerçek kabuklar. Yaygın spirula, *Spirula spirula* ve Batı Hint tüp kabuğu, *Vermicularia spirata*. (b) Spirulanın kabuğu bir iç yüzdürme organı olarak kullanışı.

oyukların tümünün yer aldığı bir dağarcığı göz ardı ediyor. Bu desenlerin bazıları bilgisayarımıza vereceğimiz şu şekildeki talimatlarla modelimize dâhil edilebilir: Sürekli daireler çizerek, bir dizi halka olarak genişleyen bir tüp oluştururken, her n'inci halkayı diğerlerinden daha kalın yap. N'in değerine bağlı olan bu kural, kendisini kabuğun yüzeyinde belirli bir aralıkta yatay şeritler olarak gösterebilir. Bilgisayara daha karmaşık programlar girersek daha ayrıntılı desenler üretebilir. Hans Meinhardt adında bir Alman bilim adamı, bu tür kurallara dair özel bir araştırma yürütmüştü. Resim 6.16 iki gerçek kabuk üzerindeki yüzey desenlerini gösteriyor, solda bir zeytin kabuğu ve sarmal kabuklu bir çeşit deniz böceği olan bir volüt. Sağdaki ise Meinhardt'ın bilgisayar programını uygulayan bir bilgisayar tarafından üretilmiş ve çarpıcı bir şekilde benzer desenlere sahip. Onun kurallarının ağaç gibi büyüyen biyolojik yapılara yakın sonuçlar ürettiğini görebilirsiniz, ancak kendisi bunları sürgün verme gibi değil de hücrelerin dalgalar şeklinde pigment-salgılama ve durdur-



Resim 6.16 Kabuk yüzey desenleri (a ve b) ve bilgisayar tarafından üretilmiş olan eşdeğeri (c ve d).

ma işlemi gerçekleştirmesi olarak düşünülmektedir. Ayrıntılar, kendi kitabı olan *Deniz Kabuklarının Algoritmik Güzelliği*'nde bulunabilir ancak şimdi bu konuyu bırakmalı ve kendi ana konum olan Tüm Kabuklar Müzesi'ne dönmeliyim.

Müze fikrini tek bir gerçekten ötürü ortaya attım: Tüp kesitinin, yüzeydeki desenlerin ve derece derece değişen sayı değerlerinin karmaşasını bir kenara bırakırsak, kabuklar arasında en bilinen çeşitler, yalnızca üç sayının bir çizim kurallına beslenmesi yoluyla hesaplanabilirler. Kabukları değil de hayvan biçimlerini alsaydık, çizebileceğimiz müzeyi genellikle daha fazla sayıda boyuta sahip olarak hayal etmemiz gerekecekti. Sayısız boyutlu bir Olası Tüm Hayvanlar Müzesi'ni göz önüne getirmek ne kadar zorsa, hayvanların kendilerine en benzer olanların yanında konumlandıklarını ve koridor da sadece ileri doğru değil her yöne gitmenin olası olduğu şeklindeki fikri aklımızda tutabilmek de o kadar kolaydır. Bir canlının evriminin tarihi, müzenin belirli bir kısmında yılan gibi kıvrılarak ilerleyen bir rotadır. Evrim, son derece zengin çeşitlilikteki hayvanlar ve bitkiler âleminin her kısmında bağımsız olarak yol almakta olduğu için, çok-boyutlu müzenin farklı bölgelerinde farklı yönlere doğru binlerce rota düşünebiliriz (bu benzetmeden çok değişik bir benzetme olan Olasılıksızlık Dağından ne kadar uzaklara geldiğimize dikkat edin).

Bu noktada, en baştaki tartışma şu şekilde yeniden ifade edilebilir. Bazı biyologlara göre, müzenin uzun koridorlarında yürüdükçe bulacağınız şey, bütün yönlere doğru pürüzsüz bir değişimdir. İşin aslı, müzenin genişçe bir bölümü hiçbir zaman ete kemiğe bürünmemiştir ama bu görüşe göre eğer doğal seçim o bölümlere de burnunu sokmak "istese," ziyaret edilmiş olurlardı. Kendimi daha uzak hissettiğim ama haklı olabilecek diğer bir grup biyolog, müzenin büyük bölümünün doğal seçilime kapılarını sıkıca kapadığı görüşündedir; o doğal seçim belirli bir koridorun kapısını ateşli bir şekilde aşındırsa bile hiçbir zaman içeri kabul edilmeyecektir çünkü gerekli mutasyonlar oluşamazlar. Bu görüşün hayalperest bir türevine göre ise, müzenin diğer kısımları doğal seçilime kapılarını kapamanın tam tersine, neredeyse doğal

seçilimin aksine çabalarına bile aldırmadan hayvanları bir mıknaş ya da bir çukur gibi kendine doğru çeker. Bu yaşam görüşüne göre Olası Tüm Hayvan Biçimleri Müzesi uzun galerilerin ve pürüzsüzce değişen özelliklerin görkemli koridorlarının eşit aralıklarla dizildiği bir malikâne değil, her birinin üzerinde demir tozlarından oluşan iğneler bulunan ve birbirlerinden oldukça uzak olan bir dizi mıknaştır. Demir tozları hayvanları temsil eder ve mıknaşların aralarındaki boşluklar da var olsalardı yaşayabilecek veya yaşayamayacak olan ama ilk başta hiç var olamamış ara biçimleri temsil etmektedir. Bu görüşü ifade etmek için başka ve olasılıkla daha iyi bir yol, hayvan uzayındaki bir “ara biçim” veya “komşu” şeklindeki algımızın yanlış olduğunu söylemektir. Gerçek komşular, tek bir mutasyonel adımla erişilebilen formlardır. Bunlar bizim gözümüze komşu gibi görünebilir de görünmeyebilir de.

Bir tarafa meyilli olmama karşın bu tartışmada açık fikirliyim. Ama bir noktada ısrarlıyım. Şöyle ki, doğada nerede belirli amaçlara yönelik iyi bir tasarımın etkili ve güçlü bir sanrsı varsa, bundan sorumlu olan bilinen tek mekanizma doğal seçilimdir. Doğal seçilimin Olası Tüm Hayvanlar Müzesi’nin her bir koridorunun anahtarına sahip olduğu konusunda ısrarcı değilim ve müzedeki tüm bölümlerin diğer bölümlerden ulaşılabilir olduğuna da kesinlikle inanmıyorum. Doğal seçim çok büyük olasılıkla istediği her yere gitmekte özgür değildir. Bazı meslektaşlarım haklı olsa ve müzenin içinde doğal seçilimin kıvrılarak ilerlemesi ve hatta sekmesi dahiciddi bir biçimde sınırlandırılmış olsa bile, bir mühendis bir hayvan organına bakıp birtakım görevleri iyi bir biçimde gerçekleştirmek üzere tasarlandığını gördüğünde ayağa kalkarım ve doğal seçilimin bu görünüşteki tasarımın özünden sorumlu olduğunu savunurum.

Hayvan Uzayında “mıknaşlar” ya da “çekim merkezleri” seçilimin yardımı olmaksızın iyi işleyen tasarımlara ulaşamazlar. Ama şimdi izin verirseniz “kaleydoskopik” embriyoloji fikrini takdim edeceğim ve pozisyonumu az bir miktarda yumuşatacağım.

BÖLÜM 7

KALEYDOSKOPİK EMBRİYOLAR

Canlıların vücutları büyüme süreci ile inşa edilir ve bu sürecin büyük kısmı embriyoda gerçekleşir. Bu yüzden bir mutasyon bedenin şeklini değiştirecekse, normalde bunu embriyonik büyüme süreçlerinde değişiklikler yaparak gerçekleştirir. Örneğin bir mutasyon embriyonun kafa kısmındaki belli bir dokunun büyüme hızını artırabilir ve bu da uzun çeneli bir yetişkinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Fetüsün gelişiminin erken aşamalarında meydana gelen değişiklikler daha sonra çok dramatik kusurlara sebep olabilir: Mesela iki tane kafa, belki de fazladan bir çift kanat gibi. Böylesine şiddetli mutasyonların doğal seçim tarafından tercih edilmesi ihtimali, Bölüm 3'te ele aldığımız sebeplerden dolayı düşüktür. Bu bölümdeyse farklı bir noktaya dikkat çekeceğim. Bu nokta, doğal seçilimin üzerinde çalışması için önüne getirilmiş olduğunu göreceği mutasyonların *çeşidinin*, söz konusu canlı türünün sahip olduğu embriyolojinin¹ çeşidine bağlı olacaktır. Memelilerin embriyolojileri böceklerin embriyolojilerinden çok farklı işler. Farklı memeli takımları tarafından benimsenmiş embriyoloji çeşitleri arasında ise böceklerle arada olduğu kadar olmasa da az miktarlarda farklılıklar olabilir. Varmak istediğim nokta, bazı embriyoloji çe-

1 -ed.n. Yunanca doğmamış anlamındaki *embr*yon kelimesinden türetilen embriyoloji, cinsiyet hücrelerinin gelişimini, döllenmeyi ve embriyoların gelişimini inceleyen bilim dalıdır. Embriyoloji kelimesi aynı zamanda embriyonun gelişim süreci anlamına da gelir.

şitlerinin evrilme konusunda diğerlerine oranla bazı anlamalarda “daha iyi” olabileceğidir. Mutasyon geçirme olasılıkları daha yüksektir demek istemiyorum, ki bu tamamen farklı bir konudur. Kimi embriyoloji çeşitlerinin ortaya attığı çeşitlilik türlerinin, diğer embriyolojiler tarafından oluşturulanlara kıyasla evrimsel olarak daha fazla gelecek vaat ediyor olabileceğini söylemek istiyorum. Hatta (daha önce “evrilebilirliğin evrimi” diye isimlendirdiğim) daha yüksek seviyedeki bir seçim biçimi, embriyolojilerinin onları evrilmekte iyi yaptığı canlı türlerinin dünyayı doldurmasına yol açabilir.

Bu sözleri benim gibi sıkı bir Darwinciden işitmek kulağa son derece büyük miktarda sapmışım gibi gelebilir. Normal yeni Darwinci camialarda doğal seçilimin büyük canlı grupları arasında bir seçim yaptığına inanılmaz. Hem zaten Bölüm 3’te doğal seçilimin sıfır mutasyon oranını tercih ettiği üzerinde anlaşılmamış mıydık? (Neyse ki yaşamın geleceğinin şansına bu orana hiçbir zaman ulaşamaz.) Öyleyse şimdi nasıl olur da belli bir türde embriyo gelişim çeşidinin mutasyon geçirme konusunda “iyi” olabileceğini iddia edebiliriz? Yani, belki de şu bahsedeceğim açıdan söyleyebiliriz bunu. Belli embriyoloji çeşitleri belli yollardan çeşitlilik göstermeye özellikle yatkın olabilir; başka embriyoloji çeşitleri ise başka yollardan çeşitlenme eğilimi gösterecektir. Ve bu yolların bir kısmı, kimi açılardan evrimsel olarak diğerlerinden daha bereketlidir. Belki de daha geniş bir yelpazede yeni biçimler ortaya çıkarma olasılıkları vardır, tıpkı dinozorların soyu tükendikten sonra memelilerin yaptığı gibi. Kimi embriyolojilerin “evrim geçirme konusunda daha iyi” olabileceği şeklindeki o oldukça garip önermeyi yaptığımda işte bunu kastediyordum.

Bu duruma iyi uyan bir benzeşim kaleydoskopdur, tabi kaleydoskopların kullanışlı olsunlar diye tasarlanmayıp görsel eğlence sağlasınlar diye oluşturdukları istisnasıyla. Kaleydoskopun içindeki küçük ve renkli sim veya boncuk parçacıkları rastgele bir yığın halinde çöker. Fakat aletin içine kurnazca bir açıyla yerleştirilmiş aynalar sayesinde delikten bakınca gördüğümüz şey, bir kar tanesi gibi simetrik ve süslü olan bir

şekildir. Kaleydoskopa rastgele hafif tıklatmalar yapılması (“mutasyonlar oluşturulması”) küçük parçacıkların oluşturduğu yığında ufak hareketlenmelere sebep olur. Ama delikten bakmakta olan biz, bunları kar tanesi şekilli görüntünün her noktasında simetrik olarak tekrarlanan değişiklikler olarak görürüz. Kaleydoskopa tekrar tekrar hafifçe tıklattığımızda kendimizi Alaaddin’in ağzına kadar mücevherlerle kaplı mağarasının minyatür bir versiyonunda dolaşıyor gibi hissederiz.

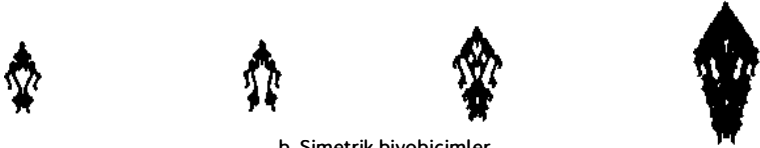
Kaleydoskopun özü tekrardır. Rastgele değişiklikler dört ekseninde birden tekrarlanır. Eksen sayısı elbette ayna sayısına bağlıdır ve bu oyuncağı üretenler dörtten ne kadar fazla ayna koymuşlarsa eksen sayısı da o kadar olacaktır. Mutasyonlar da, her ne kadar kendileri tek bir değişiklik olsalar da, vücudun farklı bölgelerinde tekrarlanan etkilere sahip olabilirler. Bunu, Bölüm 3’te gördüğümüz, mutasyonların rastgele olmadıkları yönlerin listesine bir başka türden bir ekleme olarak alabiliriz. Tekrarların sayısı embriyolojinin türüne bağlıdır. Birazdan kaleydoskopik embriyolojilerin çeşitli türlerinden bahsedeceğim. Kaleydoskopik embriyolojinin önemini kabul etmemi sağlayan şey, biyobiçimleri üretme deneyimi ve özellikle de Kör Saatçi programımın içine yazılımsal “aynalar” koyma deneyimiydi (Çizim 7.1). Bu bölümü resmetme amacıyla biyobiçimlerden ve diğer bilgisayar hayvanlarından oldukça fazla yararlanacak olmam bu yüzden bir tesadüf değil.

Önce simetriden bahsedelim ve simetrinin olmadığı durumlarla başlayalım. Biz insanlar tamamen olmasak da oldukça simetrik sayılırız ve karşılaştığımız çoğu hayvan da öyledir. Bu yüzden simetrinin her canlının sahip olması gerekemeyen bir nitelik olduğunu unutmaya meyilliyizdir. Bazı Protozoa grupları asimetriktir (bunlar tek hücreli hayvanlardır), yani onları hangi açıdan ikiye ayırırsanız ayırın, ortaya çıkacak iki parça birbirinin aynısı ya da ayna görüntüsü olmayacaktır. Peki mutasyonun tamamen asimetrik bir hayvan üzerindeki etkisi ne olur? Bunu açıklamak için en kolay yol bilgisayar biyobiçimlerine başvurmaktır.

Çizim 7.1 a’daki dört biyobiçimin her biri aynı biçimin mutant çeşididir ve hiçbirinde herhangi bir simetrik olma



a. Asimetrik biyobiçimler



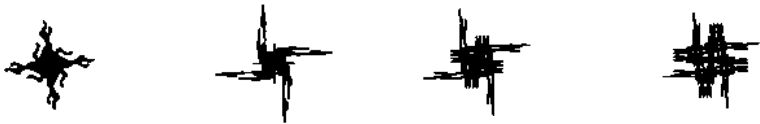
b. Simetrik biyobiçimler



c. Kuzey-Güney simetirli biyobiçimler



d. İşınsal simetrik biyobiçimler



e. Dönel simetirli biyobiçimler

Çizim 7.1 Farklı sayıda “kaleydoskopik aynalar” tarafından sınırlandırılmış ve dolayısıyla çeşitli türlerde simetriler gösteren biyobiçimler.

zorlaması yoktur. Bunlarda simetrik şekiller yasaklanmamıştır ama simetri üretmek için herhangi bir özel çaba da yoktur. Mutasyonlar sadece bunların şekillerinin değişmesine sebep olurlar ve tüm olan da bu kadardır. Yani görünürde hiçbir “kaleydoskopik” etki ya da “ayna” yoktur. Ama şimdi Çizim 7.1 b’deki gibi bazı diğer biyobiçimlere bakalım. Bunlar da birbirlerinin mutant biçimleri, fakat onların embriyo gelişiminin yapısında bulunan bir simetri kuralı var: Onları

üreten program, orta çizgiden geçen bir “yazılımsal aynayı” içerecek şekilde değiştirilmiş. Bir önceki simetrik olmayan biyobiçimlerde olduğunun aynısı şekilde, Çizim 7.1 b’nin bu biyobiçimlerinde de mutasyonlar pek çok şeyi değiştirebilirler, fakat bu defa sol taraftaki herhangi bir rastgele değişiklik sağ tarafta da aynen yansıtılacaktır. Bu biçimler, bir önceki dörtlünün asimetrik biçimlerine kıyasla daha “biyolojik” görünürler.

Embriyolojideki bir simetri kuralını bir kısıtlama ya da “sınırlama” olarak düşünebilirsiniz. Yani bir anlamda, sınırlandırılmamış bir embriyoloji hem simetrik hem de asimetrik biçimler üretebileceğinden daha doğurgandır denilebilir. Ama bu bölümde simetri kısıtlamasının bir zenginleştirme olarak ortaya çıkabileceğini, yani bir kısıtlamanın tam tersini gerçekleştirebileceğini göreceğiz. Kısıtları olmayan bir embriyolojiyle ilgili sorun, şans eseri simetrik bir tanesi ortaya çıkmadan önce çok sayıda biçim üretmeye ihtiyacının olmasıdır. Ve simetrik biçim sonunda ortaya çıktığında bile, uzun zaman boyunca beklenmiş olan bu simetri, sürekli olarak sonraki mutasyonların tehdidi altında olacaktır. Diğer şeylerdeki değişim ne olursa olsun simetri neredeyse her durumda arzu edilir bir şey olacaksa, sınırlandırılmış embriyoloji, bizim gözümüze çok daha güzel görünmesine eşdeğer biçimde, çok daha “üretken” olacaktır. Kısıtlanmamış diğer embriyolojilerin aksine simetrik embriyoloji, sonradan işe yaramayacağı ortaya çıkacak asimetrik biçimleri çöpe atmakla vaktini harcamayacaktır.

Aslına bakılırsa bizler de dâhil olmak üzere hayvanların büyük çoğunluğu sol-sağ düzleminde (mükemmel olmasa da büyük bir miktarda) simetriğiz. Güzellik kullanışlılık açısından bir önem taşımadığından, sol-sağ düzlemindeki simetrisinin neden arzu edilir bir özellik olması gerektiğini sorgulamalıyız. Bazı hayvan bilimciler, simetri gibi büyük yapısal özellikler açısından hayvanların bir “temel vücut planı”na bir çeşit mistik bağlılık gösterdikleri için mevcut şekillerine sahip oldukları şeklindeki on sekizinci yüzyıldan kalma bir fikre takılıp kalmıştır. Bu temel vücut planına çoğu zaman

Bauplan derler. *Bauplan*, tasarım planı anlamına gelen Almanca sözcüktür sadece. Tipik olarak, yabancı dilde kelime kullanımı bir çeşit gösteriş için yapılır. Sör Peter Medawar'ın alaycı bir şekilde ortaya koyduğu üzere "Ren Nehri'nin derinliklerinden gelen tuba notaları"dırlar. Eğer parantez içinde bir espri yapmamı çok görmezseniz, aslında "tasarım planı"nda bir ironi vardır çünkü bir yapı ile onun planı arasında bire bir, yani "indirgemeci" ilişki olduğunu ima eder ve bu da *Bauplan* kelimesine en çok düşkün olan yine o insanların genetik açısından ideolojik hassasiyetlerini rencide edecektir. Bense, kendisiyle bu konuları bol bol tartıştığım meslektaşım Dr. Henry Bennet-Clark'ın şu şekildeki Anglosakson sadeliğini tercih ediyorum: "Yaşama dair bütün soruların cevabı aynıdır ve (her ne kadar bu cevabın bize her zaman yardımı dokunmasa da) bu cevap doğal seçilimdir." Sol-sağ simetrisinin faydalarının farklı hayvan türlerinde değişkenlik göstereceğine şüphe olmasa da, Bennet-Clark takip eden satırlarda özetlenmiş bazı genel fayda önerilerinde bulunur.

Hayvanların çoğu ya solucan gibidir ya da solucan gibi atalardan gelmektedir. Eğer solucan olmanın nasıl bir şey olabileceği hakkında kafa yorarsanız, vücudun bir ucunda (yiyeceklerle ilk önce karşı karşıya gelen ucunda) ağzın olması ve anüsün de vücudunuzun atıklarını yanlışıklıkla yememeniz için geride bırakabileceğiniz diğer uçta olması mantıklı gelir. Bu durum bir ön bir de arka taraf belirlenmesine sebep olur. Ayrıca doğa genellikle yukarı ve aşağı arasında belirgin bir fark olmasını zorlar. Bunun en baştaki sebebi yer çekimidir. Ayrıntıya girersek, pek çok hayvan toprak veya deniz tabanı gibi yüzeylerin üzerinde ilerler. Ayrıntılı pek çok nedenden dolayı, hayvanın yere en yakın olan tarafının gökyüzüne bakan tarafından farklı olmasının gerekmesi mantıklıdır. Bu da bir sırt ve bir de karın tarafı olacağı anlamına gelir. Ve bir

1 -ed.n. İndirgemecilik, karmaşık şeyleri doğrudan onun küçük parçaları yoluyla açıklamaya çalışmak anlamına gelir ve bazı biyoloji çevrelerinde bu kelime aslında karikatürleştirilerek karşıt görüşteki bir grup bilimciyle dalga geçilmek amacıyla kullanılmıştır. Bu karikatüre göre bir indirgemeci, bir kolun hareketini bile atom altı parçacıkları kullanarak çözmeye çalışır. Bu konuyu yazarın geniş çaplı olarak ele alışını *Kör Saatçi* isimli kitabının birinci bölümünde okuyabilirsiniz.

de yanlarımız vardır, bir sol yan, bir de sağ yan. Fakat sol ve sağ yanlar neden birbirlerinin ayna görüntüsü olmalıydılar? Bunun kestirme cevabı, “neden olmasın”dır. Haklı varlık sebeplerine sahip olan ön/arka ve yukarı/aşağı yönlü *asimetri-lerin* aksine, sol taraf için en iyi olan şeklin sağ taraf için en iyi olan şekilden farklı olacağını varsaymak için hiçbir genel neden yoktur. Aslında, eğer sol tarafın sahip olabileceği en uygun bir hal var ise, sağ tarafın da aynı özellikleri paylaşacağını varsaymak mantıklıdır. Ayrıntıya girersek, sol/sağ ayna simetrisinden herhangi bir ciddi sapmanın, iki nokta arasında olabilecek en kısa mesafeyi izlemeye çalışırken hayvanın düz gitmesi yerine daireler çizmesiyle sonuçlanabilecek olması gibi çeşitli etkenler olabilir.

Sebebi ne olursa olsun, sol ve sağ tarafların birbirlerinin ayna görüntüleri olarak evrilmelerinin tercih edilen durum olduğunu göz önünde bulundurduğumuzda, orta çizgilerinden inen tek bir “ayna” ile “kaleydoskopik” olan embriyolojiler avantaja sahip olacaktır. Herhangi bir iyi etkiye sahip yeni mutasyonlar, sonrasında otomatik olarak her iki tarafta da yansıtılacaktır. Peki bunun kaleydoskopik olmayan alternatifi nedir? Simetri olmayınca, evrilmekte olan bir soy ilk faydalı değişikliği bedeninin bir tarafında, örneğin sol tarafında elde edecektir. Bu durumda soy, pek çok nesiller süren bir asimetri halindeyken, sol taraftakiyle eşleşecek bir sağ taraf mutasyonu beklemek zorunda kalacaktı. Kaleydoskopik bir embriyolojinin bu noktada pekâlâ bir avantaja sahip olacağını görmek kolaydır. Bu yüzden belki de, giderek artan derecede bir sınırlayıcı (aynı zamanda bir o kadar verimli) karaktere sahip kaleydoskopik embriyolojilerin lehine bir tür doğal seçim mevcuttur.

Bu durum sol-sağ asimetrisinin asla evrilemeyeceklerini söylemek anlamına gelmez. Bir tarafı diğerine göre daha şiddetli etkileyen mutasyonlar gerçekten de bazen ortaya çıkarlar. Asimetrik mutasyonların neden kimi zaman istenilen bir şey olabileceğine dair özel sebepler bulunur ve doğal seçim sonrasında onları destekler (örneğin keşiş yengeçleri-

nin¹ karın bölgelerini sarmal kabuklara sığdırabilmeleri için asimetrinin gerekmesinde olduğu gibi). Dördüncü bölümde pisibalıgı, dilbalığı ve dere pisi gibi yassı balıklarla zaten tanışmıştık (Çizim 4.7). Pisibalıkları, başlangıçta vücudun solu olan tarafa doğru yattılar ve sol gözleri atalarının sağ tarafı ama onların şimdi üst tarafları olan kısımlarına göç etti. Dilbalıkları da aynı şeyi yaptılar, ama onların farkı sağ taraflarına yatmalarıydı, ki bu durum bir tarafa yatma davranışını bağımsız olarak evriltmiş olabileceklerine işaret eder. Pisibalığının atalarında bedenın sol tarafı olan yüzey, günümüze gelene kadar işlevsel olarak altta bulunan, yeri kavrayan bir deri haline dönüştü ve bu işleve uygun olarak da düz ve gümüşi bir hal aldı. Atalarının sağdaki yüzeyi ise işlevsel olarak üstte bulunan, gökyüzüne bakan taraf oldu ve bu durumun bir sonucu olarak şeklen eğimli, renk olarak da kamufleli bir hale büründü. Ataların sırtları ve karınları olan bölgeler ise işlevsel olarak sol ve sağ taraflar halini aldılar. Bu bölgelerde bulunan ve normalde birbirlerinden çok farklı yüzgeçler olan sırt yüzgeci ve anal yüzgeç, birbirlerinin tam bir ayna görüntüsüne dönüşüp işlevsel sol ve sağ yüzgeçleri oluşturdular. Aslına bakılırsa, pisibalığında ve dilbalığında yeniden icat edilen sol-sağ simetrisi, dünyadaki tüm canlıların temel bir beden planına sahip oldukları inanışına ters bir şekilde, doğal seçilimin gücüne dair iyi bir reklamdır. Pisibalığındaki mutasyonların yeni sol ve sağ taraflarında (yani eski sırt ve karında) otomatik olarak yansıtılıp yansıtılmadıklarını ortaya çıkartmak ilginç olacaktır (ve aslında yapılacak bir araştırma ile gerçekleştirilebilir bir şeydir). Veya bu mutasyonlar hala atasal örüntüyü izleyip, otomatik olarak eski sol ve sağ (yeni alt ve üst) taraflarda mı yansıtılıyorlar? Bir pisibalığının gümüşi tarafı ile kamufle edilmiş tarafı arasındaki farklılık, zorluk çıkarıcı eski bir kaleydoskopik embriyolojinin dişlerinde mi yoksa kolaylaştırıcı yeni bir kaleydoskopik embriyolojinin yardımıyla mı kazanılmıştı? Bu sorulara verilecek cevap ne

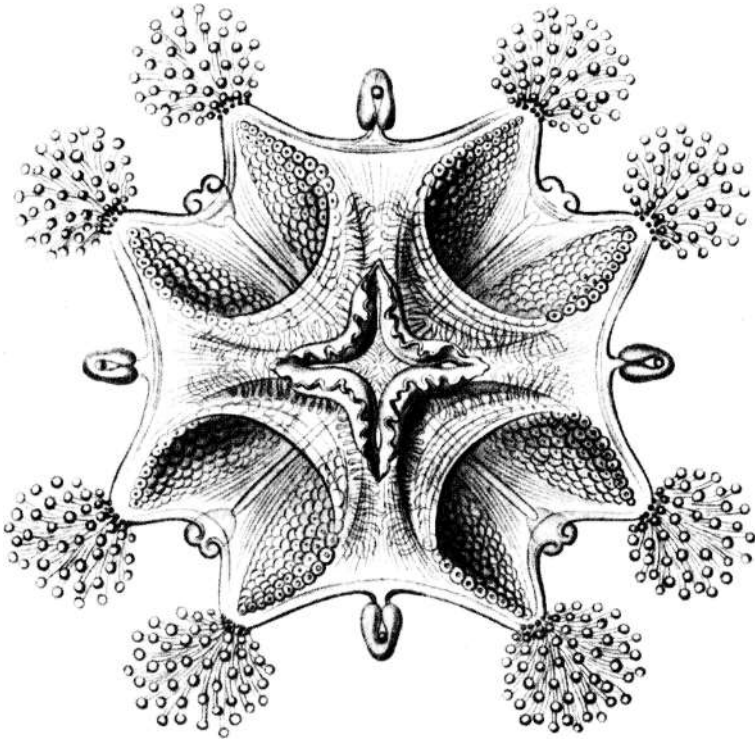
1 -ed.n. Keşif yengeçleri, kendilerini korumak için diğer yumuşakçaların içi boş kabuklarının içine yerleşen ve bir salyangoz gibi bu kabuğu sırtlarında taşıyan yengeçlerdir. Kabuğa iyi oturması için asimetrik bir karna sahip hale gelmişlerdir.

olursa olsun, bu cevap, (evrime) “zorluk çıkarıcı” ve “kolaylaştırıcı” kelimelerinin bir embriyoloji hakkında kullanılmaya uygun oldukları noktasını resmetmeye hizmet eder. Bir kez daha, embriyolojilerin belirli türlerdeki evrimi kolaylaştırmaları için daha yüksek seviyedeki bir türde doğal seçim gerçekleştiği imasında bulunmaya cüret edecek miyiz?

Bu bölümün bakış açısından sol-sağ simetrisi hakkındaki önemli şey, herhangi bir tekil mutasyonun etkisini hayvanın bir tarafı yerine aynı anda iki tarafında birden gösteriyor olmasıdır. Kaleydoskopik embriyolojiden kastettiğim şey budur. Yani sanki mutasyonlar bir aynada yansıtılmaktadır. Ama sol-sağ simetrisi bu türden tek simetri değildir. Mutasyonel aynaların yerleştirilmiş olabileceği başka düzlemler de vardır. Çizim 7.1 c’deki dört biyobiçim, sadece sol-sağ düzleminde değil aynı zamanda ön-arka düzleminde de simetrik. Adeta birbirine dik yerleştirilmiş iki ayna var gibidir. Böyle “iki aynalı embriyoloji”ye sahip gerçek yaratıklar, sol-sağ simetrik olanlardan daha seyrek bulunurlar. Pek aşina olmadığımız taraklılar şubesinin kurdele şekilli plankton yüzücüsü olan Venüs kemeri buna son derece güzel bir örnektir. Dört yönlü simetriye uyan kaleydoskopik embriyolojiler daha yaygın bir şekilde bulunabilirler. Birçok denizanası bu simetri desenini sergiler. Onların şubesinin diğer üyeleri ya denizde yüzer (denizanelerinin kendileri gibi) ya da tabana sabitlenmiş halde yaşar (deniz şakayıkları gibi). Bu yüzden sürünerek ilerleyen hayvanların, örneğin kurtçukların maruz kaldıkları az önce bahsettiğimiz ön-arka baskılarına maruz kalmazlar. Bir üst ve bir de alt tarafa sahip olmak için her türlü nedenleri vardır, ama ön ve arka veya sol ve sağ taraf sahibi olmaları için üzerlerinde bir baskı yoktur. Bu yüzden de, onlara yukarıdan bakıldığında, pusulanın herhangi bir noktasının diğerine göre ayrıcalıklı olması için hiçbir neden yoktur. Ve gerçekten de bu hayvanlar “ışınsal¹ simetrikler.” Çizim 7.2’deki denizanası dört yönlü ışınsal simetriye sahip olsa da, göreceğimiz üzere diğer sayılarda kollara sahip ışınsallık yaygındır. Bu çizim, bu bölümdeki birçok diğer çizim

gibi meşhur on dokuzuncu yüzyıl Alman hayvan bilimcisi Ernst Haeckel tarafından çizildi. Şans eseri hem bilimci hem de gördüğünüz üzere harikulade bir çizirdi.

Bu türden simetriye sahip hayvanlar muazzam çeşitlilikte biçimler oluşturabilirler ama simetrilerine uymayan şekiller oluşturmama yönünde kısıtlanmışlardır. Ancak yine belirtiyim ki, bu kısıtlamanın aslında çok fazla bir kısıtlama olmadığı ortaya çıkabilir. Bu hayvandaki rastgele değişimler dört köşeyi aynı anda etkilerler. Ve çoğu zaman bu dört yollu aynalar kendi içlerinde de sol-sağ simetrisine sahip olduklarından, bunlardaki her mutasyon aslında kendini sekiz kez tekrarlıyordur. Bu durum, her köşeye iki tane düşecek şekilde sekiz küçük püskülü olan Çizim 7.2'deki saplı denizanasında



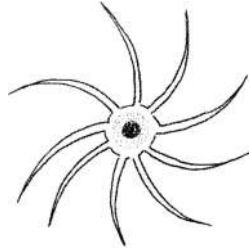
Çizim 7.2 Dört yollu simetrik bir hayvan: Saplı denizanası. Dört ekseninin her birinin kendi içinde de sol-sağ simetrisine sahip olduğuna dikkat edin. Yani çoğu çeşitlenme aslında sekiz kere yansıtılmış.

oldukça açık görülür. Püskülün şeklinde meydana gelecek bir mutasyon büyük olasılıkla kendisini sekiz kez gösterecektir. Işınsal simetrisinin bu ek ikilemenin olmadığı durumda neye benzeyeceğini görmek için Çizim 7.1 e'deki biyobiçimlere bakın. Bu türden “gamalı haç” ya da “dönel” simetritli gerçek hayvanlar bulmak oldukça zor, ama Çizim 7.3 tam da aradığımız şeyi gösteriyor. Bu organizma bir kerevite ait sperma hücresi.

Çizim 7.3

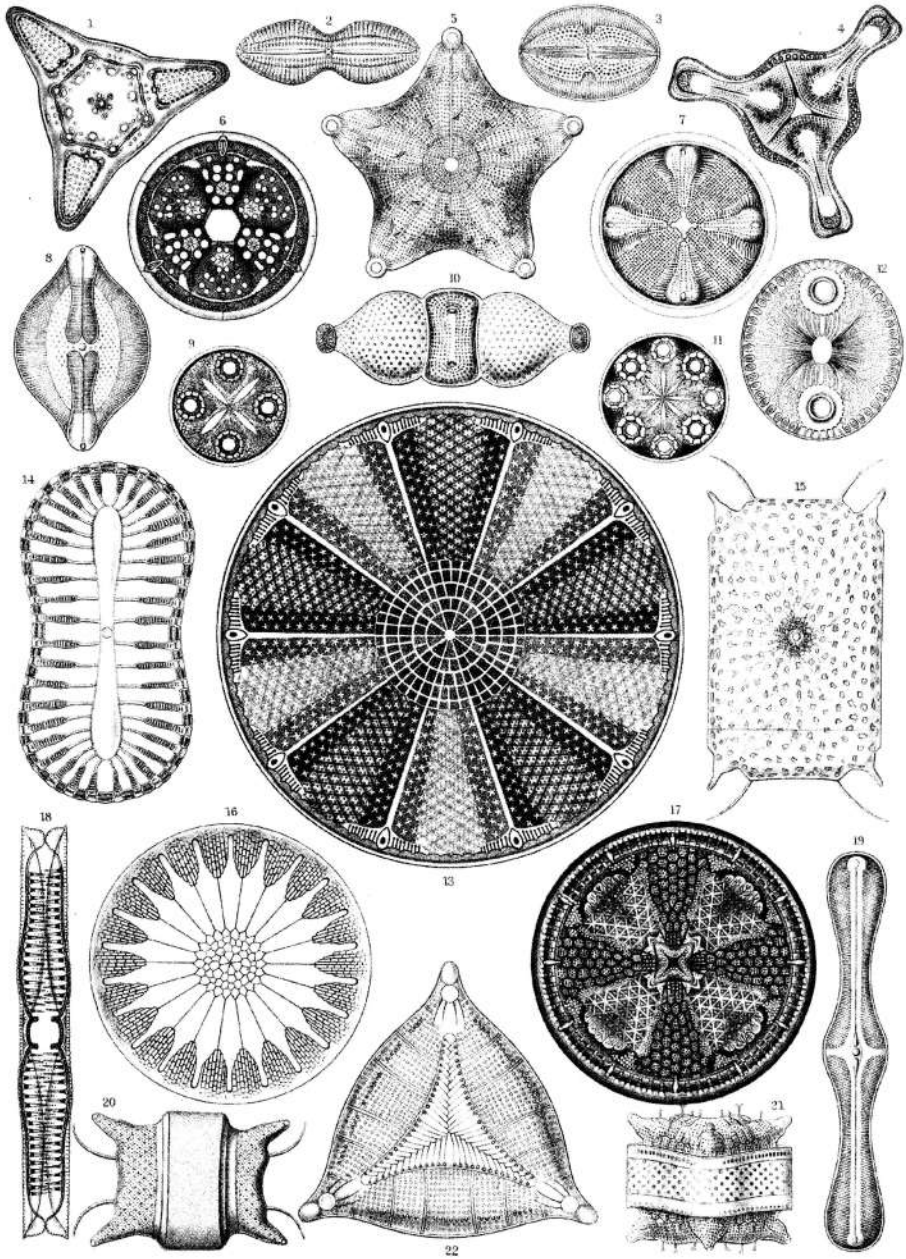
“Dönel simetri”:

Bir kerevitin sperma hücresi.

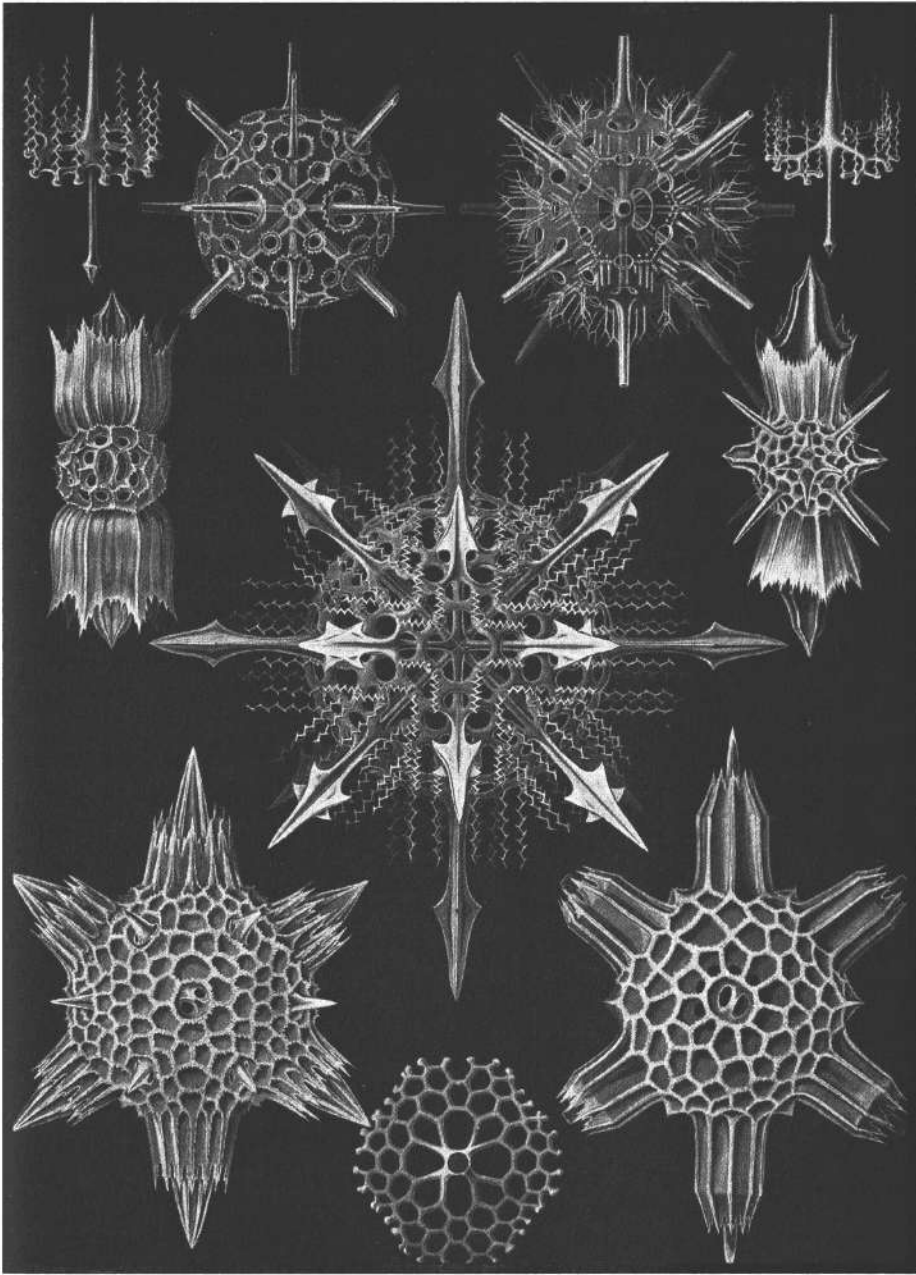


Işınsal simetriye sahip çoğu hayvan, kaç tane simetri koluna sahip olursa olsun, her bir kola sol-sağ ayna simetrisini de ekler. Bu yüzden, belli bir mutasyonun kaç farklı yere yansiyarak etki göstereceğini sayarken, kolları sayıp bu rakamı ikiyle çarpmamız gerekir. Tipik bir denizyıldızının beş kolunun her biri sol-sağ simetrisine sahip olduğundan, her mutasyonu on kere “yansıttığı” söylenebilir.

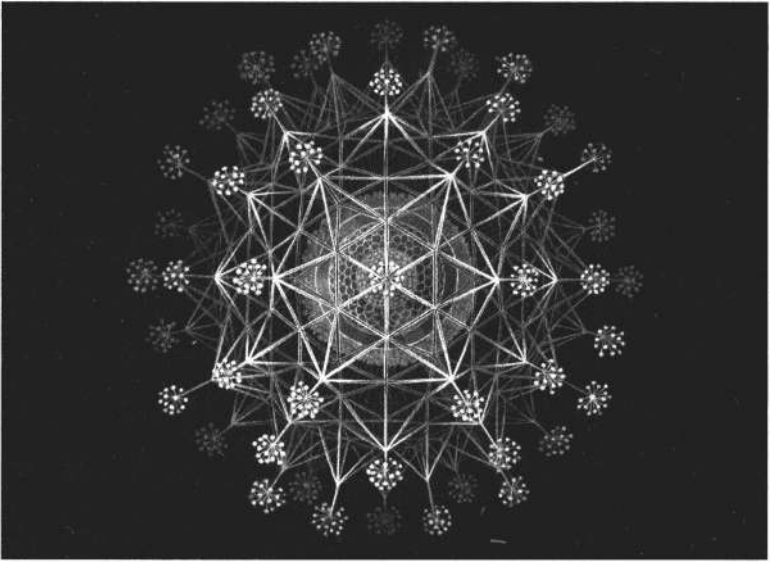
Haeckel özellikle Çizim 7.4'teki diyatomlar gibi tek hücreli organizmaları çizmeyi seviyordu. Bu diyatomlarda her koldaki sol-sağ yönlü ayna görüntüsüne ek olarak iki, üç, dört, beş ve daha fazla sayıda “aynaları” olan kaleydoskopik simetriler görüyoruz. Her simetri türünde embriyoloji, mutasyonların sadece bir noktada değil, simetrisinin kol sayısına göre belirlenmiş sayıda olan yerlerde etki göstereceği biçimdedir. Örneğin Çizim 7.4'ün üst bölümünde olan beş uçlu yıldız, onu daha sivri uçlu yapacak bir mutasyon geçirebilir. Bu durumda uçların beşi de aynı anda daha sivri hâle gelirdi. Beş farklı mutasyonun gerçekleşmesi için beklememiz gerekmezdi. Büyük olasılıkla, farklı sayıda aynalar da birbirlerinin (çok daha az rastlanan) mutasyonlarıdır. Örneğin üç kollu bir yıldız nadiren de olsa beş kollu bir yıldızla dönüşecek şekilde mutasyona uğruyordur belki.



Çizim 7.4 Mikroskopik tek hücreli bitkiler olan diyatomlar. Aynı organizma grubu içindeki farklı sayıda kaleydoskopik aynaları resmediyorlar.



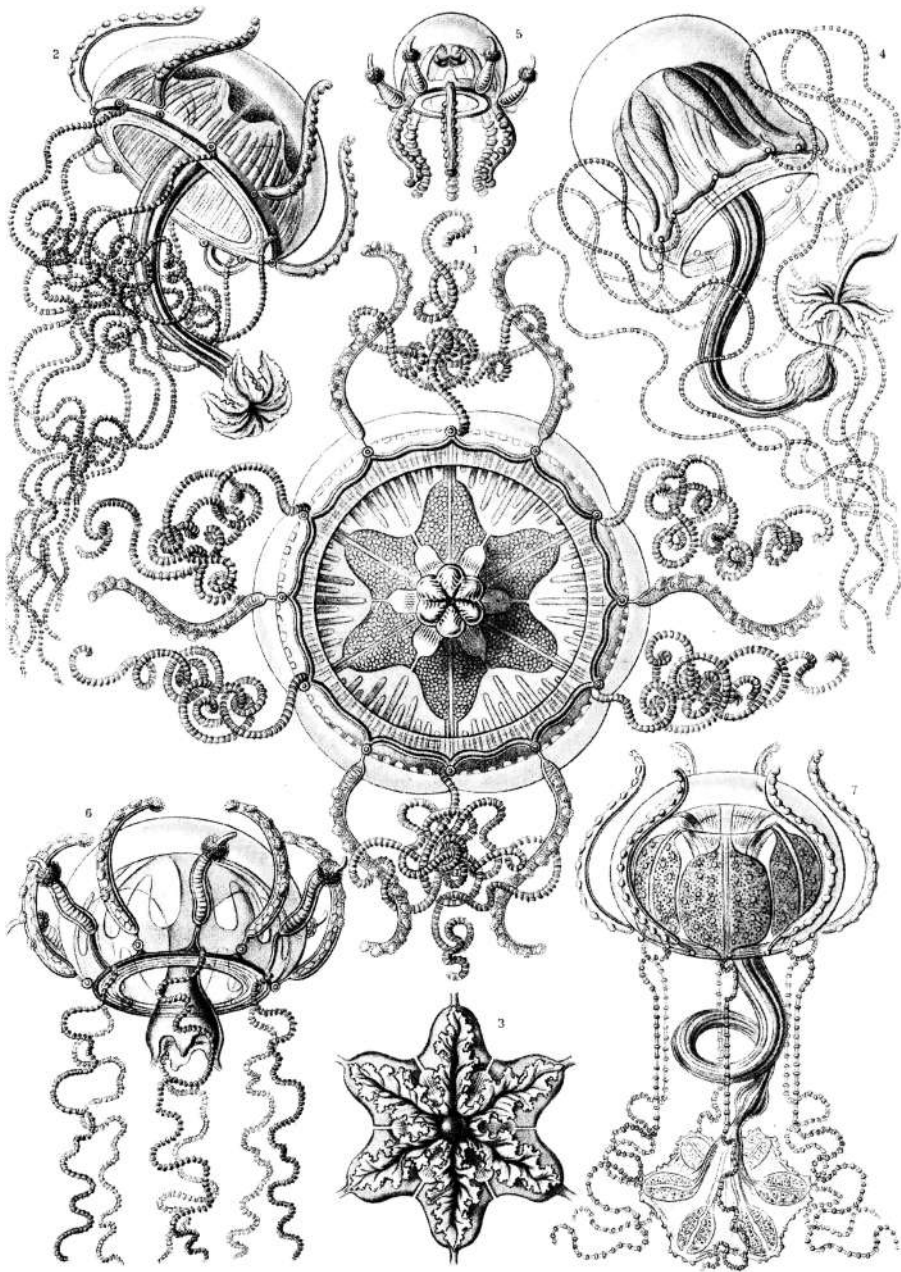
Çizim 7.5 Işınlılar. Kaleydoskopik simetri aynalarının farklı sayılarının, tek hücreli ve mikroskobik bir organizma grubu içindeki birkaç örneği daha.



Çizim 7.6 Büyük ve ihtişamlı bir Işınlı iskeleti.

Benim için tüm mikroskobik kaleydoskopların şampiyonu, Haeckel'in özel ilgi gösterdiği bir başka plankton grubu olan Işınlılar'dır (Çizim 7.5). Onlar da iki, üç, dört, beş, altı ya da daha fazla aynası olan kaleydoskoplardaki gibi çeşitli sayılardaki harika simetrileri sergilerler. Her tarafında kaleydoskopik embriyoloji yazılı bir güzelliğe ve zarafete sahip kireç taşından yapılmı minnacık iskeletleri vardır.

Çizim 7.6'daki kaleydoskopik şaheser, ileri görüşlü mimar Buckminster Fuller tarafından tasarlanmış bir şey olabilirdi (kendisini, o doksanlarındayken hiç ara vermeksizin üç saat boyunca büyüleyici bir ders verdiği sırada dinlemiş olma şansına bir kere sahip olmuştum). Fuller'in jeodezik kubbe-lerinin olduğu gibi, bu canlılar da güçlerini üçgenin yapısal olarak sağlam geometrik şekline borçludur. Daha yüksek bir seviyeden bir kaleydoskopik embriyolojinin ürünü oldukları açık. Herhangi bir mutasyon bu canlılar üzerinde birçok kez yansıtılacaktır. Kesin yansıtılma sayısını bu resimden anlamak mümkün değil. Haeckel tarafından çizilen başka Işınlılar, kristal yapılarında uzman bilimciler tarafından, eski çağlardan beri oktahedron (sekiz üçgen yüzeyi olan şekil), dodeka-



Çizim 7.7 Altı yollu simetrlili medüzler.

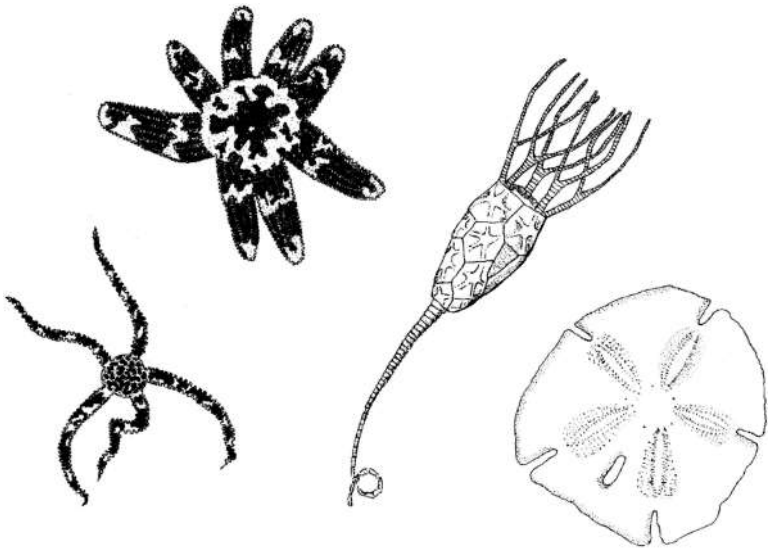
hedron (on iki beşgen yüzeyi olan şekil) ve ikozahedron (yirmi üçgen yüzeyi olan şekil) olarak bilinen düzgün üç boyutlu cisimlerin birer örnekleri olarak kullanılmıştır. Aslında, salyangoz kabuklarıyla bağlantılı olarak tanıştığımız D'Arcy Thompson, bu zarif ışınlıların embriyolojilerinin, bir embriyonun bildiğimiz anlamda gelişiminden ziyade kristallerin büyümesiyle daha çok ortak noktası olduğunu iddia edecekti.

Zaten tek hücreli canlılar (örneğin diatomlar veya Işınlılar) ister istemez çok hücreli canlılardan oldukça farklı türde embriyolojiye sahip olacaktır ve bunların kaleydoskopları arasındaki herhangi bir benzeşim muhtemelen tesadüfi olacaktır. Dört yanlı simetriye sahip çok hücreli bir hayvanın örneğini az önce görmüştük ve o bir deniz anasıydı. Dört ya da dördün bir katı, bu tip medüzler¹ arasında oldukça yaygındır ve büyük olasılıkla embriyolojinin erken safhalarındaki bir sürecin basit ikilenmesiyle elde edilmesi kolaydır. Altı yollu simetriye sahip medüzler de bulunur, mesela hidroid grubundan trachymedusae olarak bilinenler gibi (Çizim 7.7).

Beş yollu simetrinin en ünlü örnekleri derisidikenlilerdir. Derisidikenliler, aralarında deniz yıldızı, deniz keşanesi, kırılğan yıldız, deniz hıyırı ve deniz laleleri gibi hayvanların olduğu dikenli deniz yaratıklarının büyük şubesidir (Çizim 7.8). Günümüzdeki beş yollu simetriye sahip derisidikenlilerin, üç yollu simetriye sahip uzak atalardan geldiği öne sürülmüştür. Ama yarım milyar yıldan fazla bir zamandır beş yollu simetriye sahipler ve bu beş yollu simetriyi bazı hayvan bilimcilerin düşkün oldukları beden tasarım planlarından biri olarak görmek cezbedicidir. Bu idealist görüş için üzgünüm ama, beşten farklı kol sayısına sahip deniz yıldızı türlerinden azımsanmayacak bir miktar bulunduğu gibi, saygıdeğer beş kollu türler arasında bile bazen üç, dört ya da altı yollu simetriye sahip mutant *bireyler* ortaya çıkar.

Öte yandan, deniz dibinde yaşayan bir sürünücü olmak için ne gerektiğine dair yaptığımız basit analizden bekleyebileceğimizin aksine, sürünerek ilerleyen derisidikenliler

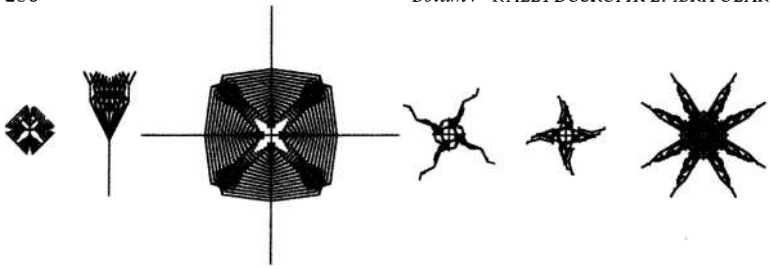
1 -ed.n. Medüzler, denizanalarının da dahil olduğu denizde yaşayan bir canlılar grubunun içinde şekilleri şemsiye gibi olanlara verilen isimdir.



Çizim 7.8 Çeşitli gruplardan derisidikenliler: (soldan sağa) kırılğan yıldız, pek çok kollu deniz yıldızı (resimdeki örnek muhtemelen kollarından birkaç tanesini kaybetmiş ve yeniden büyütmüş ve eşit olmayan kollarının sebebi bu), deniz lalesi, deniz kurabiyesi.

bile genellikle ışınsal simetriye sahiptir. Ve hangi yöne yürüdüklerini önemsemeyişleri anlamında bu ışınsal simetriyi oldukça ciddiye alıyor gibi görünüyorlar (hiçbir kolun ayrıcalığı yoktur). Belli bir anda denizyıldızı bir “öncü kola” sahip olacaktır ama aralıklarla öncülük görevini başka kollara geçirir. Bazı derisidikenliler evrimsel süreçte sol-sağ simetrisini yeniden keşfetmiştir. İçinde dolaştıkları kum, kazıcı deniz kestanelerini ve deniz kurabiyelerini aerodinamik bir şekil edinmeye doğru son derece fazla zorlamış olmalı ki, bu canlılar ön arka asimetrisini tekrar keşfetmişler. Ancak bu asimetri fark edilir bir şekilde beş yollu simetriye sahip deniz kestanesinin şekli üzerine kurulmuş.

Derisidikenliler öylesine nefis yaratıklar ki, Kör Saatçi programıyla yaşamsal biyobiçimlerin üremesini sağlamaya çalışırken, elimde olmadan onların benzerlerini elde etmeyi arzuladım. Bütün beş yollu simetri üretme denemelerim başarısızlıkla sonuçlanmaya mahkûmdu. Kör Saatçi embri-



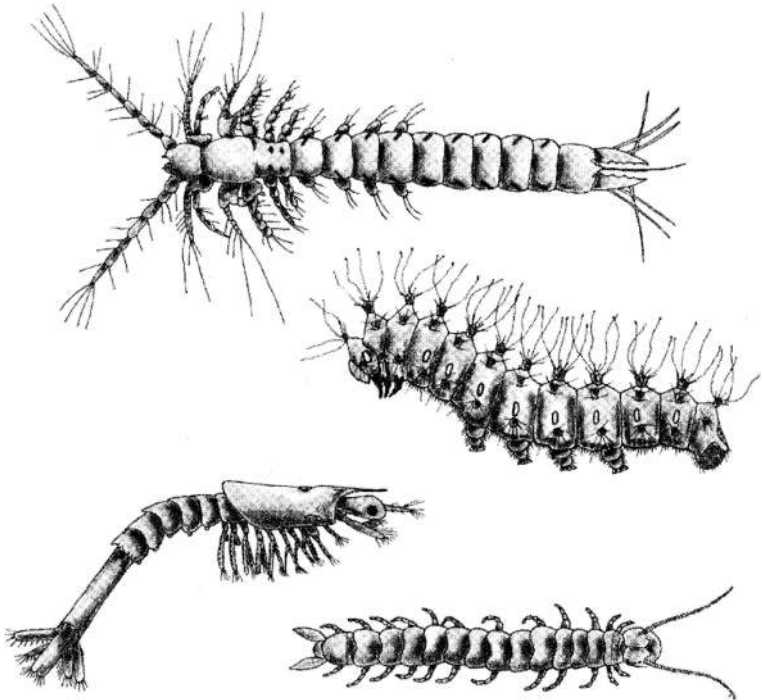
Çizim 7.9 Bilgisayar biyobiçimleri yüzeysel olarak derisidikenliler gibi görünebilir, ama yakalanması zor olan o beş yollu simetriye asla ulaşamazlar. Bunun olabilmesi için programın yeniden yazılması gerekir.

yolojisi doğru türde kaleydoskopikliğe sahip değildi. Gerekli sayıdaki “aynalar”dan yoksundu. Aslına bakılırsa, daha önce de gördüğümüz gibi, bazı anormal derisidikenliler beş yollu simetriden ayrılmıştır ve ben de çift sayıda ışınları olan deniz yıldızları, kırılğan yıldızlar ve deniz kestaneleri simüle ederek “hile” yaptım (Çizim 7.9).

Fakat Kör Saatçi bilgisayar programının şu anki sürümünün beş yollu simetriye sahip biyobiçimler ortaya çıkarmaktan aciz olduğu gerçeğinden kaçmanın bir yolu yok ve aslında bu durum bu bölümün ana fikrini sergiliyor. Yeni bir kaleydoskopik mutasyonlar sınıfına izin vermesi için programın kendisini değiştirmem gerekir (yani hali hazırda var olan bir gende sayısal bir mutasyon değil, yeni bir “ayna” eklemem gerek). Eğer bu gerçekleştirilecek olursa, sıradan ve bir hayli zaman alan rastgele mutasyon ve seçim süreçlerinin, derisi dikenli gruplarının daha iyi benzerlerini üreteceği konusunda güvenim tam. *Kör Saatçi* kitabımda açıklandığı üzere, programın orijinal sürümü sadece sol-sağ simetrikli mutasyonlar üretebilme yeteneğine sahipti. Yeni yazılan programın dört yanlı ve dönel simetrilere sahip biyobiçimler üretme becerisi ise, içinde genetik denetim altındaki “yazılım aynaları” repertuarları da olacak şekilde programı yeniden yazma kararı almamdan kaynaklanıyor.

Buraya kadar, kaleydoskopik embriyolojilerin örneği olarak pek çok çeşitte simetriden bahsettim. Geometrik olarak daha az etkileyici, ama gerçek hayvanların dünyasında en azından simetri kadar öneme sahip bir başka olgu da bö-

lütlenmedir. Bölütlenme bir hayvanın vücudunun ön kısmından arkaya doğru gidildikçe bir dizi tekrarın olması anlamına gelir (bu hayvanlar genellikle sol-sağ simetrisine de sahiptirler). Bölütlü hayvanların en bilinen örnekleri annelidler (toprak solucanları, kum solucanları, kum kurtları ve tüp solucanları) ve eklembacaklılardır (böcekler, kabuklular, kırkayaklar, trilobitler, vs...) ama biz omurgalılar da bölütlüyüz, gerçi bizim bölütlü oluşumuz oldukça farklı bir yoldadır. Tıpkı bir trenin, her biri diğerinin temelde benzeri olan ama ayrıntılarda farklılık gösterebilen dizi dizi vagonlardan oluşması gibi, bir eklembacaklı da ayrıntılarında birbirlerinden farklılaşan bir dizi bölütten oluşur. Bir çıyan, her bir vagonu



Çizim 7.10 Eklembacaklılar tekrar eden bölütlerden inşa edilmiştir, bu bölütler sıklıkla önden arkaya gidilirken değişiklikler gösterirler. Resimdeki eklembacaklılar (üstten başlayarak) mistakokarid kabuklusu, *Derocheilocaris*; dev tavuskuşu güve tırtılı, *Saturnia pyri*; karides, *Penaeus*; Symphyla (çıyanlarla benzer), *Scutigrella*.

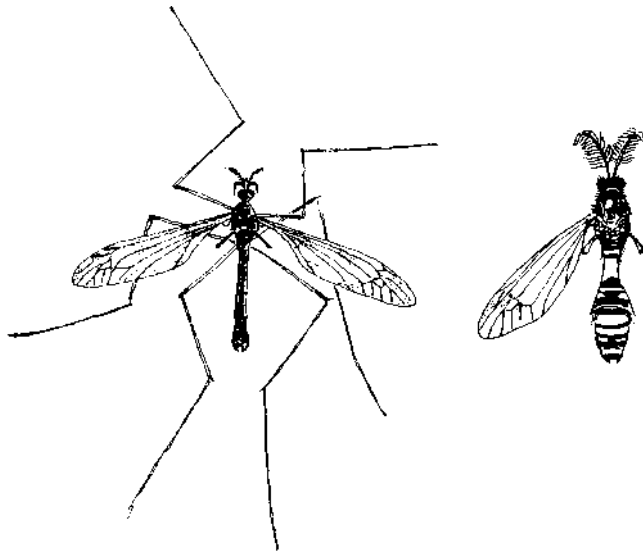
diğerinin hemen hemen aynısı olan bir yük treni gibidir. Diğer eklembacaklıları ise geliştirilmiş çıyanlar olarak düşünebilirsiniz. Onlar, farklı farklı amaçlara hizmet için üretilmiş çeşit çeşit vagonlara sahip trenlerdir (Çizim 7.10).

Çıyandaki vücut tarzı, basit tekrarlamadır. Trenin tümü boyunca uzunlamasına bir tekrarlanma vardır ve tekrarlanan her bölüt kendi içinde sol-sağ yansımasına da sahiptir. Ama evrim sürecinde bölütlerin git gide birbirlerinden farklılaşması yönünde ısrarlı bir eğilim vardır. Yani mutasyonların hepsi her bölütte tekrarlanmaz. Böcekler, üç bölütleri hariç diğer tüm bölütlerinde bacaklarını kaybetmiş çıyanlar gibidirler. Bacaklarını kaybetmedikleri bölütler, baştan kıça doğru giderken yedinci, sekizinci ve dokuzuncu bölütte bulunurlar. Örümcekler bacaklarını dört bölütte korumuşlardır. Aslında hem örümcekler hem de böcekler ilkel uzuvlarından bu saydıklarımından daha fazlasını korumuştur. Sadece onlara başka işlevler kazandırdılar, örneğin anten ya da çene gibi. Bölütler arasındaki kaleydoskopik olmayan farklılaşmaları, istakozlar ve onlardan da çok yengeçler, daha da ileriye taşıdılar.

Tırtıllar ön kısımlarına yakın yerde klasik üç adet “normal böcek ayağına” sahiptirler ama daha arkalarda yeni bacakları tekrar icat ettiler (bknz. sayfa 299, Çizim 7.15 b). Bu yeniden icat edilen bacaklar diğerlerine nazaran daha yumuşaktırlar ve öndeki üç göğüs bölütünden çıkan tipik eklemli zırlı bacaklardan oldukça farklıdır. Böcekler de tipik olarak yedinci ve sekizinci bölütlerde kanatlara sahiptir. Bazı böceklerin hiç kanadı yoktur ve atalarının da hiç olmamıştı. Bazı diğer böcekler ise (örneğin pireler ve işçi karıncalar) evrimsel süreçte bir zamanlar atalarının sahip olduğu kanatları kaybettiler. İşçi karıncalar kanat büyütebilecek genetik teçhizata sahiptirler: Her işçi karınca, eğer farklı şekilde yetiştirilmiş olsaydı bir kraliçe olabilirdi ve kraliçelerin kanatları vardır. İlginç bir şekilde, bir kraliçe çiftleşme uçuşunu tamamladıktan ve yer altına yerleşmeye hazır hale geldikten sonra, yaşamının bir aşamasında genellikle kanatlarını kaybeder ve bazen kanatlarını kendisi ısırp kopararak bunu gerçekleştirebilir.

rir. Kanatlar yerin altında ayak bağı olurlar, tıpkı pirelerin yaşadıkları yerlerde, yani konakladıkları canlının kürkü ya da tüyleri olan sık ormanlarda olduğu gibi.

Pireler kanatlarının her iki çiftini birden kaybetmişken, sinekler (sinek ailesinin çok fazla üyesi bulunur ve sivrisinekler de onlara dahildir) kanatlarının sadece bir çiftini kaybetmiş, diğer çiftini ise korumuştur. Aslında ikinci kanat çifti tamamen yok olmamış, küçülerek "halterler" adı verilen yapıya dönüşmüştür. Bu iki halter, sineğin korunan kanatlarının hemen arkasından çıkan iki minik sopa gibidirler (Çizim 7.11). Halterlerin kanat işlevi göremeyeceklerini anlamak için mühendis olmanıza gerek yoktur. Ancak gerçekte ne işe yaradıklarını anlamak için oldukça iyi bir mühendis olmanız gerekir. Bunlar, minik dengeleyici cihazlara benzerler; bir uçak ya da roket için bir jiroskop ne işe yapıyorsa, bu çubuklar da sinekler için o işe yapıyordur. Halterler kanatların çırpıldığı frekansta titreşirler. Her bir halterin dibindeki minicik algılayıcılar, pilotların yatış (*roll*), yunuslama (*pitch*) ve sap-



Çizim 7.11 Sinek ailesinin bütün üyeleri ikinci kanat çifti yerine halterlere sahiptir. Burada görülenler gibi büyük sineklerde halterler daha net görülebilir: *Tipula maxima* (solda); *Ctenophora ornata* (sağda) (bacaklar ve sağ kanat gösterilmemiştir).

ma (yaw) diye bildikleri üç yöndeki dönüş kuvvetlerini algı-larlar. Fırsatçılık ve elde olandan faydalanma, evrimin tipik özelliğidir. Hava taşıtı tasarlayan bir mühendis ise çizim ma-sasının başına oturacak ve denge sağlayıcı bir cihazı sıfırdan tasarlayacaktı. Evrim, hâlihazırda orada olan şey neyse onun üzerinde değişiklik yaparak aynı sonuca ulaşır ve bu örnekte elde olan şey bir kanattı.

Bölütleri birbirlerinden farklılaşacakları şekilde evriltmek kaleydoskopik değildir, tam aksidir. Ama şimdiye kadar kar-şılaştığımızdan daha karmaşık bir anlamda kaleydoskopik kabul edebileceğimiz başka değişim biçimleri bulunur. Ek-lembacaklı vücutlarının genellikle “parantezler içine alınmış bir cümleye” oldukça benzeyen yapıları vardır. (Eğer bir cüm-lede parantez açarsanız [içerideki parantezler <mesela bunun gibi> uygun bir şekilde iç içe yerleştirilmelidir] ve parantez-lerin sonunda tekrar kapatılması gerekir.) Parantezlerin içın-deki ifade uzayabilir ya da kısalabilir, ama uzunluğu ne olur-sa olsun, her “(” bir “)” ile kapatılmalıdır. Benzer türdeki bir “uygun iç içe yerleştirme” tırnak işaretleri için de geçerlidir. İl-ginç biçimde bu durum, cümle içinde bağlı cümle bulunma-sı durumunda da geçerlidir. “Adam raptiyenin üzerine otu-runca...” ifadesi açık bir parantez gibidir ve kapatılmak için cümlelerin yüklemine talep etmektedir. “Adam acıyla zıpladı” diyebilirsiniz, “Adam raptiyenin üzerine oturunca acıyla zıp-ladı” diyebilirsiniz, ama “Adam raptiyenin üzerine oturunca” deyip bırakamazsınız, tabi eğer bu bir soruya verilen cevap ya da bir resmin açıklama yazısı değilse, ki bu durumda cüm-lenin tamamlanışı üstü kapalı olacaktır. Dilbilgisi açısından doğru cümleler, usulüne uygun iç içe yerleştirme gerektirir. Benzeri şekilde, karidesler, deniz tekeleri, ıstakozlar ve kere-vitler de, ön kısımda birbirine kenetlenmiş altı bölüte, arka uçta da telson adı verilen özel bir bölüte sahiptirler. Bunların arasında kalan şeyler ise daha fazla çeşitlilik gösterirler.

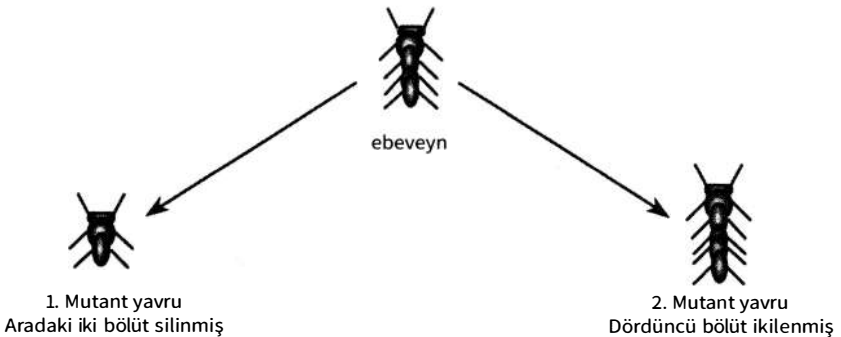
Şimdiye kadar tek bir tür kaleydoskopik mutasyon gördük. Bu tür mutasyon, çeşitli simetri düzlemlerinde yansıtılmış mutasyondur. “Dilbilgisel” mutasyonlar ise başka bir anlam-da kaleydoskopik olurlar. Bir kez daha gerçekleşmesine izin

verilen çeşitlenmeler sınırlandırılmıştır, ama bu vakada simetri tarafından değil şunun gibi kurallar tarafından: “Bacığın orta kısmında kaç tane ekleme izin verersen ver, bacak bir kısaçla sonlanmalı.” Bu türden kuralları cisimleştirecek bir bilgisayar programı yazmak için Apple Bilgisayar Şirketi’nden Ted Kaehler ile birlikte çalıştık. Bu da Kör Saatçi gibi bir program ama ürettiği “hayvanlara” eklembiçimler adını verdik ve bunların embriyolojileri, biyobiçimlerin embriyolojilerinde bulunmayan bazı kurallara sahip. Bilgisayar eklembiçimleri gerçek eklembacaklılar gibi birer bölütlü vücut trenidirler. Her bir bölütün yuvarlak bir vücut parçası bulunur ve bu parçanın tam şekli ile büyüklüğü biyobiçim genleri gibi “genler” tarafından kontrol edilir. Her bölüt, iki yanından çıkan eklemli bacaklara sahip olabilir de olmayabilir de. Bu özellik de genler tarafından kontrol edilir. Bacak kalınlığı, eklem sayısı, her eklemün uzunluğu ve her eklemün açısı da öyle. Bir bacağın sonunda bir kısaç olabilir de olmayabilir de. Kısaç olup olmadığı şeklindeki bu özellik ve eğer varsa kıskaçın şekli de yine genler tarafından kontrol edilir.

Eğer eklembiçimler biyobiçimlerde olanla aynı embriyolojiye sahip olsalardı, bölüt sayısını belirleyen *NBöl* adı verilen bir gen olurdu. *NBöl*’ün bir sayısal değeri olurdu ve bu değer mutasyona uğrayabilirdi. Eğer *NBöl*’ün değeri on bir olsaydı, hayvanın on bir bölütü olurdu. *NEklem* adı verilen bir diğer gen daha olurdu ve o da her uzuvdaki eklem sayısını kontrol ederdi. Ne kadar çeşitli görünürlerse görünsünler (ki onların bu çeşitliliği bana gurur ve neşe veriyor) sayfa 48’deki Çizim 1.17’nin “safari parkı”ndaki biyobiçimlerin hepsi de aynı sayıda gene sahip, yani on altı taneye. *Kör Saatçi* kitabındaki orijinal biyobiçimlerin sadece dokuz geni vardı. Renkli biyobiçimlerin daha çok geni var (otuz altı) ve bunların hepsini içerebilmek için programın en baştan yeniden yazılması gerekiyordu. Onlar üç farklı programdı. Eklembiçimler ise onlar gibi işlemiyor. Gen repertuarları sabitlenmiş bir gen sayısına sahip değil. Daha esnek bir genetik sisteme sahipler (eklembiçimlerde daha karmaşık programlama öğeleri, örneğin “işaretçiler” ve “bağlı listeler” kullanıldı, ama bu

terimleri bilmek isteyecek olanlar sadece programlama meraklılarıdır muhtemelen). Eklembiçim evriminde yeni genler eski genlerin ikilenmeleri ile kendiliklerinden meydana gelebilirler. Bazen sadece tek bir gen ikilenir. Bazen de hiyerarşik olarak yapılandırılmış öbekler halinde ikilenirler. Bu durum, teoride mutant bir yavrunun ebeveyninin iki katı gene sahip olabileceği anlamına gelir. Yeni bir gen, ya da bir gen kümesi ikileme sonucu ortaya çıktığında, yeni genler ikilendikleri genlerle aynı değerlere sahip olarak başlarlar. Silinme de olası bir mutasyon çeşididir ve bu yüzden gen sayısı artabilir de azalabilir de. İkilenmeler ve silinmeler kendilerini vücut biçimindeki değişiklikler olarak gösterirler ve bu yüzden de seçilime (biyobiçimlerde olduğuyla aynı şekilde gözle yapılan yapay seçilime) açık hale gelirler. Genlerin sayısındaki bir değişiklik sıklıkla bölütlerin sayısındaki bir değişim olarak kendini gösterir (Çizim 7.12). Bir uzuvdaki eklem sayısındaki değişim olarak da kendini gösterebilir. Her iki durumda da ortaya çıkan şey, öndeki ve arkadaki vagonlara hiç dokunmayan ama ortadaki vagonların trene eklenip çıkarılmasına yönelik bir “dilbilgisel” eğilimdir.

Bölütlerin ikilenmeleri veya silinmeleri bir hayvanın orta kısmında gerçekleşebilir, sadece vücudun uç kısımlarında değil. Ve eklemlerin ikilenmeleri veya silinmeleri bir uzvun ortasında gerçekleşebilir, sadece uç kısımlarında değil. Bu da eklembiçim embriyolojisine “dilbilgisel” özelliğini veren şey-

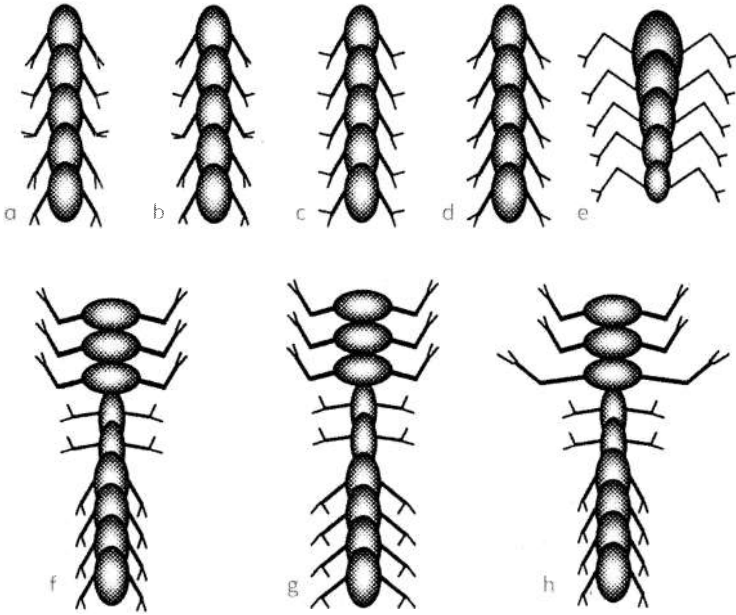


Çizim 7.12 Bölüt sayısı açısından farklılık gösteren Eklembiçimler. En üstte görülen ebeveynin iki tane mutant yavrusu oluyor.

dir. Yani daha büyük bir cümlelerin ortasındaki tam bir sıfat ya da edat cümlesinin eşdeğerini silme ya da yeni bir tane ekleme yetisini veren şeydir. Eklembeçimlerde “dilbilgisel” iç içe yuvalanma özelliklerinin dışında, bir kaleydoskopik embriyoloji aroması daha bulunur. Eklembeçim vücudunun sayısal her detayı (mesela belli bir kısıkaçın açısı, ya da belli bir bölütün eni), üç farklı genin birbirleriyle belli bir şekilde çarpılmalarından etkilenir. İlgili bölüte özel bir gen vardır, hayvanın tamamına etki eden bir gen vardır ve bir tane de bölütlerin bir tagma olarak adlandırılan bir alt-dizisine etki eden bir gen vardır. Tagma gerçek biyolojiden gelen bir kelimedir. Gerçek hayvanlardaki tagma örnekleri, böceklerin göğüs kafesi ve karnıdır.

Belirli herhangi bir detaya (mesela kısıkaç açısına) etki etmek üzere birleşen üç gen şöyledir. İlki, tek bir bölüte özel olan gendir. Bu gen hiç kaleydoskopik değildir çünkü gen mutasyona uğradığı zaman sadece söz konusu bölütü etkiler. Çizim 7.13 a, her bir bölütün kısıkaç açısı bakımından farklı bir bölüt düzeyi geni değerine sahip olduğu bir eklembeçim göstermektedir. Sonuç, her bölütün farklı bir kısıkaç açısına sahip olmasıdır. Bu arada, bütün eklembeçimlerde basit bir sol-sağ simetrisi mevcuttur.

Üçlü genlerin ikincisine gelecek olursak, bu gen hayvanın tüm bölütlerini birden etkileyen gendir. Örneğin üçlü gen grubu kısıkaç açısıyla ilgiliyse, bu ikinci gen tüm bölütlerdeki kısıkaçların açıları üzerinde etki gösterir. Eğer mutasyona uğrarsa, bütün bölütlerdeki kısıkaçlar aynı anda değişirler. Çizim 7.13 b’de, Çizim 7.13 a’daki ile aynı olan ama sadece kısıkaçları hafifçe kısaltılıp içeri çekilmiş olan bir eklembeçim görüyorsunuz. Hayvanın vücudunun tamamında kısıkaç büyüklüğünü etkileyen gen, daha küçük bir sayısal değere sahip olacak şekilde mutasyona uğramış. Bu da her bir kısıkaçın küçülmesi ile sonuçlanmış, ama kısıkaçlar bölüt seviyesindeki kendilerine özgüllüklerini kaybetmemişler. Dediğim gibi, bu etkiyi matematiksel olarak, bölüt seviyesindeki her bir kısıkaç geninin sayısal değerini, bütün vücut çapında etki gösteren kısıkaç geninin sayısal değeri ile çarparak elde ediyoruz. Kıs-



Çizim 7.13 Çeşitli türden genetik etkileri göstermek için seçilmiş eklem biçimleri: (a) Her bir bölütünde farklı kısaç açısı genine sahip olan eklem biçimi; (b) bütün vücudu etkileyen kısaç açısı geninde mutasyon; (c) bölütleri arasında hiç çeşitlilik olmayan eklem biçimi; (d) bu eklem biçim c'deki ile aynı fakat bütün vücudu etkileyen kısaç açısı geninde tek bir mutasyon olmuş; (e) bölüt büyüklüklerinin, uzuvları etkilemeksizin, dereceli değişimi; (f) üç tagmaya sahip bir eklem biçimi, çeşitli özellikleri açısından farklı ama tagmaların kendi içlerinde tekdüze; (g) bu eklem biçim f'deki ile aynı fakat üçüncü tagma seviyesindeki uzuvları etkileyen bir mutasyona sahip; (h) f eklem biçiminin sadece üçüncü bölütte uzuvlara etki eden bir mutasyon geçirmiş hali.

kaç açısı, elbette, “tren” boyunca benzer çarpma işlemlerinin bir araya gelmesi ile aynı anda belirlenen birçok sayısal detaydan sadece bir tanesidir. Vücudun tamamına etki eden genler bulunur ve bu genler bölüt düzeyinde etki eden genlerle çarpılırlar. Örneğin bedenin tamamı seviyesinde bacak uzunluğuna etki eden gen, her bölütte o bölüte has genlerle çarpılır. Çizim 7.13 c ve d, bölütleri arasında hiç fark olmayan fakat birbirlerinden vücut çapında etki gösteren kısaç açısı geni bakımından farklı olan eklem biçimleri gösteriyor.

Üçüncü gen sınıfı vücudun belirli bir bölgesine, bir böceğin göğsü gibi bir tagmaya etki eder. Her ne kadar böceklerin üç tagması olsa da, eklembiçimler herhangi bir sayıda tagmaya sahip olacak şekilde evrilirler ve her bir tagmada herhangi bir sayıda bölüt bulunabilir. Yani hem bölüt sayısındaki hem de tagma sayısındaki değişiklikler daha önce anlattığımız “dilbilgisel” biçimde bir mutasyona tabidir. Her bir tagma içerisinde bir dizi gen vardır ve bunlar, o tagma içerisindeki vücut parçalarının şekli üzerinde etki ederler. Örneğin, her bir tagma içinde, o tagmaya ait tüm kısıkaçların açısını etkileyen bir gen bulunur. Çizim 7.13 f’de üç tagması olan bir eklembiçim görülüyor. Çoğu öge, kendi tagması içindeki kendi türündeki öğelerle aynıyken diğer tagmalardaki öğelerle farklılık gösteriyor. Bu etki de, az önce bütün vücuda etki eden genlerde gördüğümüzle aynı yolla, yani gen değerlerinin çarpılması ile elde ediliyor.

Özetleyecek olursak, her özelliğin (mesela kısıkaç açısının) nihai büyüklüğü üç genin sayısal değerlerinin çarpımı ile elde edilir: Bölüte özel kısıkaç açısı geni $\times$ tagmaya özel kısıkaç açısı geni $\times$ tüm vücuda etki eden kısıkaç açısı geni. Sıfır ile çarpımlar sıfır sonucu ürettiğinden, eğer herhangi bir tagmadaki genin, örneğin uzuv uzunluğu geninin değeri sıfır ise, genin diğer iki seviyedeki sayısal değeri ne olursa olsun o tagmanın bölütlerinde hiç uzuv bulunmaz, tıpkı bir eşek arısının karın bölütlerinde olduğu gibi. Çizim 7.13 g’de f’nin yavrusu olan bir eklembiçim görülüyor. Bu yavru da üçüncü tagma seviyesindeki bir uzuv uzunluk geni mutasyona uğramış. Çizim 7.13 h’de ise bu eklemli biçimin bir başka yavrusu var. Onda ise sadece bir bölüte ait uzuv geni mutasyona uğramış.

Öyleyse eklembiçimler, üç aşamalı kaleydoskopik türden bir embriyolojiye sahipler. Bir bölüt içinde mutasyon geçirebilirler, bu durumda değişiklik sadece bir kere yansıtılacaktır, o da sağ sol ekseninde olacaktır. Aynı zamanda tüm vücut çapında da kaleydoskopiktirler. Bu seviyedeki bir mutasyon, vücudun bütün bölütlerinde tekrar eder (ve aynı zamanda sol-sağ düzleminde de yansıtılır). Ayrıca tagma seviyesinde, yani orta seviyede de kaleydoskopiktirler. Bu seviyedeki

bir mutasyon, yerel bir bölüt kümesindeki bütün bölütleri etkiler, ama vücudun kalanını etkilemez. Tahmin ediyorum ki, eğer eklembiçimler gerçek dünyada yaşasalardı, sahip oldukları üç aşamalı kaleydoskopik mutasyonların simetri aynalarından bahsederken tartıştığımız üzere, temeli evrimsel ekonomilere dayanan sebeplere aynı türden sebeplerle tagmaların çeşitli faydalarını görürlerdi. Örneğin eğer vücudun orta tagmasındaki uzuvlar yürümek için kullanılıyorken, vücudun arka tagması solungaç olarak işlev görüyorsa, evrimsel yeniliklerin bütün tagmalardan ziyade tek bir tagmanın bölütlerinde tekrarlanması mantıklıdır çünkü yürümeye yaran uzantılarda yapılacak yeniliklerin soluma uzantılarına faydalı olması ihtimali düşüktür. Bu yüzden de ilk ortaya çıktıklarında bir tagmanın tüm bölütlerine yansıyacak bir öbek mutasyona sahip olmanın avantajları olabilir. Öte yandan, belli bölütlerdeki uzuvlarda detaylı ve özelleşmiş ayarlar yapmanın daha ayrıntılı faydaları olabilir, ki bu durumda sadece sol-sağ düzlemine yansıyacak mutasyonlar ortaya çıkarma eğilimi gösteren embriyolojiler tercih ediliyor olabilir. Son olarak, mutasyonların bedenin her yerinde aynı anda ortaya çıkmalarının, bölütler ve tagmalar arasındaki mevcut çeşitlenmeyi tamamen silmeden, yalnızca bir miktar değiştirerek çalışmalarının bazen faydaları olabilir.

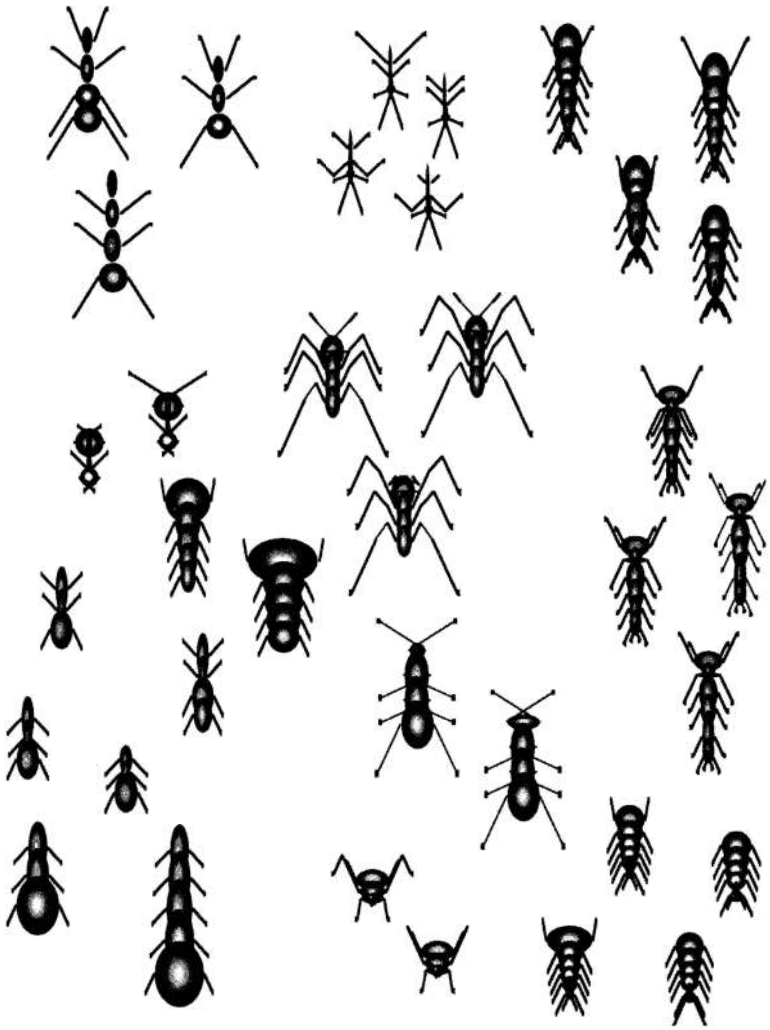
Ted Kaehler ve ben, biyolojiden ilham aldığımız ve sonradan aklımıza gelen bir düşüncüyü izledik ve eklembiçim programımıza “eğimli geçiş”¹ genlerini eklemeyi akıl ettik. Bir eğimli geçiş geni, eklembiçimin örneğin kısaç açısı gibi belli bir özelliğinin, organizmanın önünden arkasına doğru gidildikçe sabit değil de dereceli olarak artmasını ya da azalmasını sağlar. Çizim 7.13 e’de, bölütleri arasında, bölüt büyüklüğü için (negatif) bir eğimli geçiş dışında hiçbir fark olmayan bir eklembiçim görülüyor. Vücut, önden arkaya doğru git gide inceliyor.

1 -çev.n. Eğimli geçiş veya gradyan (İng. *gradient*) bir özellikten diğerine fark edilemeyecek derecede küçük değişimlerle geçişi ifade eder. Örneğin yandaki şekil beyazdan siyaha bir eğimli geçişi göstermektedir. Türkçede bunun için bazen “degrade” kelimesi de kullanılır.



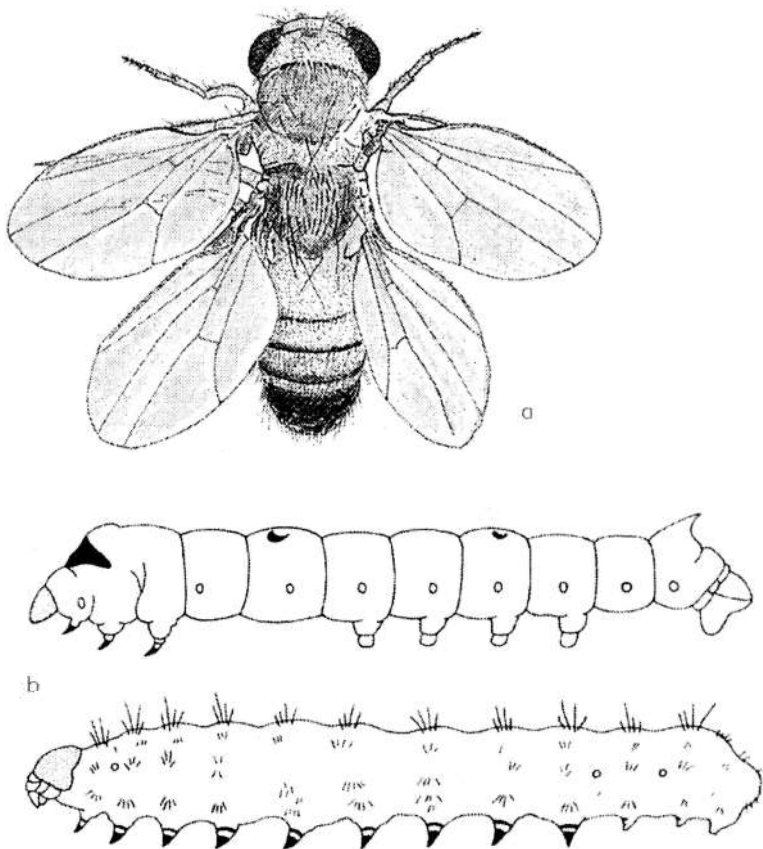
Eklembiçimler, tıpkı biyobiçimlerde olduğu gibi üretiliyor ve yapay seçilimle evriliyorlar. Ebeveyn eklembiçim ekranın ortasında duruyor, etrafı rastgele mutasyonlar geçirmiş yavru-ları ile çevreniyor. Yine biyobiçimlerde olduğu gibi, seçimleri yapan insan genleri görmüyor, sadece genlerin sebep olduğu (vücut şekli gibi) sonuçları görüyor ve hangilerinin üreyeceğini seçiyor (yine burada da eşeyli üreme yok). Seçilen eklembiçim ekranın ortasına kayıyor ve etrafı onun mutant yavru nesliyle çevreniyor. Nesiller geçtikçe, genlerin sayılarındaki ve sayısal değerlerindeki değişiklikler, perde arkasında rastgele mutasyonların sonucu olarak gerçekleşiyor. Seçimi yapan insanın gördüğü tek şey, aşama aşama evrim geçiren bir dizi eklembiçim. Tıpkı tüm bilgisayar biyobiçimlerinin ∞ şeklinden ürediklerinin söylenebileceği gibi, tüm eklembiçimlerin de ∞ şeklinden üredikleri söylenebilir. Katı cisim gibi görünmeleri için vücut bölütlerinin muntazam bir şekilde gölgelendirilmiş olmaları kozmetik bir dokunuştur ve şu andaki programda değişik gölgelendirmeler bulunmuyor. Ancak bu kozmetik süsleme, programın ileriki sürümlerinde kolaylıkla (üç aşamalı) genetik kontrol altına alınabilirdi. Çizim 1.17'deki biyobiçim safari parkı ile kıyaslanabilir olan Çizim 7.14, yapay seçilimle, çoğunlukla bir çeşit biyolojik gerçekliği kayırarak ürettiğim eklembiçimlerin bir hayvanat bahçesidir.

Bu hayvanat bahçesi kaleydoskopik embriyolojinin her seviyesinde çeşitlilik gösteren biçimler içerir. En azından bir tane eğimli geçiş genine sahip oldukları için bedenleri git gide incelen yaratıkları seçebilirsiniz. Tagmalar arası belirgin geçişleri de çıkarabilirsiniz. Bazı komşu bölütler, birbirlerine diğer bölütlere oranla daha çok benzerler. Ama bir tagma içindeki bölütler arasında dahi bazı yapısal değişiklikler fark edebilirsiniz. Gerçek dünyadaki böcekler, kabuklular ve örümcekler de benzeri şekilde aşamalı kaleydoskopik yolla çeşitlenirler. Bunu en güzel ortaya koyan, gerçek eklem-bacıklılardaki homeotik mutasyonlardır. Homeotik mutasyonlar bir bölütün, farklı bir bölüt için normal olan gelişim desenini izleyecek şekilde değişmesine sebep olurlar.



Çizim 7.14 Eklembiçim hayvanat bahçesi. Gerçek eklembacaklılara olan benzerlikler kovalanarak yapay seçilimle üretilmiş bir eklembiçim koleksiyonu.

Çizim 7.15 homeotik olarak adlandırılan bu mutasyonların meyve sineği *Drosophila*'daki ve ipek böceğinin tırtılındaki örneklerini gösteriyor. Normal *Drosophila*, diğer bütün sineklerde olduğu gibi, sadece bir çift kanada sahiptir. İkinci kanat çiftinin yerini, daha önce açıkladığımız gibi halterler almıştır. Buradaki çizim, halterleri yerine ikinci bir kanat çift-

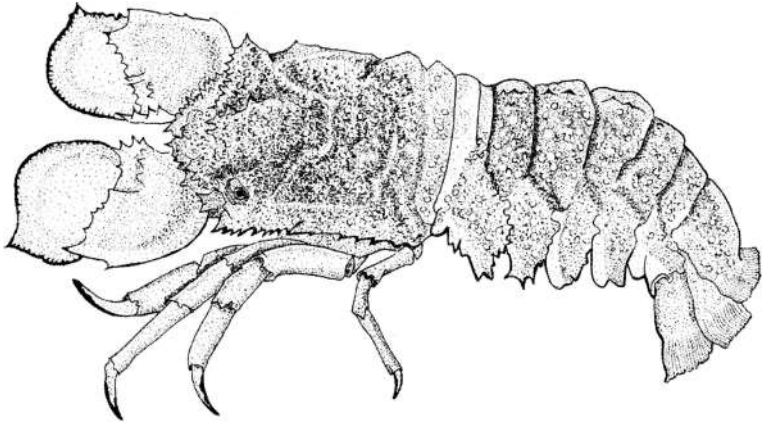


Çizim 7.15 Homeotik mutasyonlar: (a) Dört kanatlı *Drosophila*. Normal *Drosophila*'da ikinci kanat çiftinin yerinde Çizim 7.11'de olduğu gibi halterler bulunur; (b) normal (üstte) ve mutant (altta) ipek böceği tırtılları. Normalde sadece üç göğüsel bölütte böcek bacakları bulunur. Mutantın dokuz tane “göğüsel” bölütü var.

tine sahip olan bir mutant *Drosophila*'yı gösteriyor ve ayrıca ikinci göğüs bölütü tekrar ikilenerek üçüncü göğüs bölütünün yerini de almış. Eklembeçimlerde bu etkiye “dibilgisel” ikilenmeyi takip eden bir silinme ile ulaşılabildi. Çizim 7.15 b bir mutant ipek böceği tırtılını gösteriyor. Normal tırtılının, diğer her normal böcek gibi, üç tane “usulüne uygun” eklemli bacağı vardır, fakat daha önce söylediğim gibi, arkadaki bölütlerinde, “yeniden icat edilmiş” yumuşak bacakları bu-

lunur. Ama Çizim 7.15'in en altındaki tırtılın dokuz çift “usu-lüne uygun” eklemli bacağı var. Burada gerçekleşmiş olan şey şu: Tıpkı Çizim 7.12'nin sağ tarafındaki eklembiçimde oldu-ğu gibi, göğüssel tagma'nın bölütleri ikilenmiştir. Homeotik mutasyonların en ünlü örneği *Drosophila* meyve sineklerin-deki “antenbacaklılık”tır. Bu mutasyona sahip olan sinekler-de, normalde antenin çıkıyor olması gereken oyuktan normal görünümlü bir bacak çıkar. Bacak üreten mekanizma yanlış bölütte etkin hâle getirilmiştir.

Bu türden mutantlar oldukça acayıptirler ve doğada ha-yatta kalma olasılıkları düşüktür. Ki bu da evrimin homeotik mutasyonları işe dâhil etme olasılığı düşüktür demenin bir başka yoludur. Bu yüzden Avustralya'daki bir resmi yemek-te, uzun bacaklı deniz ürünleriyle donatılmış bir masanın yanından geçerken (masayı oldukça aceleyle geçtim çünkü yiyecek konusunda midem hassastır), iki sefer o tarafa bak-tım. Benim dikkatimi çeken hayvan, Avustralyalı gurmeler tarafından bir derin su böceği olarak biliniyor. Bu hayvan bir tür ıstakozdur, dünya çapında terlik ıstakozları, İspan-yol ıstakozları ya da kürek burunlu ıstakozlar olarak çeşitli isimlerle bilinen bir grubun üyesidir. Çizim 7.16 *Scyllarus* cinsinin Oxford Müzesi'nden ödünç alınan tipik bir örneğini gösteriyor. Bu hayvanlarda bana en çarpıcı gelen şey onların sanki iki tane arka tarafları varmış gibi görünmeleridir. Bu yanılısama, öndeki ikinci anten çiftinin herhangi bir ıstako-zun arka kısmındaki en dikkat çekici yapı olan uropod isimli uzuvlara benziyor olmalarından kaynaklanıyor. Antenle-rinin şekli niye böyle bilmiyorum. Kürek gibi kullanılıyor oldukları içindir belki, ya da bu ıstakozu avlayan hayvanlar da benim düştüğüm yanılısamayla kandırılıyorlardır. İsta-kozların bu işe özel adanmış dev bir sinir hücresi kullanarak gerçekleştirdikleri son derece hızlı bir geri çekilme refleksleri vardır. Tehdit altında olduklarında geriye doğru sersemleti-ci bir hızla fırlarlar. Bir avcı bu refleksi bekliyorsa ıstakozun o anki konumunun daha gerisini hedef alabilir. Bu taktik normal bir ıstakoz üzerinde etkili olabilir ama *Scyllarus*'un görünüşte “arkası” olan tarafı aslında önü de olabilir ve ileri



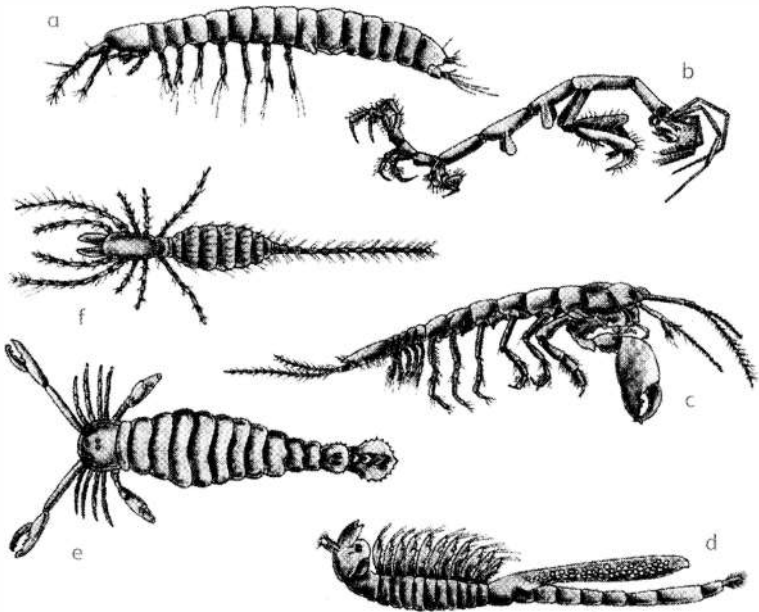
Çizim 7.16 Acaba bu, doğada evrimsel olarak başarılı olmuş bir homeotik mutanıtı temsil ediyor olabilir mi? *Scyllarus*, kürek burunlu bir ıstakoz.

görüŖlü olmaya çalışan avcı saldırısını tamamen yanlış yöne yapmış olacaktır. Yürüttüğüm bu belli tahminler doğrulansa da doğrulanmasa da, bu ıstakozlar acayip şekilli antenlerinden büyük ihtimalle bir çeŖit fayda sağlıyorlardır. Bu fayda ne olursa olsun, Ŗimdi bu hayvanları daha da çılğınca tahminlere alet edeceğim. Bana göre, *Scyllarus* aslında homeotik mutasyonun, yani sadece laboratuvarlarda yaşatılabilen antenbacaklı *Drosophila*'nın durumuna benzeyen bir Ŗeyin doğal ortamdaki bir örneğini teşkil ediyor olabilir. Antenbacaklılığın aksine, bu mutasyon doğada hakiki bir evrimsel değıŖime dâhil olmuştur. Tereddütlü tahminlerim, atasal bir Scyllarid'in homeotik olarak mutasyon geçirip, uropod için izlenen gelişim rutinini anten bulunması gereken bir bölüte kaydırđı ve bu değıŖimin de beraberinde kimi faydalar getirdiğı yönünde. Eğer söylediklerimde haklıysam, bu durum makro mutasyonların doğal seğılim tarafından tercih edililiŖinin türüne az rastlanır örneklerinden biri olurdu. Bölüm 3'te karŖılaŖtıđımız "geleceğı parlak canavar" adlı teorinin ender bir doğrulanıŖı olurdu.

Bütün bunlar tahminlerden ibaret. Homeotik mutasyonlar laboratuvar da kesinlikle meydana geliyor ve embriyologlar, eklem bacaklıların bölütlü vücut yapısının gelişim

mekanığının ayrıntılı bir tablosunu ortaya çıkarabilmek için bundan ilham alıyorlar. Ne kadar hayret verici olsalar da bu ayrıntılar bu bölümün kapsamı dışındadır. Bu bölümü, okurlarımı bilgisayar eklembiçimleri ve onların üç aşamalı kaleydoskopik mutasyonları ışığında, bazı gerçek eklembacaklıların üzerine kafa yormaya çağırarak bitireceğim.

Çizim 7.17'deki gerçek eklembacaklılara bir bakın ve sahip oldukları yapının, eklembiçim tarzı kaleydoskopik genler kullanılarak nasıl evrilmiş olabileceğini hayal edin. Mesela, içlerinden herhangi biri, Çizim 7.13'te gördüğümüz incelen vücut yapısına sahip mi? Şimdi, yine gerçek eklembacaklılara bakarak, uzuvların ucunun küçük bir detayını ya da bölütlerin gövde bölgelerinin şeklinin bazı detaylarını değiştiren



Çizim 7.17 Bölütlerle neler yapılabilir: Eklembacaklılara örnekler. (a, b, c, d) Kabuklular şubesinden dört örnek, (e) bir öripterit (nesli tükenmiş dev bir "deniz akrebi", yaklaşık üç metre uzunluğa rahatlıkla çıkabiliyordu) ve (f) bir palpigrat (örümceklerin ve akreplerin uzaktan akrabası).

bir mutasyon hayal edin. Önce hayal ettiğiniz bu mutasyonun sadece bir bölüte uygulandığını düşünün. Bu mutasyonun otomatik olarak hem sol hem de sağ tarafa yansıdığını hayal ettiniz diye tahmin ediyorum, ama bu kaçınılmaz bir şey değil. Sadece kendi içinde, kaleydoskopik embriyolojinin bir başka örneği. Şimdi uzuvların ucuna etki eden bir mutasyon düşünün ama bu sefer yan yana dizilmiş bir grup bölütteki uzuvlar olsun bunlar. Çizim 7.17'deki hayvanlar, yan yana konumlanmış birbirine benzeyen bölütlerin çeşitli örneklerini gösteriyor. Son olarak benzer bir mutasyon düşünün ama bu sefer vücudun bütün bölütlerindeki uzuvların uçlarına etki ediyor olsun (yani üzerinde uzuv bulunan bütün bölütlerden bahsediyorum). Eklembiçimler ve onların üç aşamalı kaleydoskopik embriyolojileri hakkında düşünme deneyiminin, Çizim 7.17'dekiler gibi gerçek eklembacaklıları yeni gözlerle görmeme sebep olduğu hissine kapılıyorum. Dahası, simetri aynalarında olduğu gibi, eklembiçim tarzı kaleydoskopik “kısıtlamaları” olan embriyolojilerin daha gevşek ve kısıtsız embriyolojilere nazaran çelişkili bir şekilde daha zengin bir evrimsel potansiyel ortaya koyabileceklerini akılda canlandırmak kolaydır. Çizim 7.17'deki şekiller ve burada gösterilmeyen sayısız başka eklembacaklının biçimleri, bu düşüncenin ışığında bana daha bir anlamlı geliyor.

Bu bölümün ana mesajı, ister bir böcekteki bölütler ve bölüt öbekleri üzerinde, isterse deniz anasındaki gibi simetri “aynaları” üzerinde çalışıyor olsun, kaleydoskopik embriyolojilerin çelişkili bir biçimde hem kısıtlayıcı hem de geliştirici olduklarıdır. Seçilime malzeme olabilecek çeşitlilik aralığını sınırladıkları için evrimi kısıtlarlar. Öte yandan (özür dileyerek seçilimden sanki canlı biriymiş gibi söz edeceğim ama) doğal seçilimi, neticede zaten sonuç vermeyecek arama alanlarını tarayıp keşfetmeye çalışarak zaman kaybetmekten kurtarırlar. Dünya üzerinde, her biri evrimsel olarak meyve verdiği ispatlanmış olan kaleydoskopik açıdan kısıtlanmış embriyolojilere sahip büyük hayvan grupları yaşamaktadır: Eklembacaklılar, yumuşakçalar, derisidikenliler, omurgalılar... Kaleydoskopik embriyolojiler dünyayı miras almak için

ne gerekiyorsa ona sahiptirler. Kaleydoskopik biçimde ya da “aynada” ne zaman büyük bir kayma başarılı bir evrimsel yayılım meydana getirirse, o yeni ayna ya da biçim o yayımdaki tüm nesiller tarafından miras alınacaktır. Bu bilindik Darwinci seçilim değil, Darwinci seçilimin daha yüksek bir seviyedeki türüne benzeyen bir seçilimdir. Bunun bir sonucu olarak, daha iyi hale getirilmiş bir evrilebilirliğin evrildiğini öne sürmek çok da gerçek dışı olmayacaktır.

BÖLÜM 8

POLEN TANELERİ VE SİHİRLİ KURŞUNLAR

Kızım Juliet ile İngiltere kırsalından arabayla geçiyorduk ve o zamanlar altı yaşında olan kızım yol kenarındaki bazı çiçekleri işaret etti. Ona yaban çiçeklerinin ne işe yaradığını düşündüğünü sordum. Oldukça düşünceli bir cevap verdi. “İki şeye yararlar,” dedi. “Dünyayı güzel yapmaya ve arılara bizim için bal üretirlerken yardımcı olmaya.” Bu cevap beni çok etkilemişti ama ona bunun doğru olmadığını söylemek zorunda olduğum için de üzülmüştüm.

Küçük kızımın bu cevabı, tarih boyunca pek çok yetişkinin vereceği cevaptan çok da farklı değildi. Vahşi yaşamın bizim ondan yararlanmamız için yaratılmış olduğuna çok uzun bir süredir inanılmaktadır. İncil’in Yaratılış kitabının ilk bölümü oldukça açıktır. İnsanoğlu bütün diğer canlılar üzerinde “hakimiyet” sahibidir ve hayvanlar ve bitkiler bizim keyfimiz ve kullanımımız için vardır. Tarihçi Sör Keith Thomas’ın *İnsan ve Doğal Dünya* isimli kitabında belgelediği üzere, bu tavır Ortaçağ Hristiyanlık âlemine yayılmıştır ve günümüze dek de

varlığını korumuştur. On dokuzuncu yüzyılda Peder William Kirby, bitlerin temizliği özendirmek için zorunlu olduklarını düşünmüştü. Kraliçe Elizabeth dönemi piskoposu James Pilkington'a göre yırtıcı canavarlar insanların cesaretini besliyor ve savaş için faydalı bir eğitim sağlıyordu. Bir on sekizinci yüzyıl yazarına göre atsinikleri "insanlar zekâlarını ve sanayilerini kendilerini onlara karşı savunmak için kullansınlar" diye yaratılmıştı. Istakozlar sert bir kabuğa sahipti çünkü onları yemeden önce kısıkaçlarını kırma alıştırmaları yapıp bu işte kendimizi geliştirerek fayda sağlayabilirdik. Bir başka dindar Ortaçağ yazarı, tarlalardaki yabancı otların bizim iyiliğimiz için var olduklarını düşünmüştü: Onları ayıklayarak çok çalışmak zorunda kalmak ruhumuza iyi geliyordu.

Âdem'in günahları yüzünden bize verilen cezayı paylaşmanın hayvanlar için bir şeref olduğu kabul ediliyordu. Keith Thomas bu konuda on yedinci yüzyıldan bir piskoposun sözlerine yer veriyordu: "Daha kötüye doğru uğradıkları değişiklik ne olursa olsun, bu, onların çektiği bir ceza değil, bizim cezamızın bir parçasıdır." Bunun hayvanlar için büyük teselli olması gerektiği düşünülüyordu. 1653'te İngiliz tarihçi Henry More, ineklere ve koyunlara "biz onları yeme ihtiyacı duyana kadar" etleri taze kalsın diye can verildiğine inanıyordu. On yedinci yüzyıldaki şu düşünce zincirinin mantıki çıkarması, hayvanların aslında insanlar tarafından yenilmekten hoşnut olduğudur:

Sülün, keklik ve tarlakuşu
Nuh'un Gemisi yerine koyup evinize uçtu,
Geldi öküz kendi rızasıyla
Kanı dökülecek eve, yanında koyunla;
Ve her hayvan kendini oraya
Getirip bir adak olarak koydu ortaya.

Douglas Adams bu kibri *Otostopçunun Galaksi Rehberi* isimli dâhiyane destanının bir parçası olan *Evrenin Sonundaki Restoran*'da futuristik açıdan acayip bir sonuca doğru geliştirir. Öykünün kahramanı ve onun arkadaşı bu restoranda bir masaya oturduklarında, irice bir dört ayaklı itaatkâr biçimde on-

ların masasına yaklaşır ve cana yakın ve görgülü bir tavırla kendini günün yemeği olarak takdim eder. Kendi türünün, yenilmeyi isteyecek şekilde ve açıkça ve şüpheyeye yer bırakmayarak bunu dile getirecek şekilde yetiştirildiğini açıklar: “Belki omuz civarından bir parça istersiniz? ... Ağır ateşte beyaz şarap sosunda pışse? ... Veya but da çok lezzetlidir ... Bu bacağıma sürekli çalıştırıyordum ve bol bol tahıl yiyorum, o yüzden burada bir sürü iyi et var.” Bu durum, restoranda akşam yemeği yiyenler arasında galaktik olarak en bilgisiz kişilerden biri olan Arthur Dent’i dehşete düşürür ama masanın geri kalanı büyük parça pizolalar ısmarlarlar ve nazik yaratık minnettar bir tavırla ve hızla kendini vurmak üzere mutfağa koşar (gitmeden önce Arthur’a bir göz kırıp kendisini merhametli bir şekilde vuracağını ekler).

Douglas Adams’ın öyküsü açık bir komedi ebette, ancak muzla ilgili aşağıdaki tartışma bildiğim kadarıyla ciddi ciddi kastedilmiş. Bunu bana pek çok yaradılışçı mektup arkadaşımın biri incelik gösterip modern broşürlerden birinden alıntılararak yollamıştı:

Dikkat ediniz ki muz:

1. İnsan eline göre şekillendirilmiştir.
2. Kaygan olmayan bir yüzeyi vardır.
3. İçerideki kısmın ne durumda olduğuna dair dış sinyallere sahiptir: Yeşil, çok erken; Sarı, tam zamanı; Siyah, çok geç.
4. Kabuğun soyulması için çıkıntısı vardır.
5. Kabuğu soyulurken kolaylık olsun diye yarım kesimlidir.¹
6. Ambalajı biyolojik olarak geri dönüştürülebilir.
7. Ağza uygun bir şekilde şekillendirilmiştir.
8. Ağza kolay girmesi için ucu sivridir.
9. Tat almaçlarımıza zevk verir
10. Yüzümüze doğru eğimlidir ki yeme işlemi kolay olsun.

1 -ed.n. Örneğin bir bilet koçanında biletler kağıttan kolay koparılabilir diye önceden tırtıklı bir bıçakla kopartma noktasından yarım kesilirler. Buna perforaj da denir.

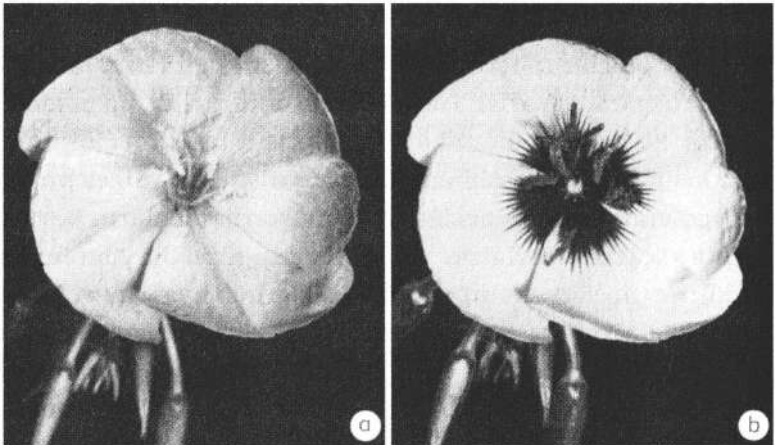
Diğer canlıların bizim faydalanmamız için buraya yerleştirildikleri düşüncesi hala kültürümüze hakimdir, hatta onu destekleyen şeylerin artık ortadan kalktığı yerlerde bile. Bilimsel anlayış açısından, çok daha az insan odaklı olan bir doğal dünya görüşüne ihtiyacımız var. Eğer vahşi hayvanların ve bitkilerin dünyaya belirli bir amaç için koyuldukları söylenebilecekse, bu amaç kesinlikle insanların çıkarına hizmet emek değildir. Varlıkları, insana ait olmayan gözlerle görmeyi öğrenmemiz gerekir. Tartışmaya onlarla başladığımız çiçeklerin durumunda, arıların ya da tozlaşmalarını sağlayan diğer yaratıkların gözünden onlara bakmak en azından bir parça anlama sahip olacaktır.

Arıların tüm hayatları, renkli, kokulu ve nektar damlatan çiçekler dünyası etrafında döner. Sadece bal arılarından bahsetmiyorum, çünkü daha binlerce farklı arı türü bulunur ve hepsinin yaşamı da tamamen çiçeklere bağlıdır. Larvaları polenle beslenirken, yetişkinlerin uçuş motorları için gereken onlara özel yakıt olan nektar, yine çiçekler tarafından onlara özel olarak sağlanır. “Nektar onlara özel olarak sağlanıyor” dediğimde, bunu pek de lâf olsun diye söylemiyorum. Nektarın aksine, polen *sadece* arılara özel sağlanan bir şey değildir çünkü bitkiler polenleri daha çok kendi amaçları için üretirler. Arıların bu polenin bir kısmını yemeleri hoş karşılanır çünkü arılar polenleri bir çiçekten diğerine taşımak gibi son derece değerli bir hizmeti yerine getirirler. Ama nektar daha aşırı noktadaki bir durumdur. Varoluşunun arıları beslemekten başka bir amacı yoktur. Nektar sırf arılara ve diğer tozlaştırıcılara rüşvet olsun diye büyük miktarlarda üretilir. Arılar nektar ödülleri almak için sıkı çalışırlar. Yarım kilo yonca balı yapmak için arıların yaklaşık bir milyon tane çiçeği ziyaret etmesi gerekir.

Arılar diyebilir ki, “çiçekler biz arılara polen ve nektar sağlamak için vardır.” Ama bu arılar bile olayı tam olarak anlayamamış olacaktır. Ama çiçeklerin bizim yararımız için yaratılmış olduklarını düşünen insanlardan daha haklı olacakları kesindir. Hatta şöyle bile söyleyebiliriz: Çiçekler, en azından dikkat çekici ve cıvılcı olanları, dikkat çekici ve cıvılcıdır-

lar çünkü arılar, kelebekler, arıkuşları ve diğer tozlaştırıcılar tarafından “yetiştirilmişler.” Bu bölümün temel aldığı konferans konuşmasının adı “Morötesi Bahçe” idi. Bu konuşma, içinde bir ders barındıran kısa bir öyküydü. Morötesi ışık bizim göremediğimiz türde bir ışıktır. Arılar onu görebilirler. Çiçekler arıların gözlerinden bakılınca çok farklı görüleceklerdir (Resim 8.1). Ve yine aynı şekilde “Çiçekler ne işe yarar?” sorusunu insan gözüyle değil de arı gözüyle incelersek çok daha iyileriz.

“Morötesi Bahçe”, çiçeklerin (ve diğer tüm canlı varlıkların) kim ya da ne için var oldukları konusunda bakış açımızı değiştirecek bir öykü olması için arıların görüş kabiliyetinin acayipliğini işliyor. Eğer çiçeklerin gözleri olsaydı onların dünya görüşleri bize arıların acayip morötesi görüşlerinden bile garip gelebilirdi. Arılar bir sebzenin gözünden nasıl görünürlerdi? Peki çiçeklerin bakış açısından *arılar* ne işe yararlar? Arılar, bir çiçekten bir diğerine polen mermileri göndermek için kullanılan güdümlü füzelerdir ve bu olayın arka planı açıklama gerektirir.



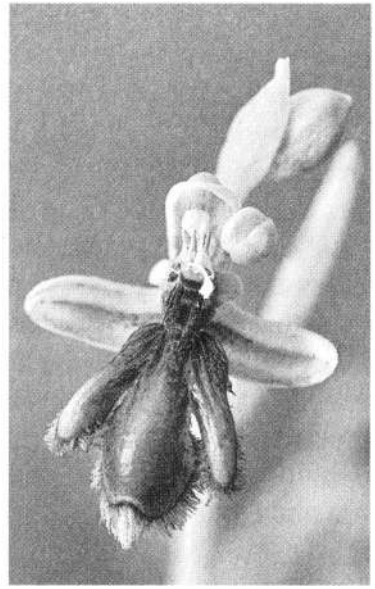
Resim 8.1 (a) Akşam çuhaçiçeğinin (*Oenothera*) insan tarafından algılanabilen ışıkla çekilmiş fotoğrafı; (b) aynı çiçeğin (bizim göremediğimiz ama böceklerin görebildiği) morötesi ışıkla çekilmiş fotoğrafı merkezdeki yıldız biçimli deseni gösteriyor. Bu desenin böcekleri nektara ve polene doğru yönlendirdiği tahmin ediliyor.

İlk olarak, başka bir bitkiden gelecek polen ile çapraz dölenmenin tercih edilmesi için genellikle iyi genetik sebepler bulunur. Ensest kendi kendine üreme, eşeyli üremenin faydalarından mahrum kalacaktır (bu faydaların ne oldukları ise kendi başına ilginç bir soru oluşturur). Kendi dişi çiçeklerini yine kendi erkek çiçekleri ile tozlaştıran bir ağaç, tozlaşmayla hiç uğraşmasa neredeyse daha iyidir. Kendisinin bir klonunu üretmesi daha verimli olurdu. Nitekim pek çok bitki de bunu yapar ve bunun hakkında söylenecek bir şey var. Ama daha önce gördüğümüz gibi, bir bireyin genlerinin diğer bir bireyin genleri ile karışması hakkında söylenecek daha da çok şey vardır. Ayrıntılı argümanları açıklamak konudan ciddi şekilde sapmamızı gerektirirdi, ama cinsel rulet oyununun ciddi faydaları olmalıdır, çünkü aksi durumda doğal seçim onun neredeyse tüm hayvan ve bitki yaşamı için böylesine itekleyici bir saplantı haline gelmesine izin vermezdi. Bu faydalar artık her ne iseler, eğer kendi genlerinizi bir başka bireyin genleri ile karıştırmak yerine kendinizinkine tıpatıp eş bir grup genle karsaydınız, ortadan büyük ölçüde kaybolurlardı.

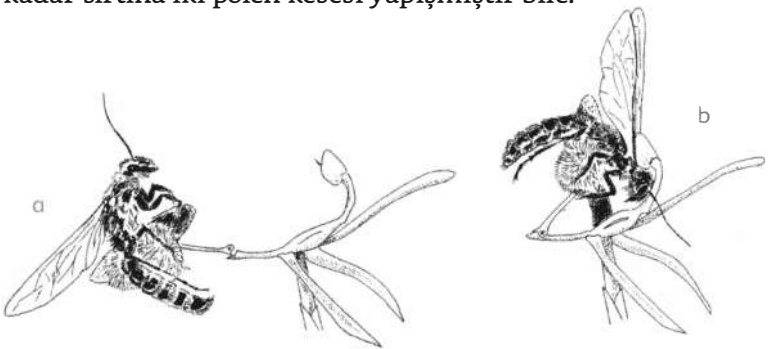
Çiçeklerin, ait oldukları bitkinin hayatı üzerinde, farklı bir grup gene sahip bir başka bitkiyle gen değiş tokuş etmekten başka hiçbir rolleri yoktur. Mesela otlar gibi bazı bitkiler bunu rüzgârla yaparlar. Hava polenle dolup taşar, bu polenlerin çok küçük bir bölümü aynı türden bir bitkinin çiçeğinin dişi kısımlarına ulaşabilecek kadar şanslı olur (diğer bir kısım polen ise saman nezlesinden mustarip olanların burunlarına kaçır). Bu tozlaşma yöntemi gelişigüzel bir yöntemdir ve kimi açılardan savurgandır. Böceklerin (veya yarasaya ya da arıkuşu gibi diğer polen taşıyıcılarının) kanat ve kaslarından faydalanmak genellikle daha verimlidir. Bu yöntem poleni çok daha doğrudan bir şekilde hedefe yönlendirir ve sonuçta çok daha az polene ihtiyaç olur. Öte yandan, böcekleri çekmek için kimi harcamalar yapılmak zorundadır. Bütçenin bir kısmı parlak renkli taç yapraklar ve güçlü çiçek kokuları ile yapılan reklama gider. Bir kısmı da nektar rüşvetine gider.

Nektar bir böcek için yüksek kalite uçuş yakıtıdır ve üretilmesi bitki için maliyetli olan bir şeydir. Bazı bitkiler bu

harcamadan kaytarırlar ve onun yerine aldatıcı bir reklam yöntemini kullanırlar. Bunların en ünlüsü, çiçekleri dişi böcekler gibi görünen ve kokan orkidelerdir. Erkek böcekler bu çiçeklerle çiftleşmeye çalışır (Resim 8.2) ve farkında olmadan polen demetleriyle yüklenirler. Ya da yolun karşı ucundadırlar ve taşıdıkları polenleri boşaltırlar. Dişi arıları taklit eden arı orkideleri vardır ve aynı derecede özelleşmiş sinek ve yaban arısı orkideleri de. Yaban arısı taklitçilerinden biri, ona pek yakışan ismi ile çekiç orkidesi, yalancı yaban arısı dişisini menteşeli ve yaylı bir sapın ucunda, çiçeğin polen içeren kısmına belli bir mesafede kurulu halde bulundurur (Çizim 8.3). Erkek yaban arısı yalancı dişinin üzerine konduğunda yay serbest kalır. Bu arı şiddetli bir şekilde ve tekrar tekrar polen keselerinin bulunduğu örse çarpar. Arı kendini kurtarana kadar sırtına iki polen kesesi yapışmıştır bile.



Resim 8.2 Böcekleri taklit eden orkide. İberyalı *Ophrys*, *Ophrys vernixia*.



Çizim 8.3 Çekiç orkidesi, *Drakaea fitzgeraldii*: (a) Yaban arısı yemi yutuyor; (b) menteşe bükülüp yaban arısının sırtını polenlere tekrar tekrar çarpar.

Çekiç orkidesiyle aynı şekilde her parçası zekice tasarlanmış bir başka çiçek, kova orkidesi olarak adlandırılan orkidedir. Böcek avlayan bir sürahi bitkisi gibi çalışan bu orkidede sürahi bitkisinden önemli bir farklılık bulunur. Çiçekte içi sıvı dolu büyükçe bir havuz vardır ve içindeki sıvı belli bir tür arının dişileri tarafından salgılanan cinsel çekiciliğe sahip bir madde gibi ayartıcı bir şekilde kokar. Bu arı türünün erkeği sıvıya çekilir, içine düşer ve neredeyse boğulur. Tek kaçış yolu içinden geçebileceği dar bir tüneldir. Mücadele içindeki arı sonunda o tüneli keşfeder ve içinden kurtuluşuna doğru sürünür. Tünelin diğer ucunda özgürlüğüne kavuşmadan önce onu birkaç dakika daha kapanda tutacak karmaşık bir geçit sistemi vardır. Tünelin geçit kısmındaki bu son mücadele sırasında, iki büyük yuvarlak polen kesesi arının sırtına güzelce nakledilir. Daha sonra arı uçar ve bu acı tecrübesinden ders almamış bir şekilde bir başka kova orkidesinin içine düşer. Yine boğulmanın eşiğine gelir, yine kendini zorlu bir şekilde kaçış tünelinden ittirir ve yine özgürlüğe çıkış kapısında bir süre hapis tutulur. Bu sırada ikinci orkide ondaki polen keselerini alır ve tozlaşma bu şekilde tamamlanmış olur.

“Acı tecrübeden ders almama” sözünü göz ardı edin. Her zaman olduğu gibi, bilinçli bir niyet yükleme cazibesine kapılmamak gerekir. Bu cezbedicilik bitkinin durumunda daha da fazladır. Her iki tarafta da ne olduğunu yorumlamanın doğru yolu, bunu bilinçsizce imal edilmiş mekanizma terimleriyle ele alarak yapmaktır. Arıları kandıran kova orkidelerini inşa edecek genleri içeren polen, arılar tarafından taşınır. Arı davranışını denetleyebilme konusunda daha az başarılı olan orkideleri üreten genleri taşıyan polenlerin arılar tarafından taşınma olasılığı daha düşük olacaktır. Yani, nesiller geçtikçe orkideler arıları kandırmada git gide daha iyi olacaktır (yine de arı orkidelerinin pratikte arıları kendileriyle çiftleşmek için kandırmada o kadar da ahım şahım bir yeteneğe sahip olmadıklarını kabul etmek gerekir).

Bu hayret verici orkideler tozlaşma stratejisinin çok önemli bir yanına somut örnek oluştururlar. Pek çok çiçek, herhangi bir hayvan değil de belli bir hayvan türü tarafından tozlaş-

tırılmak için ciddi güçlüklerle katlanıyor gibi görünmektedir. Yeni Dünya'nın tropik kuşağında, tüplü kırmızı çiçekler sinek kuşu tozlaşmasının göstergesidirler. Kırmızı rengi kuşların gözleri için parlak ve çekici bir renktir (böcekler kırmızıyı bir renk olarak göremezler bile). Uzun ve dar tüpler, özelleşmiş uzun ve dar gagalı tozlaştırıcılar (yani sinek kuşları) dışındaki tozlaştırıcıları dışarıda bırakırlar. Diğer başka çiçekler sadece arılar tarafından tozlaştırılmak için uğraşırlar ve onların çiçeklerinin genellikle biz insanlara görünmeyen morötesi ışık tayfı ile renklendirilip desenlendirildiğinden zaten bahsettik. Yine kimi başka çiçekler sadece gece uçan güveler tarafından tozlaştırılırlar. Bunlar genellikle beyazdırlar ve görsel reklamlar yerine çiçek kokusu kullanmayı tercih ederler. Belki de, özel bir tozlaşma ortaklığına doğru giden ilerlemedeki en üst aşama, kitabımızın hem başlangıç kısmında hem de bitiş kısmında ele aldığı konu olan incir ağaçlarının ve her bir incir ağacının kendine özgü yaban arılarının yakın ve birbirine et tırnak gibi geçmiş olan düetidir. Ama neden bitkiler kendilerini kimin tozlaştırdığı konusunda bu kadar titiz olmak zorundadırlar?

Muhtemelen uzman tozlaştırıcılar yetiştirmenin avantajı, rüzgâr yerine hayvan tozlaştırıcılara sahip olmanın avantajının daha da üst bir noktasıdır. Uzman tozlaştırıcılar hedefe odaklanmayı sağlarlar. Rüzgârla tozlaşma son derece müsriftir, kırsal alanları savurganca bir polen yağmuruna tutar. Uçan hayvanları kullanarak tozlaşma bundan daha iyidir ama hâlâ bir savurganlıktır. Sizin çiçeğinizi ziyaret eden bir arı tamamen başka türden bir çiçeğe uçabilir ve bu durumda sizin poleniniz boşa gitmiş olur. Sıradan arılar tarafından taşınan polenler her ne kadar rüzgârla tozlaşan otlarda olduğu gibi kırsal alana yağın bir yağmur kadar olmasalar da, yine de görece rastgele bir şekilde saçılırlar. Bunu kova orkidesinin kendine özel arısıyla, ya da incir ağacının kendine özel incir yaban arısıyla karşılaştırın. Böcek hatasız bir şekilde, sanki minicik güdümlü bir füze ya da tıpçıların "sihirli kurşun" dedikleri şey gibi, polenini taşıdığı bitki açısından tam olarak varması gereken hedefe ulaşır. İncir yaban arılarının

durumunda bu, az sonra göreceğimiz üzere, sadece bir başka incir ağacı değil, ortalıktaki diğer 900 incir türü arasından tam olarak doğru türdeki incir ağacını bulması anlamına gelir. Uzman tozlaştırıcıları devreye sokmak polen üretiminde büyük tasarrufa imkân veriyor olmalıdır. Öte yandan, az sonra göreceğimiz gibi, bu durum kendine has başka masrafları yaratır ve bazı bitkilerin kendi hayat tarzlarının bir sonucu olarak tozlaştırıcı görevi için müsrif rüzgârı kullanmaya devam etmeleri şaşırtıcı değildir. Diğer bitki türleri de bu ikisinin arasındaki bölgelerde, yani saçma tüfeğiyle sihirli kurşun arasına dağılmış bir yelpazede kendileri için en uygun olan yerlerdedirler. İncirler belki de belli türden bir tozlaştırıcı sihirli kurşuna bel bağlama konusunda en uç noktadadırlar ve biz de onları son bölümdeki zirve noktamız için saklayacağız.

Arılara dönecek olursak, sundukları tozlaşma hizmetleri ciddi muazzamdır. Hesaplanana göre bal arıları sadece Almanya’da yaz mevsiminin tek bir gününde on trilyon kadar çiçeği tozlaştırmaktadır. İnsanların gıdalarının yüzde 30’unun arıların tozlaştırdığı bitkilerden elde edildiği ve arılar yok olsaydı Yeni Zelanda’nın ekonomisinin çökeceği hesaplanmıştır. Çiçeklere sorsanız, “arılar bizim polenlerimizi taşımak için dünyaya yerleştirilmişlerdir,” diyeceklerdir.

O halde, dünyanın renkli ve kokulu çiçeklerinin buraya bizim faydalanmamız için konulmuş gibi görünmesine rağmen durum kesinlikle öyle değildir. Çiçekler bir böcek bahçesinde yaşarlar. Bu gizemli mor ötesi bahçede, tüm kibrimize rağmen, bizim hiçbir önemimiz yoktur. Çiçekler hep yetiştirilip ıslah edilegeldiler ama çok yakın zamana dek onları yetiştiren bahçıvanlar, arılar ve kelebeklerdi, biz insanlar değil. Çiçekler arıları kullanırlar ve arılar da çiçekleri. Bu birliktelikte her iki taraf da diğeri tarafından şekillendirilmiştir. Her iki taraf da, bir bakıma, diğeri tarafından evcilleştirilmiş ve yetiştirilmiştir. Morötesi bahçe iki yönlü bir bahçedir. Arılar çiçekleri kendi amaçları için yetiştirirler. Çiçekler de arıları kendi amaçları için evcilleştirirler.

Evrimde bunun gibi birliktelikler oldukça yaygındır. Karıncaların doğru türden bitkinin tohumlarını getirerek kendi

yuvalarının toprağına gömerek yetiştirdikleri, adına karınca bahçesi denilen ve epiphyte'lerden (başka bitkilerin yüzeyinde yaşayan ama asalak olmayan bitkilerden) oluşan yapılar vardır. Bu bitkiler yuvanın yüzeyinde büyürler ve yaprakları karıncalar için besin kaynağıdır. Bazı bitkilerin kökleri karınca yuvasındayken daha iyi büyüdükleri gösterilmiştir. Başka karınca ve termit türleri yeraltında mantar yetiştirmek, sporları toprağına ekmek, bahçelerdeki zararlı otları mantarlarla yarışmasınlar diye temizlemek ve mantarları çiğnenmiş yapraktan yapılan çürümüş organik maddelerle gübrelemek konusunda uzmandırlar. Yeni Dünya tropiklerinin ünlü yaprak kesen karıncaları vakasında, onların sekiz milyon gücündeki kolonilerinin bütün besin toplama çabaları, taze kesilmiş yaprakları toplamaya yönlendirilmiştir. Bir bölgeyi, çekirge istilasını andıran acımasız bir verimlilikle mahvedebilirler. Buna rağmen topladıkları yapraklar karıncaların ya da larvalarının yemesi için değildir, sadece mantar bahçelerini gübrelemek için toplanırlar. Karıncalar sadece mantar yerler ve bu mantarlar bu karıncaların yuvası dışında hiçbir yerde yetişmeyen bir mantar türündendirler. Bu mantarlara sorsanız, karıncaların dünyada olmalarının tek amacının mantar yetiştirmek olduğunu, karıncalara sorsanız, mantarların varoluş amaçlarının sadece karıncaları beslemek olduğunu söyleyeceklerdir.

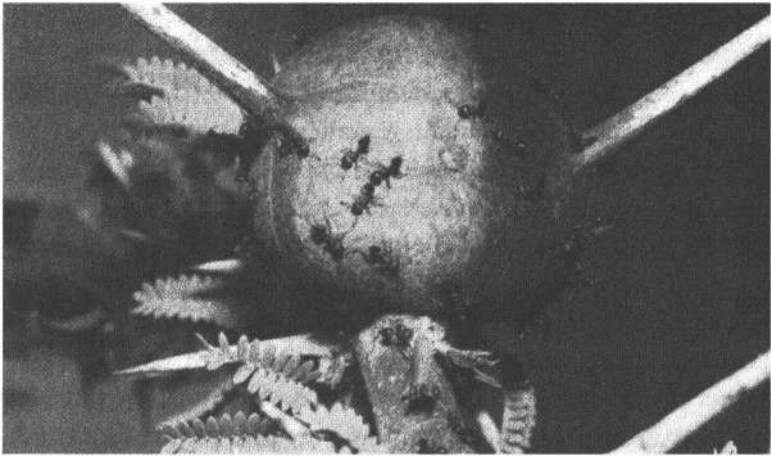
Belki de karıncasever bitkiler arasında en dikkat çekici olanı, Güneydoğu Asyalı epiphyte'lerdir. Bunların yalancı soğan adı verilen köklerinde kocaman balon gibi bir şişkinlik oluşur. Yalancı soğanın içinde bir oyuk labirenti vardır. Bu oyuklar karıncaların normalde toprakta kendileri için kazdıkları oyuklara o kadar benzer ki, insan doğal olarak bunları da karıncaların yaptığını sanacaktır. Ancak durum bu değildir. Oyukları bitki yapar ve karıncalar da bu oyuklarda yaşar (Çizim 8.4).

Onlardan daha iyi bilinenler ise, sadece akasya ağaçlarının özel içi boş dikenlerinde yaşayan karıncalardır (Resim 8.5). Bu dikenler kalın ve balon gibidirler ve bitki onları hazzır içi boşaltılmış şekilde üretir. Görünürde karıncalara ev ol-



Çizim 8.4 Kendisini korumaları karşılığında bir bitki karıncalara özel yapılmış yerleşke sağlıyor. *Myrmecodia pentasperma*'nın yalancı soğanının kesiti.

maktan başka hiçbir amaçları yoktur. Bitkilerin bu anlaşma karşılığında kazandıkları şey, karıncaların şiddetli ısırıklarının sağladığı korumadır. Bu durum zarif bir sadelikteki deneylerle gösterilmiştir. Böcek ilacıyla karıncaları öldürülen akasyaların kısa zamanda artan otobur tahribatlarına uğradıkları gözlemlendi. Karıncalar, eğer düşünme yetileri olsaydı, akasya dikenlerinin karıncaların yararı için var olduklarını düşünürlerdi. Akasyalar da karıncaların kendilerini otoburlardan korumak için var olduklarını düşüneceklerdi. Öyleyse biz, böyle bir birlikteliğin her üyesinin diğerlerinin iyiliği için çalıştığını mı düşünmeliyiz? Her bir tarafı, diğerini *kendi*



Resim 8.5 Akasya dikenli. Karıncalar ile bitkiler arasındaki iş birliğinin bir başka örneği. Bu soğan biçimli dikenlerin içi karıncalara hazır ev sağlayacak biçimde oyulmuş.

yararı için kullanıyor olarak düşünmek daha iyidir. Bu durum, birbirlerinden faydalandıkları ve bu faydanın diğerine yardım etmenin masrafına değecek miktarda olduğu, bir tür karşılıklı (mutual) sömürüdür.

Çevrebilimcilerin ellerinde olmadan kapıldıkları bilinen bir ayartma bulunur, yaşamın tamamını bir çeşit karşılıklı destek terapi grubu olarak görürler. Bitkiler, topluluğun birincil enerji toplayıcılarıdır. Güneşin ışıklarını yakalar ve onun enerjisini tüm topluluğun kullanabileceği hale getirirler. Diğer canlılara yem olarak topluluğa katkı sağlarlar. Otçullar, son derece yüksek sayıdaki otçul böcekler de dâhil olmak üzere, güneş enerjisinin birincil üreticilerden, yani bitkilerden, besin zincirinin daha yukarı basamaklarına, yani böcekçillere, küçük etçillere ve büyük etçillere iletildiği nakil yollarıdır. Hayvanlar dışkıladığında ya da öldüğünde, onların yaşamsal kimyasalları, bok böcekleri ve mezarcı böcekler gibi leşçiller tarafından geri dönüştürülürler. Bu böcekler söz konusu değerli yükü topraktaki bakterilere devrederler ve bakteriler de nihayetinde kimyasalları bitkilerin ulaşabileceği bir hale getirirler.

Enerjinin ve diğer kaynakların döngüsü hakkındaki bu konforlu ve cana yakın resim çok da yanlış olmayabilirdi, tabi bu döngünün katılımcılarının kendi rollerini döngünün iyiliği için *gerçekleştirmedikleri* açıkça anlaşılıyor olsaydı. Bu döngüde diğerlerini düşündükleri için değil, kendi iyilikleri için bulunuyorlar. Bok böceği dışkı arıyor ve onu besin olarak gömüyor. Onun ve onun türündeki hayvanların, yaşadıkları bölgenin geri kalan sakinleri için çok değerli bir temizlik ve geri dönüşüm hizmeti sağlıyor olmaları tamamen tesadüftür.

Otlar, otlar beslenen hayvanlar topluluğunun tamamının temel besinini sağlarlar ve otçullar da bu bitkileri gübrelerler. Hatta, eğer otçul hayvanları ortadan kaldırsaydınız otların çoğunun öleceği de doğrudur. Ama bu durum otların yenilmek için var oldukları anlamına gelmez. Veya yeniliyor olmaktan herhangi bir anlamda fayda sağladıkları da doğru değildir. Bir ot, eğer dileklerini bize söyleyebilseydi, kesinlikle yenilmemeyi tercih edecekti. O zaman, otçul hayvanlar ortadan kaldırılsaydı otlar ölürdü çelişkisini nasıl çözeceğiz? Cevap şöyledir: Her ne kadar hiçbir bitki yenilmek istemese de, otlar bu duruma pek çok başka bitkinin yapabileceğinden daha iyi dayanabilirler (biçilmeleri için tasarlanmış çimenliklerde kullanılmalarının sebebi de budur). Bir alan ciddi miktarda otlak olarak kullanıldığı ya da biçildiği sürece, otlarla rekabet içine girecek diğer bitkiler buraya yerleşemezler. Ağaçlar tutunamazlar çünkü fideleri yok edilecektir. Bu yüzden otçullar, dolaylı bir yoldan otlar için iyi bir sınıftırlar. Ama bu yine de bir ot bireyinin yenilmekle fayda sağladığı anlamına gelmez. Bu ot, aralarında kendi türünden bitkilerin de bulunduğu başka otların yenilmesinden fayda sağlayabilir, ne de olsa bu ona gübre olarak geri dönecek ve aynı zamanda onun rakiplerini ortadan kaldıracaktır. Ama bu ot bitkisi bireyi yenmekten paçayı kurtarabilirse, onun için çok daha iyi olur.

Çiçeklerin ve hayvanların dünyada insanlara fayda sağlamak için bulundukları şeklindeki yaygın yanlış safsatayla alay ederek başlamıştık, sığırlar bize yemek olmak için uysalca bir heves içindelerdi, vesaire. Birazcık daha savunulabilir

olan fikir ise, onlarla doğal bir karşılıklı fayda sahibi olacak şekilde evrilen başka canlıların faydalanması için dünyaya yerleştirildikleri fikriydi: Çiçekler arıların, arılar çiçeklerin faydalanması için, akasya boğa boynuzları karıncaların ve karıncalar akasyaların faydalanması için vardı. Ama bu yaratıkların diğer yaratıklara “fayda sağlamak için” var olduğu görüşü olmayana ergi¹ tehlikesi altındadır. Ancak popülist çevrebilimcilerin ortaya attıkları safsatayla, yani tüm canlı bireylerinin topluluğun iyiliği için yanıp tutuştukları ve ekosistem ya da “Gaia”² adını verdikleri fikirle işimiz olmamalıdır. Canlı bir yaratığın “bir başka şeyin faydası için” orada olduğundan bahsettiğimiz her defasında, aslında ne kastettiğimizi detaylı ve titiz bir şekilde açıklamaya dikkat etmemizin zamanı geldi. “Faydası için” aslında ne anlama gelir? Çiçekler ve arılar, yaban arıları ve incirler, filler ve çamlar, yani yaşayan bütün varlıklar *gerçekten* ne içinler? Bir canlının bedeninin veya bu bedenin bir parçasının onun “faydası” için olduğu bu varlık ne tür bir varlıktır?

Cevap DNA’dır. Bu şiddetli ve kesin bir cevaptır ve kanıtları su götürmezdir, ama bir miktar açıklama gerektirir. Bu ve bir sonraki bölümde ele almak istediğim şey de işte bu açıklama. Kızıma dönerek başlayacağım.

Bir gün yüksek ateşten yataklara düşmüştü ve eşimle sırayla yatağının başında oturup onu soğuk suyla ovarken onunla birlikte acı çekiyorduk. Günümüz doktorları kızımın ciddi bir tehlike içinde olmadığına dair bana garanti verebilirlerdi ama kızını seven bir babanın uykusuzluktan mustarip zihni, önceki yüzyıllarda gerçekleşen sayısız çocuk ölümlerini ve her bir kaybın getirdiği ıstırapı hatırlamadan edemiyordu. Charles Darwin de, çok sevdiği kızı Annie’nin sebebi bilinmeyen ölümünden sonra asla tam olarak düzelememiş-

1 -çev.n. Olmayana ergi (Latince *reductio ad absurdum*), bir düşüncenin doğru olduğunu göstermek amacıyla, aksinin yanlışlığını kanıtlamaktır.

2 -ed.n. Gaia, Yunan mitolojisinde Uranüs’le evlenen yeryüzü tanrıçasıdır ve aynı zamanda Dünya’nın insanlaştırılmış halidir. Gaia, tüm canlıların mutlu olduğu cennet gibi muhteşem bir Dünya anlamında kullanılır. Gaia teorisi ismiyle öne sürülen teoriye göre, dünyadaki tüm canlılar, Dünya’nın dengesini koruyacak biçimde yeryüzüyle ve diğer canlılarla ortak fayda yönünde etkileşecek şekilde yaşarlar.

ti. Kızının hastalığının bariz adaletsizliğinin Darwin'in dini inancını yitirmesine etki ettiği söylenir. Eğer Juliet bana dönüp daha önce yaptığımız neşeli sohbetimizin acıklı yankısıyla "Virüsler ne için var?" diye sorsaydı buna nasıl cevap verirdim? Virüsler ne için varlar? Bizi zorlukları aşmaya iterek daha iyi ve güçlü kılmak için mi? (Britanya televizyonunda bir tartışma platformunu paylaştığım bir ilahiyat profesörünün öne sürdüğü, Auschwitz'in "faydaları" gibi mi?) Dünyanın çok kalabalık hâle gelmesini engellemek için aramızdan yeteri kadarının ölümüne sebep olmak için mi? (Etkili doğum kontrolünün dini otorite tarafından yasaklandığı ülkelerde özellikle geçerli olmalı.) Günahlarımızın cezası olarak mı? (AIDS virüsü vakasında, bu fikrin pek çok destekleyenini bulursunuz. İnsan neredeyse bu hayranlık verici ahlaki hastalık virüsü onların zamanında ortalarda olmadığı için Ortaçağ din bilimcileri için kendini kötü hissedecek.) Bir kez daha, bu cevapların hepsi de çok insan merkezlidir, gerçi olumsuz bir açıdan. Virüslerin doğadaki diğer her şey gibi insanlara karşı olumlu ya da olumsuz bir özel ilgileri yoktur. Virüsler DNA dilinde yazılmış kodlanmış program talimatlarıdır ve kendi talimatlarının yararı için orada bulunurlar. Talimatlar "Beni Kopyala ve Etrafta Saç" derler ve talimatlarına itaat edilenleri bizim rastladıklarımızdır. Hepsi bu kadardır. Bu, "virüsler neden varlar" sorusunun cevabına en çok yaklaşılabileceğiniz noktadır. Anlamsız bir nokta gibi görünür ama bu aslında benim tam da vurgulamak istediğim şey. Bunu, bilgisayar virüslerinin konumuzla paralellik gösteren durumunu kullanarak yapacağım. Gerçek virüsler ve bilgisayar virüsleri arasındaki benzeşim son derece güçlü ve aynı zamanda aydınlatıcı.

Bilgisayar virüsü sadece bir bilgisayar programıdır, herhangi bir bilgisayar programı ile benzer türden bir dilde yazılmıştır ve aynı türden ortamda yolculuk eder; mesela usb bellek hafızasında, ya da İnternet adı verilen bilgisayar ağlarında, e-postalarda ve yazılımlarda. Her bilgisayar programı bir talimat setinden ibarettir. Neyin talimatları? Herhangi bir şey olabilir. Bazı programlar hesaplama yapmaya yönelik bir talimatlar kümesidir. Kelime işlemciler klavyede yazılan

kelimeleri kabul etmek, onların ekranda yerini değiştirmek ve nihayet onları yazdırmak için bir dizi talimattır. Yine Genius 2 gibi yakın zamanda Büyük Usta Kasparov'u yenmiş başka programlar ise çok iyi satranç oynamak için bir dizi talimattır. Bilgisayar virüsü ise şuna benzer bir şey söyleyen talimatlardan oluşan bir programdır: “Ne zaman yeni bir bilgisayar diskine rastlasan, benim bir kopyamı yap ve onu bu diske kaydet.” Bu bir “Beni Eşle” programıdır. Kimi zaman daha başka şeyler de söyleyebilir. Meselâ, “Bu hard diskin tamamını sil” diyebilir. Ya da bilgisayarın, robotsu mekanik bir sesle konuşup “Panik yapma!” kelimelerini söylemesine sebep olabilir.¹ Ama bu, işin ekstrasıdır. Bilgisayar virüsünün ayırt edici karakteristiği, yani onu tanımlayan özellik, sadece bilgisayarların anlayıp itaat edeceği bir dilde yazılmış olan “Beni eşle” talimatlarını bünyesinde taşıyor olmasıdır.

İnsanlar böylesi aşırı buyurgan komutlara itaat etmek için hiçbir sebep görmeyebilirler ama bilgisayarlar her şeye köle gibi itaat ederler, yeter ki kendi özel dillerinde yazılmış olsun. “Beni eşle” emrine, tıpkı “Bu matrisi ters çevir” ya da “Bu paragrafı eğik yap” ya da “Bu piyonu iki kare ilerlet” emirlerine olduğu gibi itaat edilecektir. Dahası, virüsün diğer bilgisayarlara bulaşması için bir sürü fırsat vardır. Bilgisayar kullanıcıları birbirlerine sürekli belgeler, dosyalar, resimler gönderip dururlar. Elbette, ortalıkta bu kadar çok dosya böyle umarsızca paylaşılrken, “Beni karşılaştığın her diske kopyala” diyen bir programın dünyaya suççuğu virüsü gibi yayılacağını görmek zor değil. Şimdilerde milyarlarca virüs etrafta dolanıyor ve bu sayı artma eğiliminde olacaktır. Son günlerde, bilgi otobanlarıyla örülü siber uzayla birlikte, bilgisayar virüslerinin yüksek hızda bulaşma olanakları daha da çoğalmış durumda.

Hastalık virüslerinden bahsederken yaptığım gibi, parazit programların manasızlığından sitem etmek de geliyor insanın içinden. “Bu programı eşle”den başka bir şey demeyen bir program ne işe yarıyor olabilir ki? Tamam, programın eş-

1 -ed.n. 1980'lerde Macintosh bilgisayarlara bulaşan ünlü bir virüs vardı ve bulaştığı

bilgisayarlarda gerçekleştirdiği diğer kötü şeylerin yanında zaman zaman “Panik Yapma” şeklinde bir ses çıkarıyordu. en.wikipedia.org/wiki/NVIR

leneceğini görüyoruz ama bu son derece bencil uğraşta gülünç derecede gereksiz bir yan yok mu? Bir virüs belli bir iş yapmak için yazılmış olsa da, boş boş etrafta yayılması için yazılsa da hiçbir şey değişmez. Yine de etrafa yayılıp durur. Yayılır çünkü yayılır çünkü yayılır. Bu sırada işe yarar hiçbir şey yapmıyor olmasının veya arada sırada zararlı işler yapmasının hiçbir önemi yok. Bilgisayarların ve dosya değiş tokuşlarının dünyasında varlığını sürdürmeyi, sadece varlığını sürdürüyor olduğu için başarır.

Biyolojik virüsler de bunun tıpatıp aynısıdır. Temelde bir virüs, DNA dilinde yazılmış bir programdır, ki DNA dili de bilgisayar diline benzer, o kadar ki o da dijital bir kodla yazılmıştır. Biyolojik virüs de tıpkı bilgisayar virüsü gibi sadece “Beni kopyala ve etrafa dağıt” der. Tıpkı bilgisayar virüslerinde olduğu gibi, virüsteki DNA’nın kendisinin kopyalanmak istediğini söylemiyoruz. Sadece olay şudur ki, DNA’nın olası bütün düzenlemeleri arasında etrafa yayılan düzenlemeler, yalnızca “Beni yay” talimatlarını dikte edenlerdir. Dünya ister istemez bu tip programlarla dolup taşar. Yine bilgisayar virüslerinde olduğu gibi, oradadırlar çünkü oradadırlar çünkü oradadırlar. Eğer kendilerini var edecek talimatları içermeselerdi, var olmazlardı.

Bu iki tip virüs arasındaki önemli tek fark, bilgisayar virüslerinin düşüncesiz ya da kötü niyetli insanların yaratıcı uğraşlarıyla tasarlanmış olmaları, diğer yanda biyolojik virüslerin mutasyon ve doğal seçim yoluyla evrilmiş olmalarıdır. Eğer biyolojik bir virüsün hapsirme ya da ölüm gibi kötü etkileri oluyorsa bunlar onun yayılma yöntemlerinin yan etkileri veya belirtileridir. Bilgisayar virüslerinin kötü etkileri de bazen bu türdendir. Amerika Birleşik Devletleri’nin bilgisayar ağlarında 2 Kasım 1988’de fink atmış olan ünlü internet solucanı, kasıtlı olarak düşünülmüş kötü etkiler göstermişti (bilgisayar solucanı teknik olarak bilgisayar virüsünden farklıdır ama bu fark burada bizim için bir problem teşkil etmiyor). Programın kopyaları hafıza alanına ve işlemci süresine el koyarak aşağı yukarı 6.000 bilgisayarı felce uğrattı. Bilgisayar virüslerinin, az önceki örnekte gördüğümüz üzere, kimi

zaman yan etki veya mecburi belirti değil de tamamen kötülük yapma amacının bir sonucu olarak kötü etkileri olabilir. Bu kötücül etkiler parazitin yayılmasına yardımcı olmaktan çok uzak bir şekilde, aslında yayılmasını yavaşlatıyorlardır. Gerçek virüsler, biyolojik savaş laboratuvarında özellikle üretilmedikleri sürece, bu kadar insan merkezli bir şey yapmazlardı. Doğal yollarla evrilmiş virüsler işi gücü bırakıp bizi öldürmeye ya da bize ıstırap çektirmeye çalışmazlar. Bizim acı çekmemizle ya da çekmememizle ilgilenmezler. Eğer ıstırap içindeyseniz, bu onların kendilerini yayma faaliyetlerinin bir yan ürünüdür.

“Beni eşle” talimatları, diğer tüm talimatlar gibi, eğer mekanizma onlara itaat etmiyorsa hiçbir işe yaramazlar. Bilgisayarların dünyası Beni Eşle programı için güzel ve cana yakın bir dünyadır. Birbirlerine dosya gönderip duran insanlar tarafından işe suç ortağı edilen ve İnternet’le birbirine bağlı bilgisayarlar, kendini kopyalayan bir bilgisayar programı için bir tür cennettirler. Hali hazırda talimatları kopyalayan ve onlara itaat eden bir mekanizma vardır, bu mekanizma vızıldayarak çalışıyor, bir anlamda, “Beni eşle” diyen bir başka program tarafından sömürülmek için adeta yalvarıyordur. DNA virüsleri söz konusu olduğunda, ortamda hazır bulunan kopyalama ve itaat mekanizmaları hücrelerin mekanizmalarıdır. Bunlar Mesajcı RNA, Ribizomal RNA ve çeşitli Transfer RNA’larının tüm o karmaşık alet edevatıdır.

Ayrıntıları boş verin ya da ne olduklarını J. D. Watson’un harikulade netlikteki *Genin Moleküler Biyolojisi* isimli kitabında arayın. Burada varmaya çalıştığımız nokta için şu iki şeyi anlamak yeterlidir: İlk olarak, her hücre bir bilgisayarın talimatlara itaat eden mekanizmalarının minyatür bir benzerini taşır, ikinci olarak, bütün hücrelerin makine kodu, dünya üzerindeki tüm canlılarda aynıdır. (Bu arada bilgisayar virüsleri bu lükse sahip değildirler çünkü örneğin Windows virüsleri Mac’lere bulaşamaz, Mac virüsleri de Windows’a.) Bilgisayar virüs talimatlarına da DNA virüs talimatlarına da itaat edilir çünkü kendilerini içinde buldukları ortamda kodlarına köle gibi itaat edilen bir kodla yazılmışlardır.

Fakat bu yumuşak başlı kopyalama ve talimat uygulayıcı mekanizmaların hepsi nereden gelirler? Kendiliklerinden ortaya çıkmadılar. Üretilmiş olmaları gerekirdi. Bilgisayar virüsleri durumunda, mekanizmalar insanlar tarafından yapılmıştır. DNA virüslerinin durumunda, mekanizmalar başka canlıların hücreleridirler. Ve bu diğer canlıları kim üretmektedir, hücreleri virüslerin hayatını bu kadar kolaylaştıran bu insanları ve filleri ve suaygırlarını kim yapmaktadır? Cevap, “o canlıları kendilerini eşleyen başka DNA’lar üretir” şeklindedir. İnsanlara ve fillere “ait” olan DNA, insan ve fil üretir. Öyleyse, filler, kiraz ağaçları ve fareler gibi büyük canlılar aslında nedir? (“Büyük” diyorum çünkü bir fare bile virüs açısından bakacak olursanız çok çok büyüktür.) Ve fareler ve filler ve çiçekler kimin yararına dünyaya yerleştirilmiştir?

Bu türden tüm soruları yanıtlayacak olan nihai bir cevabı bulmaya yaklaşıyoruz. Çiçekler ve filler, canlılar âlemindeki diğer her şeyde olduğu üzere aynı şey “içindirler.” Yani tek amaçları DNA dilinde yazılmış Beni Eşle programlarını yaymaktır. Çiçekler daha çok çiçek yapmak için yazılmış talimatları yaymak içindirler. Filler daha çok fil yapmak için yazılmış talimatları yaymak içindirler. Kuşlar daha çok kuş yapmak için yazılmış talimatları yaymak içindirler. Filin hücreleri köle gibi itaat ettikleri talimatların virüse mi file mi ait olduklarını ayırt edemezler. Tennyson’un Aydınlik Manga isimli şiirinde geçtiği gibi, bir kişi tökezlediğinde,

“Cevap vermek onların işi değildir,
Sebebini sorgulamak onların işi değildir,
Onların işi, sadece yapmak ve ölmektir.”

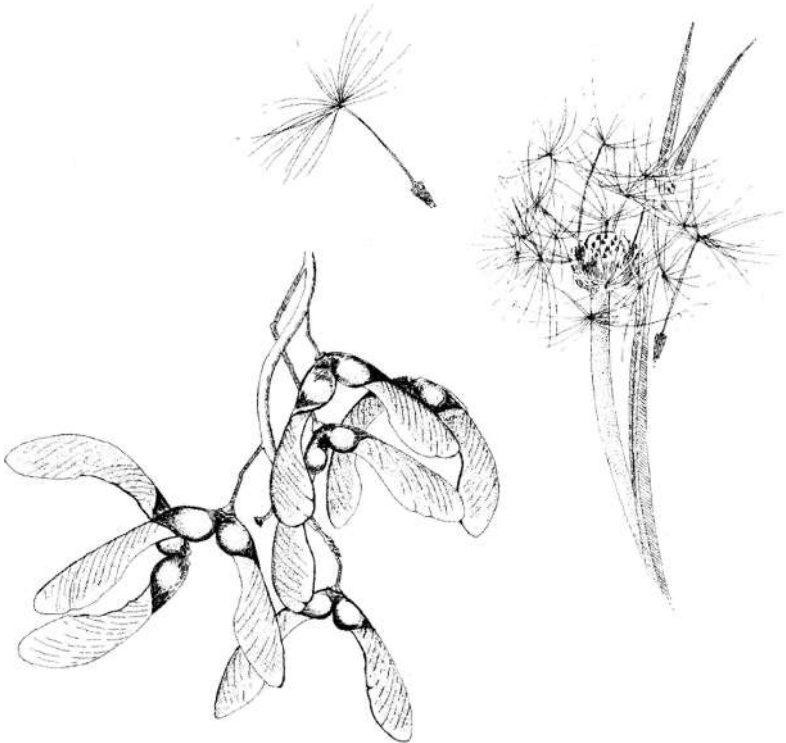
Takip eden satırlarda “fil”i bütün büyük, özerk yaratıklar anlamında, çiçekler ya da arılar, insanlar ya da kaktüsler, hatta bakteriler için bile kullanıyor olduğumu anlayacaksınız. Virüs talimatları, yukarıda gördüğümüz gibi, “Beni eşle” diyordur. Peki filin talimatları ne söylüyordur? Bu bölümü bitirirken sahip olmanızı arzu ettiğim esas anlayış budur. Fil talimatları da “Beni eşle” diyordur, ama bunu çok daha do-

lambaçlı bir yolla dile getiriyordur. Filin DNA'sı devasa bir programı oluşturur, bir bilgisayar programına eş bir programdır. Virüs DNA'sı gibi o da temelde bir Beni Eşle programıdır ama temel mesajının hızlı ve verimli bir şekilde uygulanmasının zorunlu bir parçası olarak neredeyse inanılmaz büyük bir sapma içerir. Bu sapma filin kendisidir. Program der ki: "Beni önce bir fil inşa etme gibi dolambaçlı bir yol izleyerek eşle." Fil büyümek için beslenir; bir yetişkin olacak biçimde büyür; çiftleşebilmek ve yeni filleri yapmak için yetişkin olur; baştaki program talimatlarının yeni kopyalarını yayabilmek için yeni filleri yapar.

Aynı şeyi canlıların *parçaları* için de söyleyebiliriz. Tavus kuşlarının gagası, yiyecekleri yerden alarak tavus kuşunun hayatta kalmasını sağlar ve böylece dolaylı yoldan tavus kuşu gagası yapan talimatları yaymak için kullanılan bir alettir. Erkek tavus kuşunun kuyruğu daha çok tavus kuşu kuyruğu yapma talimatlarını yaymak için kullanılan bir alettir. Dişi tavus kuşlarına çekici gelmek suretiyle çalışır. Kuyruk dişi elde etmekte, gaga ise yiyecek elde etmekte iyidir. En güzel kuyruğa sahip olan erkeklerin, bu kuyruk güzelleştirici genlerin kopyalarını aktaracakları daha çok sayıda çocukları olacaktır. Tavus kuşunun kuyruğu bu yüzden bu kadar güzeldir. Bu kuyrukların bize güzel görünmesi tamamen tesadüfî bir yan üründür. Tavus kuşunun kuyruğu bir gen yayıcısıdır ve dişi kuşların bakış açısından çalışır. Kanatlar kanat yapma genetik talimatlarını yaymaya yarayan aletlerdir. Söz konusu tavus kuşu olduğunda, bu kanatlar amaçlarına bedendeki genleri koruyarak ulaşırlar. Örneğin kuş bir avcı tarafından korkutulup kısa süreliğine havaya fırladığında bu amaçlarını gerçekleştirmişlerdir. Bitkiler tohumları ile uçma organlarına benzer bir şeyi başarırlar (Çizim 8.6), ama buna rağmen çoğu insan burada bitkiler için "uçmak" kelimesini gerçek manasında kullanmamızdan hoşnut olmayacaktır. Bitkiler uçamıyormuş ve kanatları yokmuş gibi görünürler.

Ama bekleyin bir dakika! Bir bitkinin bakış açısına göre, eğer bir arının ya da kelebeğin kanatlarını onun işini yapmaları için kullanabiliyorsa, kendisinin kanat sahibi olmasına

gerek yoktur. Aslında bir arının kanatlarına bitkinin kanatları *demekten* çekinmezdim. Onlar, bitki tarafından polenlerini bir çiçekten diğerine taşımak için kullanılan uçuş organlarıdır. Çiçekler bitki DNA'sını bir sonraki nesle geçirmek için kullanılan aletlerdir. Tavus kuşunun kuyruğu gibi görünürler, fakat dişi tavus kuşlarını çekmek yerine arıları çekerler. Bunun dışında arada bir fark yoktur. Tıpkı erkek tavus kuşunun kuyruğunun dişi tavus kuşunun bacak kaslarına etki etmesi ve onu erkeğe doğru yürütüp onunla çiftleşmesine sebep olması gibi, çiçeğin renkleri ve çizgileri, kokusu ve nektarı, arıların ve kelebeklerin ve arıkuşlarının kanatlarını etkiler. Arılar çiçeklere doğru çekilirler. Kanatlar çırpılır ve polenler bir çiçekten diğerine taşınır. Arıların kanatlarına gerçekten çiçeğin kanatları diyebiliriz çünkü arı genlerini taşıdıkları kadar çiçek genlerini de taşırlar.



Çizim 8.6 Kanatlı DNA: Akçaağaç ve karahindiba tohumları.

Fillerin vücutları fil DNA'sını mı yoksa virüs DNA'sını mı yaymakta olduklarının ayırdına varamaz ve arının kanatları da arı DNA'sını mı yoksa çiçek DNA'sını mı yaymakta olduklarını bilemez. Aslında, arı orkideleriyle çiftleşmeye çalışarak zamanlarını boşa harcayacak şekilde kandırılmış arılar gibi istisnai durumları bir kenara koyarsak, arılar hem arı hem de çiçek DNA'sı yaymak için uğraşmaktadır. "Kendi" DNA'sı ile polen DNA'sı arasındaki fark, arının iş gören mekanizmaları açısından algılanabilecek bir şey değildir. Tavus kuşları ve arılar, çiçekler ve filler, kendi DNA'larına, kendilerini istila eden parazit virüslerin DNA'larına yardım ettiklerine oldukça benzer bir şekilde yardım ederler. Virüs DNA'sı şunu diyen bir programdır:

Beni basit ve doğrudan bir yolla, ev sahibi hücrelerin hâlihazırdaki donanımını kullanarak eşle.

Filin DNA'sı der ki:

Beni, önce bir fil inşa ettiğin daha karmaşık ve dolambaçlı bir yolla eşle.

Çiçek DNA'sı der ki:

Beni daha da karmaşık ve dolambaçlı bir yolla eşle: İlk bir çiçek yap, ikinci olarak bu çiçeği bir arının kanatlarını yönlendirmek için kullan. Bu işte baştan çıkarıcı nektar gibi dolaylı yöntemlere başvur. Başka bir DNA'nın, yani arının "kendi" DNA'sının tariflerine göre güzelce inşa edilmiş bu kanatları, içinde bu talimatların aynısını bulunduran polen tozlarını geniş bir alana ve uzaklara taşıtmak üzere yönlendir.

Bir sonraki bölümde, vardığımız bu sonuca başka bir yönden tekrar yaklaşacağız.

BÖLÜM 9

TEKRARLAYICI ROBOT

Çiçeklerin ve fillerin gerçekte “kendi” DNA’larına, virüs DNA’larına ev sahipliği yaptıkları yolla aynı türde bir yolla ev sahipliği yaptıkları sonucuna az önce varmış-tık. Bu doğru ancak zor soruları cevapsız bırakıyor. Bu savda önemli bir basamak eksik. Bilgisayar virüslerinin işleri kolaydı çünkü dünya zaten talimatlara itaat etmek için hazır beklemekte olan bir sürü güçlü bilgisayarla doludur. Ama bu bilgisayarlar insan yapımıdır. Asalak programların önüne bir tabakta sunulurlar. DNA virüslerinin de kendi ev sahipleri vardır, tüm o karmaşık talimat-itaat-edici hücresel makine-leriyle/mekanizmalarıyla önlerine bir tabakta sunulurlar. Fakat bu canlı makineler vakasında, bu makineler en başta nereden gelmektedirler?

Bilgisayar virüsü gibi bir şeyin, hazır üretilmiş ve onun talimatlarına uymak için kurulmuş bir bilgisayara sahip olması yerine sıfırdan başlaması gerektiğini hayal edin. Basitçe “Beni eşle” diyemeyecekti, çünkü onun talimatlarına itaat edecek bir bilgisayar olmayacaktı. Önceden üretilmiş bilgi işlem ve kopyalama makineleri olmayan bir dünyada gerçekten kendi kendine yayılan bir şey olabilmek için, kendi kendini eşleyen bir bilgisayar programının ne yapması gerekirdi?

Şunu söyleyerek işe başlamalıydı: “Beni eşlemek için ihtiyaç duyulan mekanizmayı üret.” Ve ondan önce de şunu söylemesi gerekirdi: “Beni eşleyecek mekanizmayı bir araya getirecek parçaları üret.” Ve ondan da önce şunu demesi gerekirdi: “Parçaları yapmak için gereken hammaddeleri topla.” Normal virüslere kıyasla inanılmaz karmaşık olan bu program bir ismi hak ediyor. Gelin ona “Eksiksiz Talimat Eşleme Programı” adını verelim (ETEP).

ETEP’in sıradan bir bilgisayardan daha çok kontrol sahibi olması gerekir. Emrinde becerikli ellere veya kavrama ve iş yapma makinelerine eşdeğer şeylere sahip olması gerekir. Bu mekanizmaların malzemeleri ve parçaları işleyebilmek ve bir araya getirebilmek için algılama cihazlarıyla donatılması gerekir. Parçaları bularak bir araya getirmek için ve ondan da önce bunların hammaddelerini toplamak için el benzeri cihazlar gerekir. Bir bilgisayar, ekranı üzerinde birtakım şeylerin benzetimini yapabilir, ama kendi başına kendisi gibi başka bir bilgisayar yapamaz. Bunu yapmak için gerçek dünyaya ulaşması ve gerçek olan katı metalleri, silikonu ve başka malzemeleri işlemesi gerekir.

Gelin buradaki teknik problemlere biraz daha yakından bakalım. Günümüz masaüstü bilgisayarları, LCD ekran üzerinde renkli şekilleri, yazıcı kâğıdı üzerinde renkli pigmentleri ve kimi zaman da stereo hoparlörlerde ses gibi başka şeyleri işleyebilir. Bunların hepsi de üç boyutlu katı cisim yanılması oluşturmak için kullanılabilir ama gerçekte sadece insan beyinlerini kandırma üzerine kurulmuş yanılsamalardır. Ekran üzerindeki bir küp, perspektifle çizilmiştir. Küpün yüzeyi uygun bir şekilde boyandığında ikna edici bir şekilde katı gözükür ama hala onu gerçekten elinize alamaz, parmaklarınızın arasında katılığı ve ağırlığını hissedemezsiniz. Uygun yazılımları kullanarak, küpün ikiye kesilmesinin benzeşimini yapabilir ve ekranda bu küpün kesitini görebilirsiniz. Ama bir kez daha, o gerçek bir katı cisim olmayacaktır. Geleceğin bilgisayarları benzer şekilde diğer duyularımızı da kandırabilir. Bilgisayar faresinin gelecekteki eşdeğeri, ekrandaki “ağır” bir cismi ittiren parmaklara eylemsizlik hissini gerçekçi ola-

rak iletecek şekilde bir donanıma sahip olabilir.¹ Ama hala bu cisim gerçekten ağır olmayacaktır, somut, katı şeylerden yapılmış olmayacaktır.

ETEP'i çalıştıran bilgisayarımız insanın hayal gücünün ötesinde bir idare kapasitesine sahip olmak zorundadır. Dışarıdaki gerçek dünyadaki katı cisimleri kullanabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Peki bir bilgisayar bunu nasıl yapabilir? Bu ciddi derecede zor olacaktır. Bu durumu, yeni bir tür bilgisayar yazıcısı, yani bir "üç boyutlu yazıcı" tasarlamaya çalışarak görmeye başlayabiliriz. Sıradan bir bilgisayar yazıcısı, mürekkebi iki boyutlu kâğıt üzerinde yönlendirir. Üç boyutlu bir yapının, örneğin bir kedinin vücudunun temsili, iki boyutlu bir yazıcıda, saydam kağıtlara basılan bir dizi kesit olabilir. Bilgisayar büyük uğraşlarla kediye bir uçtan bir uca kesit kesit tarayacak ve şeffaf kâğıda bu yüzlerce kesiti basacaktır. Bu sayfalar üst üste bir blok halinde yığıldıklarında, bu bloğun içinde kedinin üç boyutlu bir görüntüsü görünür olacaktır.

Bu hala gerçek bir 3 boyutlu yazıcı değildir çünkü kedi bu şekilde basıldığında bir şeffaf kâğıt (asetat) matrisi içinde gömülü olacaktır. Eğer mürekkep yerine, kendi kendine sertleşen bir reçine veya plastik kullanırsak bu işin üstesinden daha iyi gelebiliriz. Şeffaf kâğıda baskıda olduğu gibi kesitler üst üste yazılacaktır ama bu sefer kağıdın şeffaf kısımları olmayacak, üç boyutlu baskı önümüzde olacaktır. Bu yazıcının birtakım teknik kısıtlamaları olsa da, önümüzde gerçek bir üç boyutlu bilgisayar yazıcısı durmaktadır.

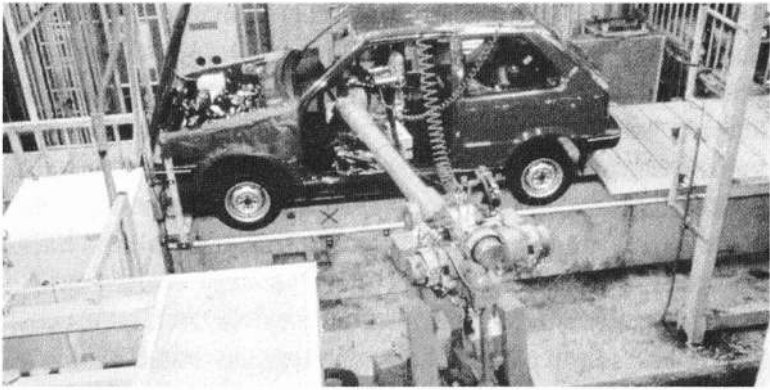
Ancak bu üç boyutlu bilgisayar yazıcımız hâlâ ciddi derecede iki boyutlu olan ön kavramlara dayanır. Üç boyutlu sonuçlara, bir dizi kesit veya dilim kullanarak ulaşır. Dizi dizi dilimler prensibine dayanarak çıktı veren hiçbir alet ETEP'i-miz için yeterli olmayacaktır. İş gören hiçbir makine, örneğin

1 -ed.n. Örneğin günümüzde oyun konsollarının titreşimli kumandaları bu hissi taklit etmek için kullanılmaktadır. 2021 yılında satışa sunulan PlayStation 5'in oyun kolu, daha önceki tüm titreşimli oyun kollarından daha gelişmiş ve yetenekli bir titreşim sistemine sahipti ve bir tetiğe basmanın zorluğunu veya bir sopayı savurmanın çeşitli güçlük seviyelerini parmağa daha gerçekçi hissettirebilecek şekilde programlanabiliyordu.

içten yanmalı bir motor, bu dizili dilimler tekniği ile oluşturulamaz.¹ Makinenin silindirler ve pistonlar, çarklar ve kayışlar gibi çeşit çeşit alt-parçalara ihtiyacı bulunur. Bu parçalar birbirlerinden farklı malzemelerden yapılmalı ve birbirlerinden bağımsız hareket edebilmelidir. Motorun üst üste dizilmiş dilimlerden yapılması mümkün değildir ve daha önceden üretilmiş ayrı ayrı parçaların *bir araya getirilmesi* ile üretilmesi gerekir. Daha önceden üretilmiş parçaların da, daha küçük parçaların birleştirilmesi ile benzer şekilde bir araya getirilmesi gerekir. ETEP'e uygun çıktı veren aletin tek başına bir üç boyutlu yazıcı olmasına imkân yoktur. Bunun endüstriyel bir robot olması gerekir. Bir kıskacı ya da ele benzer bir parçası olmalı, cisimleri kavrayabilmelidir. Bu “el”in, kol benzeri bir şeyin ucunda olması ve elin üç düzlemde de oynayabilmesini sağlayan çok yönlü bir eklemi ya da ekimleri olmalıdır. Kavraması gereken cisimlere doğru onu yönlendirebilecek ve duyu organlarının eşdeğeri olan algılayıcılara sahip olmalı ve bu nesneyi kavrayıp olması gereken yere götürebilmelidir ki, bu nesne orada hangi yöntem uygunsa o yöntem kullanılarak üretilen şeye birleştirilebilsin.

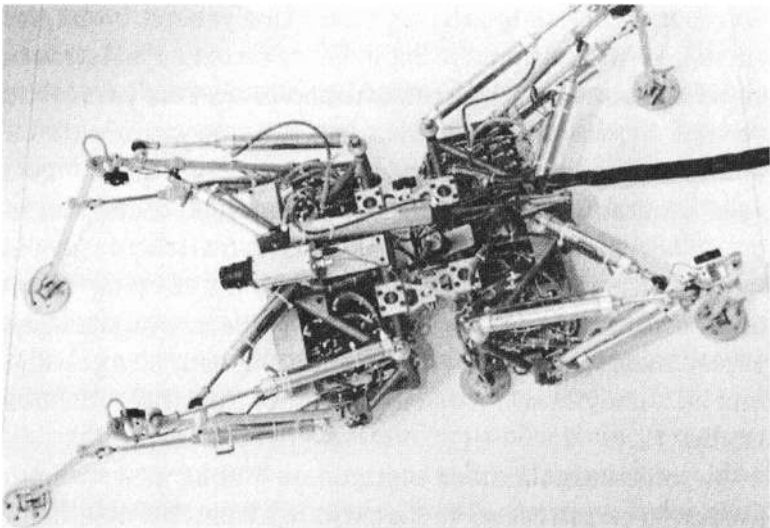
Bu tür endüstriyel robotlar günümüz fabrikalarında mevcuttur (Resim 9.1). İşe yararlar ama sadece montaj hattının belirlenmiş bir bölgesindeki ayrıntılı olarak belirlenmiş bir görevi yerine getirebilirler. Ancak bu normal endüstriyel robotlar ETEP programını çalıştırabilmek için hâlâ yeterli değildirler. Bu robot, eğer parçalar ona belli bir yöne çevrili hâlde verilirse ya da üretim bandında dizilmiş hâlde gönderilirse parçaları bir araya getirebilir. Ama buradaki ana amacımız zaten “bir tabakta” hazır sunulan şeylerden uzaklaşmaktır. Parçaları birleştirmeye başlamadan önce robotumuzun parçaları yapmak için gerekli hammaddeleri bir şekilde bulması gerekir. Bunu yapmak için dünya üzerinde hareket edip du-

1 -ed.n. Günümüzde üst üste metal tozu tabakaları yığıp bunu bir önceki katmana kaynatan metal yazıcılar oldukça karmaşık metal parçalar üretebilseler de, değişik fiziksel özelliklere sahip malzemeler ile aynı anda baskı yapılması neredeyse imkansızdır. Metal bir parça ile birlikte kauçuk bir parçanın basılmaya çalışılması, sıcaklık dolayısıyla kauçuk parçayı yok edecektir. Ayrıca zaten en başta kauçuk parça dilim dilim üst üste konarak oluşturulmaya çalışıldığında çok dayanıklı olmayacaktır.



Resim 9.1 Nissan otomobil fabrikasındaki endüstriyel bir robot. Japonya, Yokohama.

arak hammadde araması, kazıp çıkarması veya toplaması gerekir. Bir hareket etme aracına sahip olmalıdır, mesela tank paleti ya da bacak gibi bir şeyi olması gerekir. Bacakları olan veya hareket etmek için başka yöntemler kullanan robotlar vardır ve bunlar yarı bilinçli bir şekilde etrafta dolaşabilirler. Resim 9.2'deki robot tesadüf eseri böceği andırıyor, sadece altı yerine dört bacağı var. Üzerine sineğinki gibi vantuzlu



Resim 9.2 İngiltere Portsmouth Polytechnic Üniversitesindeki vantuz ayaklı yürüyen robot.

ayaklar takılmış, çünkü marifeti dik yüzeylere tırmanmak. Bu robotu yapanların en sevdikleri oyunlardan biri, robotun tam adım atacağı yere ellerini koyarak onu kandırmaya çalışmak. Robot, ayağı önündeki bu farklı zeminin uygunsuzluğunu algılıyor ve onu canlı gibi gösteren çok hoş bir bacak hareketiyle daha iyi bir yüzey aramaya başlıyor. Ama bu belli bir robota dair bir detay. Daha önceleri ünlü olmuş başka bir robot, Bristol Üniversitesi'ndeki W. Grey Walter tarafından yapılan "tosbağa" isimli robottu ve kendi fişini elektrik şebekesine sokup pillerini şarj edebiliyordu. Pilleri azalmaya başlayınca, elektriğe gittikçe artan şekilde "açlık" duymaya başlıyor ve bir şebeke prizi bulmak için arayışını yoğunlaştırıyordu. Prizi bulduğu zaman ona bağlanıp pilleri dolana kadar orada kalıyordu. Bu ayrıntılar her robotta aynı değildir. Önemli olan şey, kendi hareket araçlarıyla etrafta hareket etme yeteneğine sahip ve kendi duyu organlarının ve kendi yerleşik bilgisayarının denetimi altında bıkmadan bir şey arayan bir makine olmasıdır.

Bir sonraki görevimiz bu iki tür robotu birleştirmektir. Yürüyen, vantuz ayaklı robotun sırtında daha önce bahsettiğimiz el kullanabilen endüstriyel robotu taşıdığını düşünün. İki robotun birleşmiş hali olan bu makine yerleşik bir bilgisayarın denetimi altındadır. Bacakları, vantuzlu ayakları kolu ve eli kontrol eden ve birçok satırdan oluşan bir yazılım bu yerleşik bilgisayarda çalışmaktadır. Ama bu yazılım da bir ana yazılımın kontrolü altında çalışır. Bu ana yazılım "Beni Eşle" programıdır ve temel olarak şunu söylüyordur: "Bu robotun tam bir kopyasını yapmak için etrafta dolaş ve gerekli malzemeleri topla. Yeni bir robot yap, aynı ETEP programını onun üzerindeki yerleşik bilgisayara yükle ve onu aynı şeyi yapabilmesi için dünya yüzeyine bırak gitsin." Kurguladığımız bu varsayımsal robot bir ETEP robotu olarak adlandırılabilir.

Şu anda kurgulamakta olduğumuz gibi bir ETEP robotu muazzam teknik beceri ve karmaşıklığa sahip bir makinedir. Bu prensip meşhur Macar-Amerikalı matematikçi John Von Neumann tarafından ele alınmıştı ("çağdaş bilgisayarın ba-

bası” gibi onur verici bir unvana layık görülen iki adaydan biridir, diğeri Alan Turing idi. Turing, sahip olduğı kriptanalizi dehası sayesinde, İkinci Dünya Savaşı’nın Müttefikler tarafından kazanılmasında başka herhangi bir bireyden daha fazla katkıda bulunmuş olabilecek olan ancak savaştan sonra homoseksüelliğinden dolayı güçlendirilmiş hormon enjeksiyonları da dâhil, görmüş olduğı adli eziyetten dolayı intihara sürüklenmiş olan Britanyalı matematikçidir.) Ama hiçbir Von Neumann makinası, yani hiçbir kendi kendini eşleyen ETEP robotu, henüz yapılabilmiş değildir. Belki hiçbir zaman da yapılamayacak. Belki bu pratikte uygulanabilirliğin sınırları dışındadır.

Ama ne diyorum ki ben? Kendi kendini eşleyen bir robotun şimdiye kadar hiç yapılmadığını söylemek ne biçim bir saçmalık. *Ben* neyim ki o zaman? Ya da siz? Ya da bir arı veya çiçek veya kanguru? Hepimiz birer ETEP robotu değiliz de neyiz? Belli bir amaç için üretilmiş insan yapımı şeyler değiliz biz. Doğal seçimle seçilmiş genlerin nihai yönetimi altındaki embriyonik gelişim süreçleriyle bir araya getirildik. Ama yaptığımız şey aslında tam olarak hayali ETEP robotunun yaptığı tarif edilen şeydir. Kendimizi yaşatmayı sağlamak için gereken parçaları bir araya getirmek ve eninde sonunda aynı özelliklere ve yeteneklere sahip bir başka robotu oluşturmak için ihtiyaç duyulan hammaddeleri bulmak amacıyla etrafta dolanıyoruz. Bu hammaddeler, zengin besin kaynaklarından çıkardığımız moleküllerdir.

Bazı insanlar kendilerine robot denmesinden rahatsız olurlar. Bunun sebebi genellikle robotları kesik kesik hareket eden, hassas kontrolleri, zekâları ve esneklikleri olmayan aptal zombiler olarak görmeleridir. Ama bunlar bir robot için gerekli ya da tanımlayıcı özellikler değildirler. Bunlar sadece günümüzdeki teknolojiyle ürettiğimiz bazı robotların özellikleridir. Eğer bir bukalemunun, sopa böceğinin ya da insanın, içlerinde kendi programlama talimatlarını taşıyan birer robot olduklarını söylüyorsam, bu robotların ne kadar akıllı oldukları hakkında herhangi bir şey anlatmıyorumdur. Bir varlık çok zeki olabilir ama yine de bir robot olabilir. Bu ro-

botların esnekliklerinin miktarına dair bir şey söylüyor da değilim, çünkü bir robot oldukça esnek olabilir. Kendisine robot denmesine karşı çıkan yirminci yüzyıl insanları, bu kelimenin yüzeysel ve alâkasız bir çağrışımına karşı çıkıyorlardır (tıpkı, bünyesinde bir at bulundurmadığı için buharlı arabayı bir ulaşım aracı olarak adlandırmaya karşı çıkmış bir 18. yüzyıl insanı gibidirler). Bir robot, herhangi bir miktardaki karmaşıklığa ve zekâya sahip, belli bir görevi yerine getirmek üzere önceden ayarlanmış herhangi bir mekanizmadır. ETEP robotunun görevi, kendi programının kopyalarını, bu programı çalıştıracak mekanizma ile birlikte etrafa dağıtmaktır.

Kendilerini kopyalayan robotlarla ilgili tartışmamızın başlangıç noktası buydu. Bilgisayar virüsü ya da gerçek bir DNA gibi basit Beni Eşle programlarının, iş yapabilir olmalarına rağmen, onlara kapılarını açacak bir ortamda bulunmaya ihtiyaçları vardı. Yani bu misafir sever dünyanın onların talimatlarını okuyabilme ve itaat edebilme yeteneğine sahip makineleri/mekanizmaları olmalıydı. Fakat dünyanın böylesine uygun oluşunun tek nedeni, başka birisinin veya başka bir şeyin bu talimat itaat edici mekanizmaları zaten üretmiş olmasıdır. Bunu da eklediğimizde, kurguladığımız robot daha da karmaşılaşmış oluyor ve bir kez daha program basit bir Beni Eşle programından muazzam biçimde sapmış oluyor. Program sadece “Beni eşle” demek yerine şunu diyor: Parçaları birleştir ve beni kopyalamak için gereken tüm mekanizmaların yepyeni bir sürümünü yap ve sonra beni onun üzerindeki yerleşik bilgisayara yükle.”

Böylece bir önceki bölümün vardığı sonuca yeniden varmış olduk. Fil, DNA dilinde yazılmış bir bilgisayar programı içindeki muazzam bir sapmadır. Bir devekuşu başka tür bir sapmadır, meşe ağacı ise bir diğeridir. Ve tabi ki, insan da bir başka sapmadır. Hepimiz ETEP robotlarıyız, yani hepimiz Von Neumann makineleriyiz. Ama tüm bu süreç nasıl başladı? Buna cevap vermek için çok uzak bir zamana, 3 milyar yıldan daha eskiye, belki de 4 milyar yıl önceye geri dönmemiz gerekir. O zamanlar dünya oldukça farklıydı. Hiç hayat yoktu, hiç biyoloji yoktu, sadece fizik ve kimya vardı ve dünya-

nın kimyasının ayrıntıları çok çok farklıydı. Konu hakkında bilgi sahibi kişilerin öne sürdüğü tahminlerin pek çoğu, ama hepsi değil, ilksel çorba adı verilen bir şeyle başlıyor. Bu çorba, denizdeki basit organik kimyasalların sulu bir çorbasıdır. Kimse nasıl gerçekleştiğini bilmiyor ama bir şekilde, fizik ve kimya yasalarına karşı gelmeden, ortaya bir molekül çıktı ve tesadüfen bu molekülün kendini kopyalama özelliği vardı. Yani bir eşleyiciydi.

Bu çok büyük bir talih kuşu gibi görünüyor olabilir. Bu “şans” hakkında birkaç şey söylemek istiyorum. Öncelikle, bunun sadece bir kez gerçekleşmesi yeterliydi. Bu bakımdan, aslında bir adayı kolonileştirmek için gereken şansa benzer bir şanstır bu. Dünyadaki adaların çoğunda, hatta Ascension Adası¹ gibi çok uzak adalarda bile hayvanlar bulunur. Bu hayvanlardan bir kısmı, mesela kuşlar ve yarasalar, oraya kolayca anlayabileceğimiz yöntemlerle varmıştır, bunun için ciddi bir şans varsaymamıza ihtiyaç yoktur. Ama diğer hayvanlar, mesela kertenkeleler uçamazlar. Kafamızı kaşıyıp bu hayvanların buraya nasıl geldiğini merak ederiz. Bir kertenkelelenin bir mangrov ağacı dalı üzerinde durduğu, bu dalın denize sürüklenip açıldığı ve akıntılarla adaya savrulduğu gibi anormal bir şans eserini varsaymak tatmin edici olmayan bir şey gibi görünebilir. Anormal ya da değil, bu türden şans gerçekten de yaşanıyor çünkü okyanus ortasındaki adalarda yaşayan kertenkeleler var. Genellikle ayrıntıların tamamını bilmeyiz, çünkü bu bizim gözlemleyebileceğimiz kadar sık olan bir şey değil. Ama ana fikir şu ki, bunun yalnızca bir kez gerçekleşmesi yeterlidir. Ve aynı şey, bir gezegen üzerindeki hayatın başlangıcı için de geçerlidir.

Dahası, bilebildiğimiz kadarıyla, bu durum evrendeki milyarlarca ve milyarlarca gezegenden sadece birinde gerçekleşmiş olabilir. Elbette pek çok insan bunun aslında pek çok gezegende gerçekleştiğini düşünüyor ama bizim elimizde sadece tek bir gezegene ait *kanıt* var. Yani ele aldığımız şans olayı o kadar ciddi derecede olasılık dışı *olabilir* ki, evrenin her-

1 -ed.n. İngilizlere ait Ascension adası Afrika'dan 1600 kilometre, Brezilyadan 2300 kilometre uzakta olan izole bir volkanik adadır.

hangi bir yerinde gerçekleşmesi ihtimali milyar kere milyar kere milyar yılda bir kez kadar düşük olabilir. Eğer sadece evrenin herhangi bir yerindeki tek bir gezegende *gerçekleşmişse*, o gezegen bizim gezegenimiz olmalıdır, çünkü işte biz burada ondan bahsediyoruz.

Benim tahminime göre yaşam muhtemelen o kadar nadir değil ve yaşamın ortaya çıkışı da bu kadar olasılıksız değildi. Fakat bunun aksini iddia eden savlar var. Bunlara ilginç bir örnek “Neredeler?” savı. Bir Güney Pasifik ırkı düşünün, bu ırkın bulunduğu ada o kadar uzakta ki, kabilenin sözlü tarihi boyunca tek bir kayık dahi, üzerinde insanların yaşadığı bir başka toprak parçası bulabilmiş değil. Kabilenin yaşlıları, adanın dışında hayat olması olasılığına dair tahminler yürütüyor. “Bizden başkası yok” diyenlerin savı kuvvetli çünkü bu ada dışarıdan kimse tarafından henüz ziyaret edilmemiş. Kabilenin ulaşımı kayığın gidebileceği alanla sınırlı olsa da, daha gelişmiş tekneler yapacak şekilde ilerleme göstermiş başka kabileler de olması gerekmez mi? Buraya neden hiç gelmemişler?

Dünya’da üzerinde insanların yaşadığı adaların durumunda, bunların hepsi de şimdiye dek başkaları tarafından ziyaret edildi ve günümüzde bir uçak görmeyecek kadar uzaklarda yaşayan çok az insan olmalıdır. Ama bizim evrendeki ada gezegenimiz hiçbir zaman dışarıdan ziyaret edilmedi (edildiğine dair güvenilir bir kaynaktan gelen bir haber yok). Daha da önemlisi, son birkaç on yıldır çok uzaklardan gelecek radyo iletişim sinyallerini saptayabilecek şekilde donanımlıyız. Radyo dalgalarının bin yılda ulaşabilecekleri yarıçap içinde yaklaşık bir milyon yıldız bulunur. Bin yıl, gök ve yerbiliminin standartlarına göre oldukça kısa bir zaman dilimidir. Eğer teknolojik medeniyetler yaygın olsalardı, bunlardan bir kısmı bizden binlerce yıl daha uzun bir süredir radyo dalgaları saçıyor olmalıydı. Onların varlığına dair bir fısıltıyı şimdiye kadar duymuş olmamız gerekmez miydi? Bu, evrenin başka bir yerinde herhangi bir türde yaşam olduğuna karşıt bir sav değildir. Ama zeki ve teknik olarak gelişmiş yaşamın evrende sık olduğuna karşıt bir savdır. Yaşam bir kez başla-

diğında, zeki yaşamı oluşturma ihtimali düşük değilse, bunu yaşamın kendisinin nadir görülen bir şey olduğunun kanıtı olarak alabiliriz. Bu akıl yürütme zincirine bir alternatif görüş ise, zeki yaşamın oldukça sık ortaya çıktığı ama genelde radyonun keşfi ile teknolojik kendini yok ediş arasında çok kısa bir zaman olduğuna dair iç karartıcı önermedir.

Yaşam evrende yaygın bir şey olabilir ama biz onun fazlasıyla az rastlanır olduğu tahminini yapma özgürlüğüne de sahibiz. Bu tahminimizden çıkacak sonuç, yaşamın başlangıcına dair tahmin yaparken aradığımız bu başlangıç olayının çok ama çok olasılıksız bir olay olabileceğidir. Laboratuvar da yineleyebilmeyi umabileceğimiz ve bir kimyacınn “makul” diyebileceği türden bir olay olmayacaktır. Bu ilginç bir çelişkidir ve *Kör Saatçi* kitabımdaki “Kökenler ve Mucizeler” bölümünde kapsamlı olarak ele alındı. Bizim aradığımız teorinin, yaşamın ortaya çıkışının bizim bakış açımıza göre pek de makul bir olay olmadığını gösterecek bir teori olması gerekirdi. Bir açıdan, bir kimyager sıradan olasılık standartlarını kullanarak bizim “akla yakın” olarak kabul edeceğimiz bir yaşamın başlangıcı teorisini desteklemeyi başarsaydı, bundan endişe bile edebilirdik. Öte yandan yaşam, Dünya’nın 4,5 milyar yılının ilk yarım milyar yılında ortaya çıkmış görünüyor; Dünya’nın yaşının dokuzda sekizi boyunca canlılar olarak buradaydık ve sezgilerim hâlâ bana bir gezegen üzerinde yaşamın ortaya çıkmasının o kadar da umulmadık bir olay olmadığını söylüyor.

Yaşamın herhangi bir yerde ortaya çıkışı, kendini eşleyen bir varlığın şans eseri ortaya çıkmasından ibarettir. Şu anda bizim Dünya’mızdaki tek eşleyici DNA molekülüdür ancak ilk baştaki eşleyici büyük ihtimalle DNA değildi. Onun ne olduğunu bilmiyoruz. Başlangıçtaki kendini eşleyen moleküller, DNA’nın aksine, onları çoğaltacak karmaşık mekanizmalara bel bağlıyor olamazlardı. “Beni eşle” talimatlarının bir çeşit eşleniği olmaları gerekse de, bu talimatların yazıldığı “dil” sadece karmaşık bir makinanın onlara itaat edeceği şekilde son derece biçimlendirilmiş bir dil değildi. Başlangıçtaki eşleyici, bugünkü DNA talimatlarındaki ya da bilgisayar virüslerin-

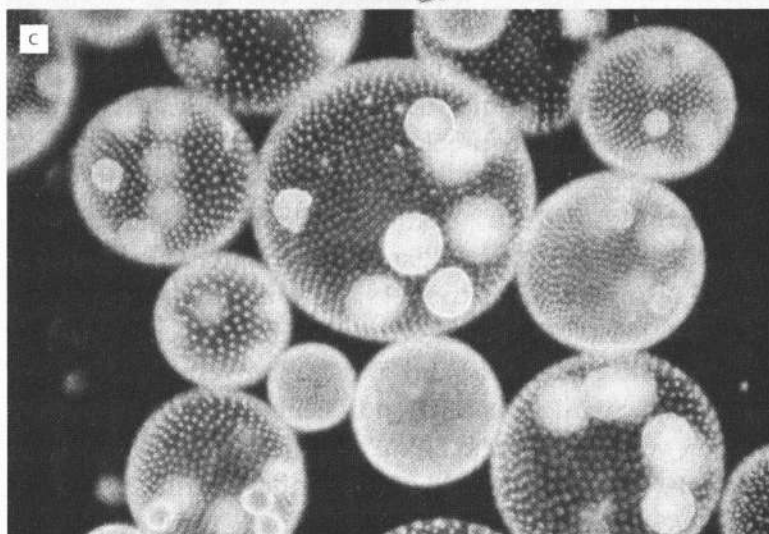
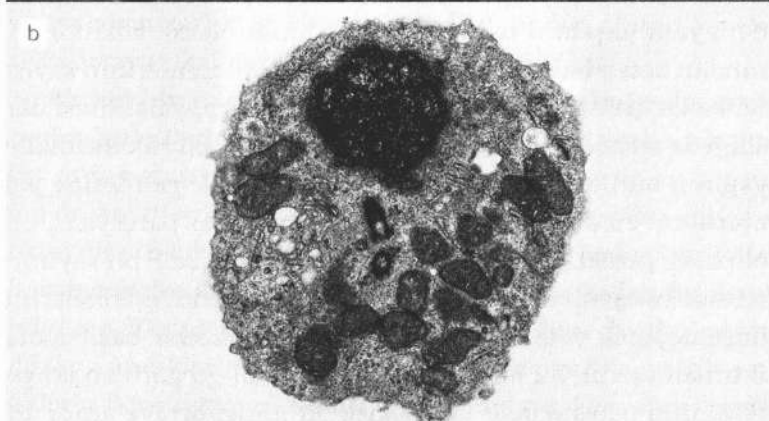
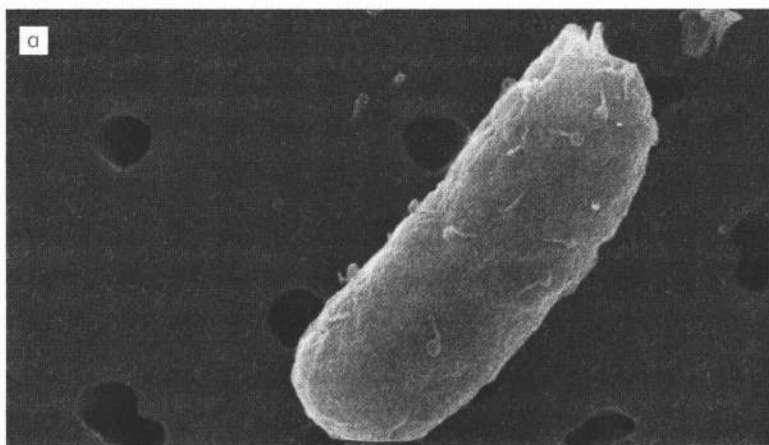
deki gibi detaylı kod çözme yöntemlerine ihtiyaç duyamazdı. Kendini eşleme, tıpkı sertliğin elmasın yapısından kaynaklanan bir özellik olması gibi, bu varlığın yapısından kaynaklanan bir özellik olmalıydı. Yani “kodlarının çözülmesi” ve “itaat edilmesi” gerekmeyen bir şey olmalıydı. Başlangıçtaki eşleyicilerin, daha sonra onları izleyen DNA moleküllerinin aksine, karmaşık kod çözme ve talimat uygulayıcı mekanizmaları olmadığından emin olabiliriz, çünkü karmaşık mekanizmalar dünyada sadece pek çok nesil boyunca süren evrimden sonra ortaya çıkabilen türde şeylerdir. Ve evrim, eşleyiciler olmadan işlemeye başlayamaz. Yaşamın başlangıcının bu açmazı yüzünden, başlangıçtaki kendi kendilerini kopyalayan varlıklar, kimyanın kendiliğinden oluşan kazalarıyla ortaya çıkabilecek kadar basit olmalıydılar.

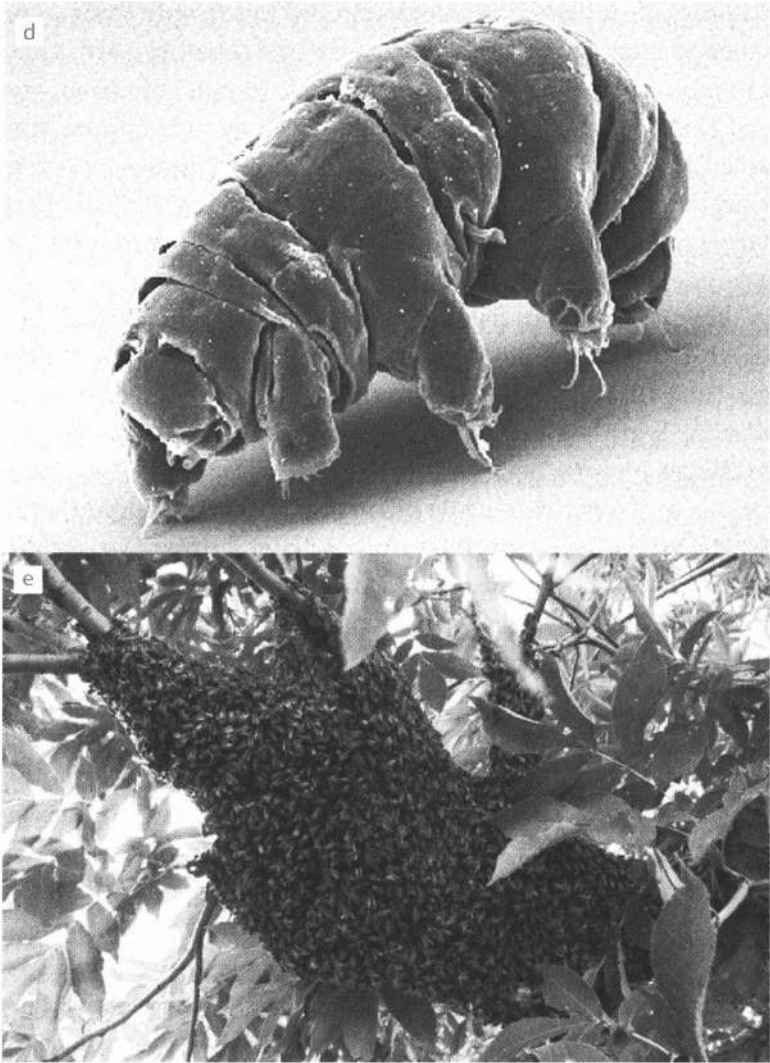
Bir kez bir eşleyici kendiliğinden ortaya çıktığında, artık evrim hızla ilerleyebilirdi. Kendisinin kopyalarından oluşan bir nüfus oluşturmak bir eşleyicinin doğasıdır ve bu kopyalar da kendilerini eşlerler. Bu yüzden bu kopyalar nüfusu üstel olarak büyümeye meyledecektir, ta ki kaynaklar veya hammaddeler için bir rekabet ortaya çıkana kadar. Bu üstel büyüme fikrini az sonra daha çok açacağım. Özetle, nüfus düzenli aralıklarla sabit bir sayıda artmak yerine, belirli aralıklarla ikiye katlanır. Bunun geldiği anlam, kısa süre içinde muazzam bir eşleyici nüfusunun oluşacağı ve bu yüzden de aralarında rekabet başlayacağıdır. Her kopyalama sürecinin doğasında asla mükemmel olmaması bulunur. Yani eşlenme yapılırken rastgele hatalar oluşacaktır. Bu yüzden de eşleyiciler nüfusunda farklı eşleyici çeşitleri ortaya çıkacaktır. Bu çeşitlerin bazıları kendini eşleme özelliğini kaybetmiş olabilir ve bu yüzden onların şekilleri nüfusta varlıklarını korumamıştır. Diğer bazı çeşitler de tesadüfen onları daha hızlı veya daha verimli bir şekilde kopyalanıyor hale getirecek özellikler edinmiş olabilirler. Bunun sonucu olarak nüfustaki oranları artmıştır. Rakip eşleyicilerle aynı hammaddeler için sürekli bir yarış içinde olacaklarından, zaman geçtikçe nüfustaki ortalama ve tipik eşleyici türünün yerini sürekli yeni ve daha iyi bir ortalama tür almış olmalıdır. Peki daha iyi derken ne

konuda daha iyi demek istiyoruz? Eşlemede daha iyi demek istiyoruz elbette. Daha sonra, bu gelişmeler kendini eşlemeyi kolaylaştıracak kimyasal reaksiyonlar üzerinde etki sahibi olma şeklini alacaktır. Sonunda etkinin ulaştığı karmaşıklık, bir gözlemcinin baktığında kodların çözülmesi ve talimatlara uyulması olarak tarif etmesine yeterli olacak bir seviyeye ulaşacaktır (bu olduğunda elbette bir gözlemci yoktu çünkü bir gözlemci olarak adlandırabileceğiniz herhangi bir şeyin evrilmesi için milyarlarca yıl geçmesi gerekir). Ve eğer bu aynı gözlemciye bu talimatların ne anlama geldiği sorulsaydı, onların “Beni eşle” anlamına geldiği cevabını vermesi gerekirdi.

Bu öyküde şüphesiz bazı zorluklar var. Bunlardan birinden, yani yaşamın başlangıcının açmazı olarak adlandırılmasından zaten bahsettim. Bir eşleyicinin bileşenlerinin sayısı ne kadar çoksa, içlerinden birinin yanlış kopyalanması olasılığı da o kadar yüksektir ve bu olduğunda büyük ihtimalle yapının bütününe tamamen çalışamaz hale gelmesine yol açacaktır. Bu durum, ilksel eşleyicilerin çok az parçaya sahip olmaları gerektiği imasında bulunuyor. Ama belli bir sayının altında bileşenlere sahip moleküllerin de, kendi eşlemelerini düzenleyecek yeteneğe sahip olamayacak kadar basit olma ihtimali vardır. Bu birbirine açıkça zıt olduğu görülen iki gereksinimi uzlaştırmak için zekice bir görüş ortaya atıldı ancak bu görüşü açıklamak için bu kitap için uygun olmayan bir seviyede matematik kullanımı gerekiyor.

Başlangıçtaki eşleme makineleri (yani ilk robot tekrarlayıcılar) bakterilerden çok daha basit olmalıydılar. Ancak bakteriler bizim günümüzde bildiğimiz en basit ETEP robotlarıdır (Resim 9.3 a). Bakteriler yaşamlarını muazzam çeşitlilikte yollarla kazanırlar, kimyasal açıdan bakacak olursak diğer bütün canlı âlemlerinin toplamından daha çeşitli ve geniş bir aralıkta yollara sahiptirler. Kimi başka acayip bakteri türlerinden bize daha yakın akraba olan bakteriler bulunur. Sıcak kaplıcalardaki kükürtten beslenen bakteriler bulunur, oksijen bu bakteriler için ölümcül bir zehirdir. Oksijenin yokluğunda şekeri alkole çeviren bakteriler vardır. Karbon dioksit ve hidrojen tüketerek metan çıkaran bakteriler vardır.





Resim 9.3 Yaşam biçimleri arasında giderek artan organizasyon seviyesi: (a) Tek bir bakteri; (b) hücre çekirdeği olan gelişmiş ökaryotik hücre, ilk başta bir bakteri kolonisinden evrilmişti; (c) volvoks, birbirlerinden farklılaşmış ökaryotik hücrelerden oluşan bir koloni; (d) farklılaşmış ökaryotik hücrelerden oluşan daha kalabalık ve sık paketlenmiş bir koloni olan tardigrad. İnsan vücudu da bu türden bir başka kolonidir, bir koloniler kolonisidir çünkü vücudumuzdaki her bir hücre de bir bakteri kolonisidir; (e) canlı bireylerinden oluşan bir koloni: Bir kovan dolusu bal arısı; yani bir koloniler kolonisinin kolonisi.

Güneş ışığını yiyecek yapmak için bitkilerde olduğuyla aynı yolda kullanan, yani fotosentez yapan bakteriler vardır. Bitkilerden çok farklı şekillerde fotosentez yapan bakteriler vardır. Farklı bakteri grupları, içinde bizim de olduğumuz geri kalan tüm canlılara kıyasla o kadar radikal derecede farklı biyokimyaları kapsarlar ki, biz (hayvanlar, bitkiler, mantarlar ve bazı bakteriler olan biz) onların yanında monoton bir tekdüzeliğe sahip görürüz.

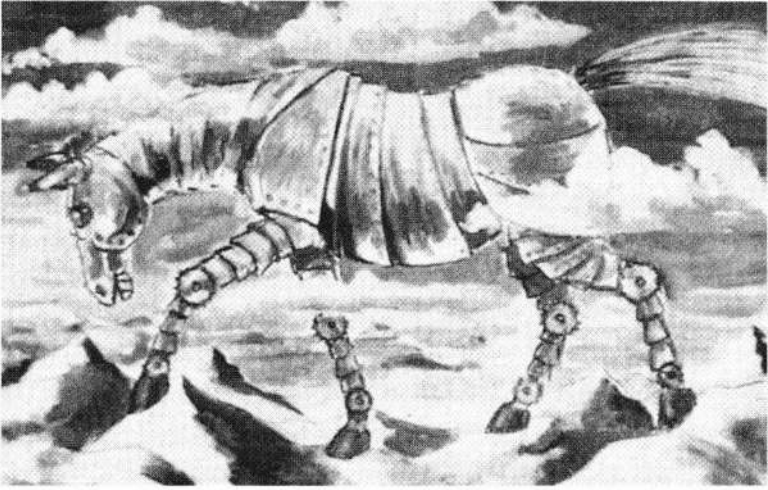
Bir milyar yıldan daha uzun bir zaman önce, farklı türlerden birkaç bakteri bir araya gelerek “ökaryotik hücreyi” oluşturdular (Resim 9.3 b). Bu hücre türü bizim sahip olduğumuz türdür, çekirdeği ve diğer karmaşık içsel parçaları vardır ve bunların birçoğu karmaşık bir şekilde katlanmış içsel zarların bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Örneğin Çizim 5.2’de kısaca bahsettiğim mitokondriler bunlardan biridir. Ökaryotik hücre günümüzde bir bakteri kolonisinden türemiş olarak kabul edilir. Bu ökaryotik hücreler daha sonra kendileri de koloniler oluşturacak şekilde toplandılar. Volvoks olarak adlandırılan, bir araya gelerek içi boş bir küre kolonisi oluşturmuş hücreler topluğu günümüzde yaşayan bir canlıdır (Resim 9.3 c). Ama günümüzden bir milyar yıldan önce gerçekleşen bir şeyi temsil ediyor olması olasıdır. Hücrelerimiz ilk olarak koloniler oluşturacak bir şekilde bir araya gelişinin bir örneğini gösteriyor olabilir. Ökaryotik hücrelerin bu şekilde çeteleşmeleri, daha önce bakterilerin ökaryotik hücreleri oluşturacak şekilde çeteleşmesiyle ve hatta daha da önce genlerin bakterileri oluşturacak şekilde çeteleşmesiyle kıyaslanabilir. Daha büyük ve yoğun bir şekilde toplaşmış ökaryotik hücre gruplarına metazoa kütleleri adı verilir. Resim 9.3 d görece küçük bir metazoa kütlesi örneğini gösteriyor, o bir tardigrad. Metazoa kütleleri de kimi zaman bir araya gelip, bir nevi tek bir birey gibi davranan koloniler oluştururlar (Resim 9.3 e).

Bir filin Beni Eşle programındaki muazzam bir sapma olduğunu söylemiştim, ama fil yerine fare de demiş olabilirdim ve “muazzam” hâlâ doğru kelime olurdu. Bir volvoksta birkaç yüz hücre bulunur. Bir fare belki de bir milyar hücrelik büyük

bir yapıdır. Bir fil yaklaşık 1.000 trilyon (10^{15}) hücreden oluşan bir kolonidir ve bu hücrelerin her biri de kendi içinde bir bakteri kolonisidir. Eğer fil kendi inşa planını etrafta taşıyan bir robotsa, neredeyse akıl almaz derecede büyük bir robottur. O bir hücreler kolonisidir ama bu hücrelerin her biri aynı DNA talimatlarının kopyalarını taşıdığından, hepsi iş birliği yaparlar. Aynı sona ulaşmak için birlikte çalışırlar. Hepsinde ayrı ayrı bulunan ama hepsi birbirinin tıpkısı olan DNA'nın kopyalarını yaymaya çalışırlar. Elbette fil mutlak anlamda büyük olan bir şey değil, görece büyük bir şeydir çünkü örneğin bir yıldızla kıyaslandığında küçüktür. Aynı şekilde file büyük derken onu kıyasladığım şey, bu filin korumak ve etrafa yaymak için tasarlanmış olduğu DNA molekülleridir. Yani fil, kendi içinde taşıyarak etrafta dolaştırdığı “fil yapıcı eşle-yicilere” kıyasla büyüktür.

Ölçek hakkında bir fikir edinmek için insan mühendislerin, tıpkı inşa ettikleri Truva Atına binen Yunanlılar gibi, içine binebilecekleri dev bir mekanik robot yaptıklarını hayal edin. Fakat bu mekanik at, bir atın kendisinin, bu at içindeki bir DNA molekülüne oranına eşdeğer bir oranda büyütülecek ki içindeki insan mühendisler DNA ölçeğinde olsunlar. Bu resimdeki ana fikir şu: Eğer içine binebileceğimiz robot bir at yapabilseydik ve bu robot at normal bir atın bahsettiğimiz ölçekte büyütülmüş hali olsaydı, Himalayaların üzerinden atlayabilirdi (Çizim 9.4). Yaşayan gerçek bir at milyarlarca hücreden oluşmuştur. Çok önemi olmayan istisnalar dışında, bu hücrelerin her biri kendi içinde genlerin tamamını barındırır ancak her hücre türünde bu genlerin yalnızca küçük bir oranı aktiftir ve geri kalanlar uyuyordur.

Gerçek bir canlı vücudu (kendisini inşa eden genlerle karşılaştırıldığında) bu kadar büyük olmayı başarır çünkü o, insan yapımı makinelerin büyümesinden çok farklı bir süreçle büyür; eğer bir gün inşa edilseydi, bu mekanik atın inşa edileceğinden de çok farklı bir büyüme şeklidir bu. Gerçek canlıların büyümek için kullandıkları özel yöntem üstel (katlanarak) büyümedir. Bunu söylemenin bir başka yolu, canlıların yerel çiftlenmelerle büyüdükleridir.



Çizim 9.4 Bir at DNA moleküllerinin robot aracıdır ve DNA ile karşılaş-
tırıldığında çok büyüktür. Eğer insanlar, içine binebilecekleri ve insan
vücuduyla insan DNA'sı arasındaki orana benzer ölçeklere sahip olan
bir Truva Atı inşa etselerdi, Himalayalar bu atın yanında cüce kalırdı.
Bu hayali resim, annem Jean Dawkins tarafından, benim Kraliyet Ens-
titüsü Noel Seminerlerimden biri için çizildi.

Oldukça küçük olan tek bir hücreyle başlarız. Küçük olsa
da, onu yapan genler için yaklaşık olarak doğru bir boyut-
tadır. Biyokimyasal yönlendirmelerle yönetebilecekleri bir
boyut aralığındadır. Bu genlerin etkileri tek bir hücrenin her
yanına ulaşabilir ve bu hücreyi belli özelliklere sahip olacak
şekilde biçimlendirebilirler. Belki de hücrenin sahip olduğu
en çarpıcı özellik, aşağı yukarı kendisine benzeyen iki yavru
hücreye bölünebilme özelliğidir. Kendi ebeveyn hücrelerine
benzediklerinden, her yavru hücrenin kendisi de ikiye bö-
lünme yeteneğine sahiptir ve böylece dört torun hücre oluş-
tururlar. Sonrasında bu dört torunun her biri de yine ikiye
bölünebilir ve sekiz hücre ortaya çıkarabilirler ve bu silsile
böyle ilerler. Bu üstel büyümedir. Yerel çiftlenme olarak da
adlandırılır.

Bu kavrama alışık olmayan insanlar üstel büyümenin gü-
cünü oldukça şaşırtıcı bulurlar. Daha önce söz verdiğim gibi
bu konu üzerinde biraz duracağım çünkü çok önemli. Bu kav-

ramı resmetmenin pek çok parlak yolu var. Bir kâğıdı bir kez ikiye katlarsanız iki kat kalınlık elde edersiniz. Tekrar katlarsanız dört kat kalın olur. Bir kez daha katlarsanız, elinizde sekiz tabaka kalınlığında bir tomar olur. Bu kâğıdı tomar daha fazla katlanamayacak kadar sert hale gelene kadar en fazla üç kere daha katlayabilirsiniz ve tomar altmış dört tabaka kalınlığına ulaşır. Ama bu mekanik sertlik probleminin olmadığını ve katlamaya devam edebildiğinizi düşünün, örneğin elli kez katlayabildiğinizi. O zaman bu kâğıt tomarının kalınlığı ne olurdu? Cevap, Dünyanın atmosferinin dışına ulaşacak ve Mars gezegeninin yörüngesinin ötesine taşacak kadar kalın olacağıdır.

Aynı şekilde, gelişmekte olan bir vücudun her yerindeki hücrelerin yerel çiftlenmeleri sayesinde hücre sayısı hızla astronomik rakamlara ulaşır. Mavi balinada yüz bin trilyon (10^{17}) hücre bulunur. Ama üstel büyüme öyle bir güce sahiptir ki, bu deniz canavarını yapmak için ideal koşullarda yaklaşık olarak sadece elli yedi hücre bölünmesi nesli yeterlidir. Bir hücre nesli derken, bir kez çiftlenmeyi kastediyorum. Hücrelerin sayısının 1, 2, 4, 8, 16, 32 vs diye arttığını hatırlayın. Yani 32 hücreye ulaşmak altı hücre nesli alır. Ve böyle ikiye katlamaya devam ederseniz, yüz bin trilyona (yani mavi balinadaki hücre sayısına) ulaşmak sadece elli yedi hücre nesli gerektirir.

Hücre nesillerini bu şekilde hesaplamak aslında gerçekçi değildir çünkü bu yöntem bize sadece olabilecek en az nesil sayısını verir. Bu hesaplama, her hücre neslinde tüm hücrelerin çiftlendiğini varsayar. Aslında pek çok hücre soyu çok daha önce çiftlenme oyunundan çekilir, örneğin vücut karaciğer gibi bir organın inşasını tamamladığında karaciğer hücreleri soyu bölünmeyi durdurur. Diğer hücre soyları daha uzun bir süre çiftlenmeye devam ederler. Yani bir mavi balina aslında balinanın farklı parçalarını inşa eden, farklı uzunluklardaki bir dizi hücre soyundan meydana gelir. Bu soyların bir kısmı elli yedi hücre neslinden daha uzun süre bölünmeye devam eder. Diğerleri elli yedi nesilden önce bölünmeyi bırakır. Pratikte bir de “kök hücreler” bulunur. Bunlar bir parça

joker gibidirler, diğer hücre türlerine, örneğin kan veya kalp kası hücrelerine dönüşebilirler ve ileride kullanılmak için bir kenarda (örneğin kemik iliğinde veya yağ hücreleri arasında) yedek olarak tutulurlar. Vücutta meydana çıkacak bir tahribatı onarmak için kullanılıyor olabilirler.

Bir hayvanın ağırlığına bakarak, ideal çiftlenme koşullarında bu hayvanın bedeninin üretilmesi için gerekli en düşük hücre nesli sayısını kabaca hesaplayabilirsiniz. Büyük hayvanların özellikle daha büyük hücreleri olmadığını varsayabilirsiniz, sadece küçük hayvanlardaki hücrelerin aynılarını daha çok sayıda sahiptirler. Oldukça kaba bir hesaplama, yetişkin bir insan için en az kırk yedi hücre çiftlenmesi nesline ihtiyaç olduğu sonucuna varır ve bu hesaplama mavi balina için bundan sadece on nesil fazlası gerekir. Bu sayılar elbette gerçek değer altındaki tahminlerdir ve bunun sebebini az önce belirtmiştim. Yine de üstel değişimin gücü doğru kalır. O kadar güçlüdür ki, üretilcek hücre kümesinin son şeklini dramatik bir şekilde değiştirmek için tek gereken şey, belli bir hücre soyunun ne kadar uzun süre çiftleneceğinde küçük bir değişiklik yapmaktır. Mutasyonlar bazen bunu yaparlar.

Bu devasa bedenleri inşa etmeye *gigateknoloji* adı verilebilir (devasalık, onları inşa eden ve içlerinde yolculuk yapan DNA'ya kıyasladır). Gigateknoloji, kendinizden en az bir milyar kat büyük şeyler inşa etme sanatına verilen addır. Gigateknoloji sanatı, bizim mühendislerimizin hiç deneyim sahibi olmadıkları bir alandır. Bizim içinde yolculuk yapabileceğimiz şekilde inşa edebildiğimiz en büyük araçlar (büyük gemiler) kendilerini inşa edenle karşılaştırıldıklarında o kadar da büyük değildirler, etraflarını birkaç dakikada dolaşabiliriz. Gemi gibi bir şey inşa ettiğimizde, üstel inşanın avantajlarına sahip değilizdir. Bizim için, yapının her tarafına dolaşıp, daha önceden üretilmiş çelik tabakaları birbirlerine perçinlemekten başka çare yoktur.

Binip etrafta dolaşacağı robot araçları inşa eden DNA'nın emrinde üstel büyüme aracı vardır. Üstel büyüme doğal seçimden geçmiş genlerin ellerine büyük bir güç verir. Bu

güç, embriyonik büyümenin idare edilişindeki bir detaydaki minik bir ayarlamamanın, ulaşılabilecek son biçimde dramatik bir etkiye sahip olabileceği anlamına gelir. Hücrelerin belli bir alt soylarına, bölünmeyi fazladan bir kez daha gerçekleştiren (örneğin yirmi dört değil de yirmi beş kez bölünün) diyen herhangi bir mutasyon prensipte vücudun o parçasının boyutunu ikiye katlama etkisine sahip olabilir. Hücre nesillerinin sayısını değiştirme şeklindeki bu numaranın aynısı, embriyo gelişimi sırasında beden bir parçasının boyutunu değiştirmenin yanında *şeklini* de değiştirmek için kullanılabilir. Günümüzdeki insanların çenesi, görece yakın bir atamız olan *Homo erectus*'unki ile karşılaştırıldığında belirgin şekilde çıkıktır. Çenenin şeklini değiştirmek için gereken tek şey, embriyodaki kafatasının belirli bölgelerindeki hücre nesillerinin sayısında küçük bir değişiklik yapmaktır.

Bir bakıma, olağanüstü olan şey, hücre nesillerinin tam da onlardan beklenen zamanda, tüm parçalarımızı diğerlerine görece iyi oranlayacak bir şekilde bölünmeyi bırakıyor olmalarıdır. Elbette hepimizin bildiği üzere bazı durumlarda hücre soyları bölünmeyi bırakmaları gerektiği halde durmazlar. Bu olduğunda onu kanser olarak adlandırırız. Randolph Nesse ve George Williams (harika kitapları *Darwinci Tıp'ta*) kanser hakkında çok bilgece bir noktaya değinirler. Yani neden kanser olduğumuzu merak etmek yerine neden sürekli kanser olmadığımızı merak etmeliyiz.

İnsanların gelecekte gigateknolojiyi kullanarak bir şeyler inşa etmeye kalkışıp kalkışmayacaklarını kim bilebilir? Ama insanlar *nanoteknoloji*'yi kullanmaya çoktan başladılar bile. “Giga”nın bir milyar anlamına gelmesinde olduğu gibi, “nano”da milyarda bir anlamına gelir. Nanoteknoloji, kendisini yapan inşacının milyarda biri büyüklüğünde şeyler üretmek anlamındadır.

Çizim 9.5'teki gibi bir şeyin gerçekleşmesinin çok uzak olmadığını söyleyen insanlar bulunur. Eğer haklılarsa insan hayatında bundan ciddi şekilde etkilenmeyecek alan yok gibidir. Tıp doktorluğu buna bir örnektir. Günümüzdeki cerrahlar el becerisi yüksek olan insanlardır ve hassas ve kesin



Çizim 9.5

Bir nanoteknoloji fantezisi. Robot aygıtlar kırmızı kan hücrelerini tamir etmek için yollanıyor.

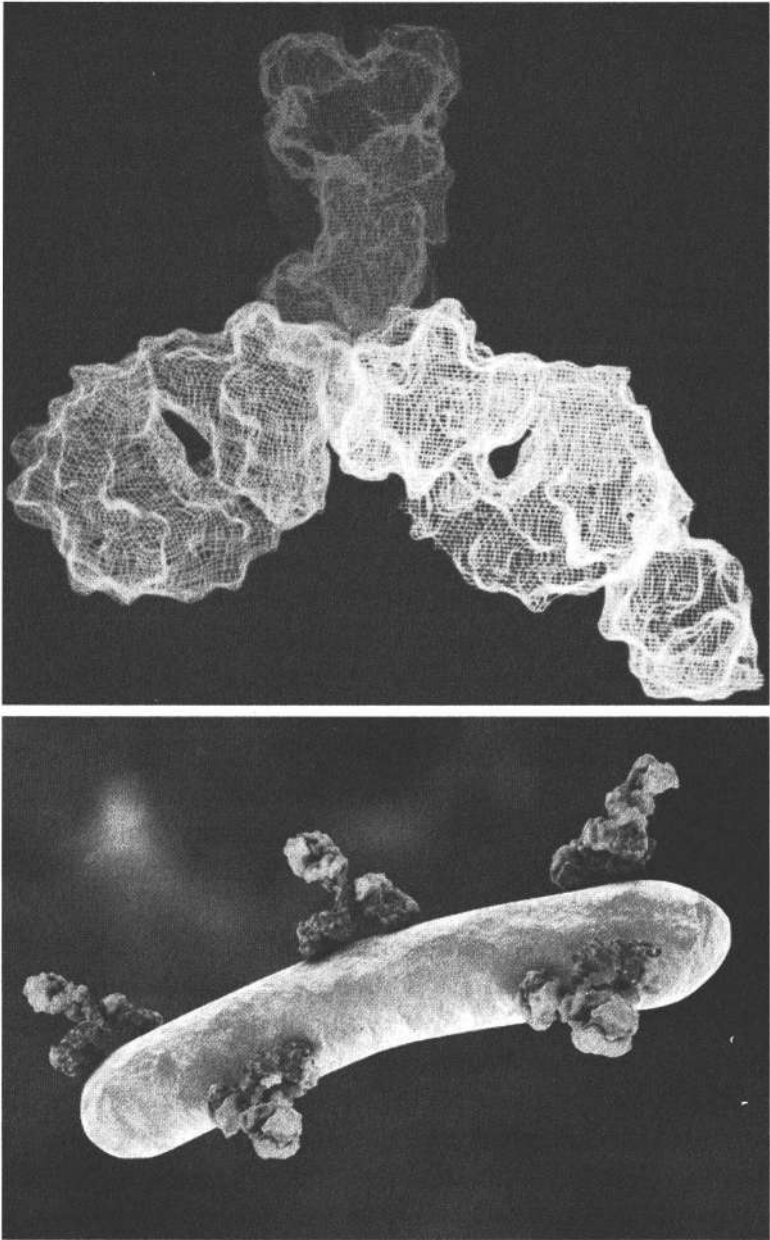
bir doğrulukla çalışan aletlere ve cihazlara sahiptirler. Çağımızın cerrahlarının katarakt yüzünden bulanıklaşan gözün merceğini keserek onu uygun bir yenisiyle değiştirmeleri muhteşem bir beceridir. Kullandıkları araçlar hayranlık verici derecede hassas ve kesin doğrulukta işler. Ama nanoteknoloji ölçeğiyle karşılaştırıldığında, bu aletler bile son derece kaba kalırlar. Nanoteknoloji alanının öncülerinden biri olarak yükselmekte olan Amerikalı bilim insanı Eric Drexler'in günümüz neşterlerine ve cerrahi dikişlerine nano boyuttaki bakışına kulak verin:

Çağdaş neşterler ve cerrahi dikiş ipleri kılcal damarların, hücrelerin ve moleküllerin tamiri için çok kaba kalırlar. "Hassas" bir ameliyatı bir hücrenin perspektifinden düşünün: Kocaman bir bıçak iniyor, kör bir şekilde bir grup hücrenin moleküler mekanizmalarını doğrayarak geçiyor, binlercesini katlediyor. Daha sonra, muazzam büyüklükte bir dikilitaş bu yarılmış kalabalığın arasına saplanıyor, yarılmış hücre gruplarını tekrar birbirine bağlamak için peşinden yük treni kalınlığında bir kabloyu çekerek geliyor. Bir hücrenin bakış açısından, keskin bıçaklar ve müthiş bir beceri ile ger-

çekleştirilen en hassas cerrahi müdahale bile hala bir kasaplık işidir. İyileşmeyi olası kılan tek şey, hücrelerin ölümlerini terk edip tekrar toplanarak çoğalmaya tekrar başlamalarıdır.

Buradaki “dikilitaş” elbette incecik bir ameliyat iğnesidir ve yük treni kadar kalın kablo da en ince cerrahi iptir. Nanoteknoloji, hücre ölçeğinde çalışmaya müsaade edecek kadar küçük cerrahi aletler yapılması hayalini gerçekteştirmeyi vaat eder. Böyle aletler bir cerrahın parmakları tarafından kullanılamayacak kadar küçük olacaktırlar. Eğer bir parça ip, hücre ölçeğine göre bir yük treni kalınlığında ysa, cerrahın parmaklarının ne kadar büyük olacağını bir düşünün. Minik otomatik makineler, minicik robotlar olması gerekir ve bunlar bu bölümün başında tanıştığımız endüstriyel robotların minyatür versiyonlarından çok farklı olmayacaktır. Böylesine küçük bir robot hastalıklı bir kırmızı kan hücresini tamir etmekte harikalar yaratabilir. Ama robotun tek tek uğraşması için göz korkutucu derecede kalabalık bir kırmızı kan hücresi ordusunun varlığı söz konusudur: Her birimizde onlardan yaklaşık 30 milyar tane bulunur. Öyleyse, minicik nanoteknoloji robotu bunun üstesinden nasıl gelebilir? Cevabı zaten tahmin etmişsinizdir: Üstel çoğalmayla. Umut edilen şey, nanoteknoloji robotunun kırmızı kan hücrelerinin kullandığı kendini çoğaltma tekniğinin aynısını kullanabilmesidir. Böylece robot kendini klonlayacak, kendini eşleyecektir. Robotların nüfusunun, üstel büyümenin gücünü kullanarak tıpkı kan hücrelerinin nüfusunun milyarlık sayısı gibi artacağı umuluyor.

Bu türden bir nanoteknoloji henüz gelecekte yatıyor ve asla gerçekteşemeyebilir de. Nanoteknolojiyi ileri süren bilim insanlarının onu denenmeye değer bulmasının sebebi şudur: Bilirler ki, bize ne kadar acayip ve yabancı görünürse görünsün, onun bir eşdeğeri hâlihazırda hücrelerimizde zaten çalışmaktadır. DNA ve protein moleküllerinin dünyası gerçekten de bu ölçekte işler ve onu biz yapmış olsaydık nanoteknoloji olarak adlandırılacaktı. Bir doktor sizi hepatit



Resim 9.6 Gerçek hayattan nanoteknoloji: Üstte: Bir immünoglobulin molekülü. Altta: İmmünoglobulin molekülleri zararlı olduğunu saptadıkları bir antijene (hastalık yapıcıya) yapışmışlar. Vücudun antivirüsleri olan akyuvarlara düşmanın yerini gösteriyorlar.

olmayın diye immünoglobulinlerle aşıladığında, aslında kanınızı nanoteknoloji aletlerinin doğal bir türü ile dolduruyordur.¹ Her bir immünoglobulin molekülü, diğer herhangi bir protein molekülü gibi, yapacağı iş için kendi özel molekül şekline ihtiyaç duyan karmaşık bir cisimdir (Resim 9.6). Bu küçük tıbbi araçların işe yaramasının tek sebebi onlardan milyonlarca olmasıdır. Üstel nüfus büyümesi teknikleri kullanılarak toplu üretilmişlerdir (klonlanmışlardır). Bu vakada kullanılan teknik biyolojiktir ve sıklıkla başka bir hayvanın, örneğin bir atın kanında topluca üretilirler. Diğer aşılar vücudun antikorları klonlama şeklindeki kendi eğilimini teşvik ederler. Umut edilen şey, nanoteknoloji araçlarının da bunun gibi zekice tasarlanmış yapay süreçlerle klonlanabilmesinin bir gün mümkün hale gelmesidir.

Nanoteknoloji bize çok garip ve inanılması güç gelir. Oradaki, atom düzeyindeki bir makineler dünyası fikri, korkutucu yabancılıktaki bir dünya gibi görünür, bilim kurgu yazarlarının diğer gezegenlerde hayal ettikleri yaşamdan daha garip gelir. Nanoteknoloji bizim için gelecekte gerçekleşebilecek bir şeydir. Heyecan verici, belki biraz ürkütücü ve kesinlikle yeni bir şeydir. Ama nanoteknoloji yeni ve yabancı olmaktan çok uzak bir şekilde aslında *eskidir*. Yeni olan şeyler biz büyük canlılarız, yabancı ve garip olanlar bizleriz. Gösterişli yeni (yalnızca birkaç yüz milyon yaşındaki) gigateknoloji ürünleriyiz (kendi genlerimizin bakış açısından gigayız). Temelde yaşam çok küçüğün nano dünyasının (bizim bakış açımızdan nano,) yani protein molekülleri dünyasının üzerine kuruludur. Bu proteinler DNA moleküllerinin kodlanmış tariflerine uyularak üretilirler ve diğer moleküllerin etkileşimlerini kontrol ederler.

Nanoteknoloji gelecekte bulunur. Şimdi gelin bu ve bir önceki bölümün ana mesajına geri dönelim. Bir filin ya da bir

1 -ed.n. İmmünoglobulinler, bağışıklık sistemindeki akyuvarların plazma hücreleri adı verilen bir türü tarafından üretilen proteinlerdir ve belirli türden bir hastalık yapıcı virüsle veya bakteriyel karşılaştıklarında onu tanıyıp üzerine yapışma özelliğine sahiptirler. Bu olduğunda, akyuvarların fagosit adlı türleri onları saptar ve yapıştıkları virüs veya bakterilerle birlikte onları mideye indirerek (etraflarını çevreleyip içlerine aldıkları sonra kimyasallarla ayrıştırarak) o tehdidi yok ederler.

insanın genleri, tıpkı bir virüsün genleri gibi, bir Beni Eşle bilgisayar programı olarak görülebilir. Virüs genleri kodlanmış talimatlardır ve eğer örneğin bir file bulaşmışlarsa “Fil hücreleri beni eşleyin” derler. Fil genleri de der ki:

Fil hücreleri birlikte çalışın ve yeni bir fil yapın. Bu yeni fil hem kendi kendine büyüyecek ve hem de yine hepsi beni çoğaltacak başka filler yapacak şekilde programlanmış olsun.

Prensip aynıdır. Tek fark, bazı Beni Eşle programlarının diğerlerine kıyasla daha dolaylı ve uzun soluklu oluşudur. Sadece parazit programlar kısa soluklu olma lüksüne sahiptirler çünkü talimatlarına uyacak hazır yapılmış makinaları kullanırlar.

Bir filin genleri, birbirlerine destek olan devasa bir virüsler kolonisi gibidir. Her fil geninin gerçekleştirdiği görev, bir virüs geninin gerçekleştirdiğinden büyük değildir. Her biri, kendi programlarının çalışması için ihtiyaç duydukları makinaların ortaklaşa inşasında kendi küçük rollerini oynar. Her biri, diğerlerinin varlığında çoğalabilir ve geleceğe aktarılabilir. Virüs genleri de birbirleriyle iş birliği yapan fil genlerinin varlığı altında yaşamlarını sürdürüp çoğalabilirler fakat bunun karşılığı olarak herhangi bir pozitif katkıda bulunmazlar. Eğer katkıda bulunsalardı muhtemelen onlara virüs genleri demez fil genleri derdik. Diğer bir deyişle, her beden sosyal ve anti sosyal genler içerir. Anti sosyal olanlara biz virüs (ve diğer türden parazit) genleri diyoruz. Sosyal olanlara biz fil (insan, kanguru, çınar, vs.) genleri diyoruz. Ama genlerin kendileri, ister sosyal ister anti sosyal olsunlar, ister virüs ister “kendi” genleri olsunlar, sadece DNA talimatlarıdır ve her biri, öyle ya da böyle, dürüstlük veya hainlikle, özetle veya uzatarak, “Beni Eşle” diyordur.

BÖLÜM 10

SAKLI BAHÇE

Çok uzun bir yol kat ettik ve en sonunda hikâyelerimin içinde en zor ve karmaşık olanına geri dönmeye hazırız: İncirin hikâyesine. İlk bakışta, açılış paragraflarımda taşlamış olduğum talihsiz konuşmacıya layık türden bir başka edebi alay gibi gelecek şu hikâyeyle başlayalım. İncir bir meyve değil, içi dışına çevrilmiş bir çiçek bahçesidir. Meyveye benzer. Meyve gibi tadı vardır. Zihinsel yemek listelerimizde ve insanbilimciler tarafından bilinen derin yapılarda meyve şeklinde bir yere yerleşmiştir. Yine de o bir meyve değildir. Bir saklı bahçedir. Yükseklerde asılı bir bahçedir ve dünyanın harikalarından biridir. Bu ifadeyi kafalarda soru işareti bırakacak biçimde havada bırakmayacağım ve takip eden satırlarda açıklayacağım.

Anlam evrimin kendisinde saklıdır. İncirler, sonsuz derecede küçük kademelenmiş ara biçimlerden oluşan bir zincir aracılığıyla, görünüş açısından günümüzdeki incirlerden çok farklı olan ataların soyundan gelmiştir. Aşağıdaki gibi oluşturulmuş zaman aralıklı bir film¹ hayal edin. Filmin ilk karesi günümüzdeki incirdir, bugün bir ağaçtan kopartılmış, ortadan ikiye kesilmiş, bir yüzeye konularak fotoğraflanmıştır. İkinci kare bir yüzyıl öncesinden benzer bir incirdir. Yüzyıllar içinde geriye doğru incir incir, kare kare yol alırız.

1 -ed.n. Zaman aralıklı film için sayfa 93'teki dipnota bakınız.

İsa tarafından yenilmiş olabilecek bir incirden geçeriz, ya da Babilin Asma¹ Bahçelerinden Nebukadnezar için bir kölesi tarafından toplanmış bir incirden, ya da Cennetin Doğusundaki Nod topraklarından bir incirden, ya da *Homo erectus*'un, *Homo habilis*'in ve Afar'dan küçük Lucy'nin² kısa ve şeker mahrumu yaşamlarına tat katan incirlerden geçerek tarım öncesi zamanlarda ilerleyip, ormanın vahşi incirlerine ve daha da geriye gideriz. Şimdi tüm bu karelerle oluşturulmuş filmi oynatın ve günümüzdeki incirin kendisini uzak atasına dönüştürmesini izleyin. Hangi değişiklikleri görürüz?

Şüphesiz bir şekilde, geriye doğru gittikçe biraz küçülme olacaktır. Çünkü kültür incirleri, yüzyıllar boyunca daha küçük ve daha sert olan yabani ataların seçici yetiştirilmesiyle şişirilmiştir. Ancak bu yüzeysel bir değişiklik ve her ne kadar ilginç olsa da, bu değişiklik geriye doğru olan yolculuğumuzun ilk birkaç bin yılı içerisinde son bulacak. Daha radikal ve çarpıcı olan şey, filmi milyonlarca yıl geriye doğru biraz daha oynattığımızda göreceğimiz değişimdir. “Meyve” dışı doğru açılacaktır. İncirin tepesindeki küçük ve neredeyse görünmez olan delik genişleyecek, esneyecek ve açılacaktır, ta ki bir delik değil de bir kâse haline gelene kadar. Kâsenin iç yüzüne dikkatlice baktığınızda, küçük çiçeklerle kaplı olduğunu göreceksiniz. İlk başlarda derin olan kâse, zamanda filmi geriye doğru izledikçe gittikçe daha sığ bir hale gelecek. Belki de bu kâse, bir ayçiçeği gibi düz bir hal alana dek bu durum böyle gidecek çünkü ayçiçeği de gerçekte bir yüzey üzerine dizilmiş yüzlerce küçük çiçekten oluşur. Ayçiçeği safhasının da ötesine geçtiğimizde, incir kasemiz tıpkı bir dutta olduğu gibi, çiçekçikler sonunda dış kısımda olana kadar ters yüz olur (incir dut ailesinin bir üyesidir). Daha da gerileyip dut aşamasını geçince, çiçekçikler ayrılır ve sümbülde olduğu

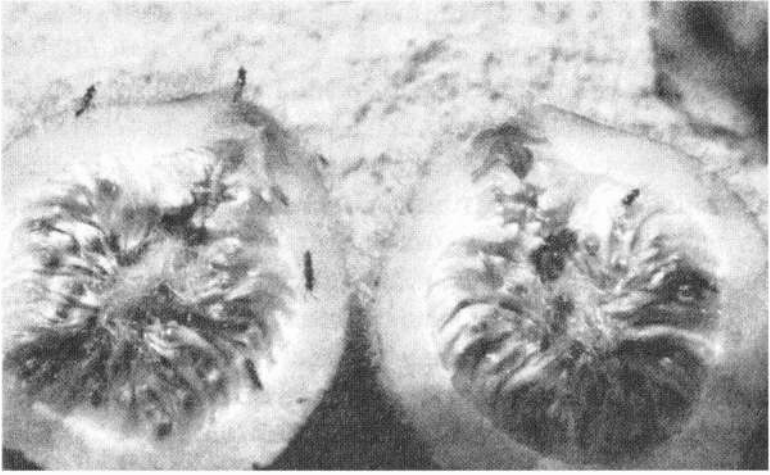
1 -ed.n. Buradaki “asma” kelimesi üzüm yaprağı veya ağacı anlamında değil, yüksek bir yere kurulu anlamındadır.

2 -ed.n. Lucy, 1974 yılında Etiyopya'da bulunan, insan türünün yaklaşık 105 milyon yıl önceki *Australopithecus afarensis* olarak adlandırılan türündeki atalarından bir dişi bireyin kemiklerine verilen isimdir. Latince olan *Australopithecus* kelimesi güney maymunu anlamına gelir, Afar, Afrika'daki bir bölgedir ve *afarensis* de Afar'dan anlamına gelir. en.wikipedia.org/wiki/Lucy_(Australopithecus)

gibi daha bağımsız görülür hale gelirler (ancak sümbüller incirlerle yakın akraba değildir).

Tek bir inciri “saklı” bir bahçe olarak nitelendirmek biraz zorlama, hatta bir parça yüksekte atma olabilir mi? Ne de olsa bir sümbülü veya bir dutu açık bir bahçe olarak tanımlayabilmek zor olurdu. Bu konudaki savunmam aslında iyi bir savunma. Bir bahçeye, o bahçenin çiçeklerini tozlaştıran sineklerin gözünden bakın. Bir bahçe, insan ölçeğinde, birçok metrekareyi kaplayan bir çiçek topluluğudur. Ve incirleri tozlaştıran canlılar o kadar küçüktür ki, onlara göre tek bir incirin iç kısmının tamamı başlı başına bir bahçe gibi gözükabilir. Ancak kabul etmeliyim ki, küçük bir arka bahçe gibi görünüyordur. Bu bahçeye yüzlerce minyatür çiçek ekilidir. Aralarında hem erkekler hem dişiler vardır ve hepsi kendi küçücük parçalarına sahiptir. Dahası, incir gerçekten dışa kapalı saklı bir yerdir ve minik tozlaştırmacı böceklerle gereken neredeyse her şeyi sağlar.

Bu tozlaştırmacı böcekler teknik olarak Agaonidae ailesinden yaban arılarıdır ve bir mercek olmaksızın net göremeyecek kadar küçüktürler. “Teknik olarak” yaban arılarıdır derken kastettiğim şey, her ne kadar yazın reçel kavanozları için tehdit oluşturan “sarı siyah renkli yaban arıları” ile büyük benzerlikler göremesiniz de, incir yaban arılarının tanıdık yaban arılarıyla ortak bir atayı paylaştığıdır. İncir çiçekleri yalnızca bu minnacık yaban arıcıkları tarafından tozlaştırlırlar (Resim 10.1). İncir türlerinin neredeyse tamamının kendi özel yaban arısı türü vardır (ve 900’den fazla incir türü bulunur). Bu yaban arıları ve incirler kendi öncül türlerinden beraberce ayrıldıklarından beri evrimsel zaman boyunca bir arada olmuşlardır. Bu yaban arıları, besinleri için tamamıyla incirlere bağlıdır ve incirler de çiçek tozlarını taşımaları için tamamıyla yaban arılarına bel bağlarlar. Her iki tür de diğeri olmasaydı anında yok olurdu. Doğdukları incirden dışarıya yolculuk ederek polenleri taşıyanlar sadece dişi arılardır. Bu dişi yaban arıları hayal edebileceğiniz gibi, oldukça küçük arılar nasıl olabilirlerse öyle şekillendirilmişlerdir. Onlara zıt olarak erkek arıların kanatları yoktur



Resim 10.1 Erkek ve dişi incir yaban arılarıyla incirin iç kısmı.

çünkü tek bir incirin kapalı ve karanlık dünyasında doğup öleceklerinden bu kanatlara ihtiyaçları yoktur. Bu erkek arıların kendi dişilerine benzemeleri şöyle dursun, arı olduklarına inanmak bile zordur.

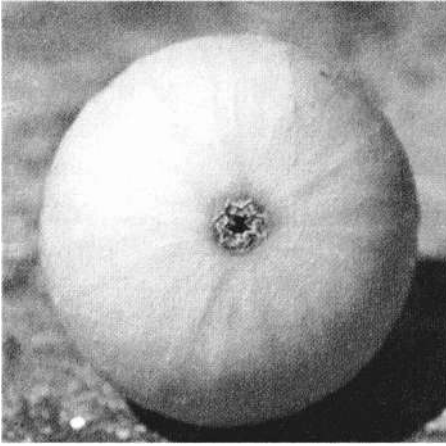
İncir yaban arılarının hayat hikâyesini anlatmaktaki problem, bu hikâyenin bir döngü olması ve tarifimizin nerede bitmesi gerektiğinin çok açık olmamasıdır. Bu durumu aşmanın bir yolu olmazdı ve bu yüzden yeni yaban arısı kurtçuklarının larvadan çıkışlarıyla başlayacağım. Her biri bu kapalı bahçenin derinliklerinde bulunan dişi çiçeklerden birinin tohumluğundaki minnacık kapsüllerinde kıvrılmış bir şekilde duruyorlardır. Bir incir yaban arısı, büyümekte olan tohumdan beslenerek yetişkin hale gelir ve kapsülünü çiğneyerek yolunu açıp incirin görelî olarak daha özgür ortamı olan iç kısmına çıkar. Erkekler ve dişiler daha sonra bir miktar farklı bir yaşam rotası izlerler. Önce erkekler yumurtadan çıkarlar ve hepsi incirin içinde doğmamış dişi kapsüllerin arayışına girerler. Bir tane bulduklarında ise, çiçeğin ovül duvarını çiğneyerek kendilerine bir yol açar ve henüz doğmamış olan dişiyle çiftleşirler. Daha sonra dişi kapsülünden çıkar ve minyatür asma bahçede ilerleyerek kendi macerasına başlar. Bundan sonra gerçekleşenler türe göre az bir miktarda

değişiklik gösterirler. Bunlardan tipik bir tanesi şöyledir. Dişi erkek çiçekleri arar, bunlar sıklıkla incirin girişi yakınlarında bulunurlar. Karanlıkta çalışarak, ön ayakları üzerinde bulunan özel yapılmış polen fırçalarını kullanıp çiçek tozunu sistematik bir şekilde göğsünde bulunan oyukların içerisindeki özel polen ceplerine doldurur.

Polenle kendini doldurmak için bu kadar güçlüklerle katlanması ve özel polen taşıyıcı haznelere sahip olması aydınlatıcıdır. Tozlaştırıcı böceklerin çoğu kendilerini ister istemez polenle kaplanmış bulurlar. Özel yapım polen taşıma aparatları ya da polen yükleme içgüdüleri yoktur. Bal arılarının ise vardır. Ön ayaklarında içi polenle dolduğunda şişen sarı veya kahverengi polen sepetleri vardır. Ancak incir yaban arılarından farklı olarak, bal arıları poleni kendi larvalarını beslemek için taşıyorlardır. İncir yaban arıları poleni beslenme için taşımazlar. İncirleri dölemek şeklindeki tek amaç için özel polen taşıyıcı cepler kullanarak, polenleri kasıtlı olarak üzerlerine alırlar ve bu yaptıkları işin faydasını yalnızca çok dolaylı bir yoldan görürler. İncirler ve polen taşıyıcıları arasındaki bu dostane görünen iş birliği konusunun tamamına daha sonra tekrar döneceğiz.

Dişi, kıymetli polenle yüklü bir şekilde havadar dış dünyaya doğru inciri terk eder. Dışarı tam olarak nasıl çıktığı türden türe göre değişkenlik gösterir. Bazı türlerde, incirin ucundaki küçük oyuk olan “bahçe kapısından” sürünerek çıkar (Resim 10.2). Diğer türlerde, dişilerin ayrılacakları geçidi açmak, erkeklerin dişleriyle incir duvarında bir oyuk kazarak gerçekleştirdikleri bir görevdir ve bu işi düzinelerce erkek iş birliği içinde birlikte çalışarak başarır. Erkeğin yaşamdaki rolü bu noktada sonlanmıştı ama dişinin yaşamının en önemli anı hala önündedir. Hiç alışık olmadığı gökyüzünde uçar, muhtemelen kokuları kullanarak kendi özel benzersiz incir türüne ait bir başka ağacı arar. Arının aradığı incir ağacı da yaşamının çiftleşmeye uygun evresinde bulunmalıdır, yani dişi çiçekleri olgunlaşmış olmalıdır.

Dişi doğru türde bir incir bulunca, uçtaki küçük deliğin yerini saptayarak karanlık iç kısma doğru içinden sürünür.



Resim 10.2

Bahçe kapısı: İncirin girişini gösteren dış kısmı.

Giriş o kadar dardır ki, içeri doğru sıkışarak ilerlemeye çalışırken çoğunlukla kanatları kökünden kopar. İncir deliklerini inceleyen araştırmacılar, bu deliklerin dışının vücudundan kopan kanat, anten ve diğer parçalarla tıkanmış olduğunu görmüştür. İncirin bakış açısından, böylesine rahatsız ve dar bir girişe sahip olmanın avantajı istenmeyen parazitleri uzak tutuyor olmasıdır. Dışının kanatlarının kopmasını göze alarak geçtiği koruma bariyeri muhtemelen onun bakterilerden ve zararlı kirlerden bir miktar arınmasını da sağlıyordur. Yaban arısının açısından, her ne kadar kanatlarının yırtılması acı verici olsa da, zaten onlara bir daha hiç ihtiyacı olmayacaktı ve muhtemelen kapalı bahçenin içinde hareketlerine köstek olacaktı. Kraliçe karıncaların çiftleşme uçuşunu bitirip yerin altına girme aşamasına gelince sıklıkla kendi kanatlarını ısırp kopardıklarını hatırlayın.

İncirin içerisinde, dişi yaban arısı ölmeden önceki son görevini gerçekleştirmeye koyulur ve bu görev iki parçalıdır. İncirin içerisinde ziyaret ettiği dişi çiçeklerin tamamını tozlaştırır ve bazılarına yumurta bırakır. Tamamına yumurta bırakmaz. Eğer bir incirin tüm çiçeklerine yumurta bıraksaydı, o zaman o incir, ağaç için bir üreme organı olmaktan çıkardı çünkü tohumlarının tamamı yaban arısı larvaları tarafından yenirdi. Çiçeklerin idareli kullanılıp bazılarının incir ağacına ayrılması yaban arısının kendi kendine özgeci bir

şekilde¹ kendisini kısıtlaması mıdır? Bu, dikkatle ele alınması gereken bir sorudur. Arıların tarafında, bir tür kendini kısıtlamanın evrilerek ortaya çıkabileceği Darwinci açıdan derli toplu bazı yollar vardır. Ancak kendi çıkarlarını koruyan en azından bazı incir ağacı türleri bulunur ve bunlar bir yaban arısının yumurta bırakmasına izin verilen çiçekleri bir sınıra bağlayarak bu korumayı gerçekleştirirler. Teknikleri oldukça ustalıklıdır ve bu tekniklerden ikisini anlatmak için yaban arılarının normal yaşam döngülerini anlatışıma bir miktar ara vereceğim.

Bazı türlerde incir iki tür dişi çiçek bulundurur: Uzun biçimli ve kısa biçimli. (Biçimden kasıt herhangi bir çiçeğin orta kısmında dikili bir şekilde duran sivri dişi uçtur.) Yaban arısı her iki tür çiçeğe de yumurtalarını bırakmaya çalışır ancak arının yumurtlama borusu uzun biçimli çiçeğin tabanına ulaşamayacak kadar kısa olduğu için vaz geçer ve yoluna devam eder. Ancak kısa biçimli bir çiçekle denk geldiğinde yumurta koyma borusu tabana ulaşır ve bir yumurta bırakır. Uzun ya da kısa biçimli çiçek ayrımı olmayan diğer incir türlerinde, incirin yaban arısı davranışını kontrol metodu daha zalimce olabilir. Yani en azından, Oxford'dan arkadaşım ve Darwin'in en büyük haleflerinden biri olan W. D. Hamilton böyle düşünür. Hamilton, Brezilya'da yaptığı kendi gözlemlerinin ışığında şöyle öne sürer: İncir ağaçları, incir yaban arıları tarafından aşırı istismar edildiklerinde bunu saptayabilirler. Çiçeklerinin tamamına yumurta bırakılmış olan incirler, ağacın bakış açısından işe yaramazdırlar. Böyle bir durumda, yaban arıları oldukça bencil davranmıştır. Altın yumurtlayan kazı öldürmüşlerdir. Daha doğrusu Hamilton'a göre kaz intihar eder. İncir ağacı fazlasıyla istismar edilmiş olan incirini yere düşürerek içerisindeki tüm yaban arısı yumurtalarının yok olmasına neden olur. Bunu bir tür intikam olarak görmek çekici gelir ve bizi insan biçimcilik şüphesinden kurtaracak teorik açıdan derli toplu matematiksel

1 -ed.n. Özgecilik kelimesi için yazarın *Gen Bencildir* kitabındaki açıklamasını kullanırsak: Bir varlık eğer bir başka varlığın refahını kendi refahı pahasına artıracak biçimde davranıyorsa, özgeci olduğu söylenir. Bencil davranış bunun tam tersi etkiye sahiptir.

modeller bulunur. Ancak bu vakada incir ağacının yapmakta olduğu şey intikam almaktan çok, kaybını azaltmaya çalışmaktır. Bir inciri olgunlaştırmak çeşitli kaynaklar gerektirir ve açgözlü yaban arıları tarafından mahvedilmiş bir inciri olgunlaştırmak için kullanılacak kaynaklar israf olacaktır. Bu arada, “intikam” ve “kontrol altında tutma” gibi kelimeleri kullanmaktan korkmadığımız, bu türde stratejik oyun dili bu bölümün tamamında zaman zaman kullanılacaktır. Eğer düzgün bir şekilde kullanılırsa bu dil yerinde olur ve “düzgün” ile kastedilen şeyin sıklıkla matematiksel oyun teorisini kullanmak olduğu ortaya çıkacaktır.

Tipik incir yaban arısının yaşam döngüsüne yeniden dönecek olursak, dişi yaban arımız tıpkı Alice gibi minik bir kapıdan içeriye henüz yeni girmişti, dış dünyayı bir daha asla görmeyecekti ve doğduğu incirden topladığı polenleri çiçeklere dağıtarak onlardan kurtulmaya koyulmuştu. Dişi incir yaban arılarının tozlaştırma davranışı bu işi kasıtlıymış gibi gösteren bir şekle sahiptir. Çoğu tozlaştırıcı böcekte gerçekleştiği üzere, polenlerin kazara üzerinden dökülmelerine izin vermekten çok uzak bir şekilde, bu incir yaban arılarının bazı türlerinin dişileri, onları toplarken gerçekleştirdikleri çaba ve dikkatin aynısını harcayarak kargolarını boşaltırlar. Yine ön ayaklarındaki fırçaları kullanarak sistematik bir şekilde özel yapım ceplerindeki polenleri fırçalarla alır ve bu fırçaları kuvvetli bir biçimde dişi çiçeğin polenleri yakalayacak yüzeyine silkelerler.

Dişi yaban arısı yumurtalarını dişi çiçeklere bıraktığında, yaşam döngüsü hikayemizi sonuna ulaştırmış olur. Kendi hayatı da sona ermiştir. Saklı bahçenin nemli çatlaklarından birine doğru sürünür ve ölür. Ölür ancak yumurtalarına büyük bir doğrulukla yazılmış olan megabaytlarca genetik bilgiyi arkasında bırakır ve döngü bir kez daha baştan başlar.

Anlattığım hikâye birazdan inceleyeceğim aşağı yukarı birkaç detay farkı ile birlikte pek çok incir türü için benzerdir. *Ficus* incir cinsine verilen isimdir ve canlı âlemlerindeki en geniş cinslerden biridir. Aynı zamanda oldukça fazla çeşitliliğe sahip bir cinstir. Bu cinsin içinde, insanlar tarafından yeni-

lebilen iki incir türüne ek olarak, kauçuk ağacı, kutsal banyan ağacı, Buda'nın altında derin düşüncelere daldığı Bo ağacı olan *Ficus religiosa*, çeşitli çalılar, sarmaşıklar ve tropiklerin şeytani "boğucu" incirleri bulunur. Boğucu incirlerin hikâyesi anlatılmaya değerdir. Orman zemini güneş enerjisine açlık çekilen karanlık bir yerdir. Açık gökyüzüne ve güneşe ulaşmak ormandaki her ağacın hedefidir. Ağaç gövdeleri birer yaprak asansörleridir, güneş panellerini, yani yaprakları rakip ağaçların gölgelerinin üzerine çıkarmaya çabalarlar. Çoğu fidan hiçbir zaman ağaç olamayacak, karanlık dehlizlerde boğularak ölecektir. Genç bir fidan, ancak şiddetli rüzgârların ve yılların etkisiyle yetişkin bir ağaç yere yıkıldığında bir şans elde edecektir. Ormanın herhangi bir yerinde böylesine şanslı bir olay yüzyılda bir gerçekleşiyor olabilir. Gerçekleştiğinde ise, güneşe doğru bir hücum başlar. Bölgedeki birçok değişik türe mensup olan tüm fidanlar, üst örtüdeki bu oldukça değerli boşluğu dolduracak ağaç olabilmek için bu ani yarışa katılırlar.

Fakat boğucu incirler kendi şeytani kısa yollarını keşfetmişlerdir (Resim 10.3) ve onların öyküsü *Yaratılış* kitabındaki yılanın öyküsünü gölgede bırakırdı. Bir ağacın ölmesini beklemek yerine, bunu kendileri gerçekleştirirler. Boğucu incir yaşamına bir sarmaşık olarak başlar. Tıpkı bir yaban asması ya da gezici gül gibi, kendisini başka türden bir ağacın etrafına dolar. Fakat yaban asmasından farklı olarak, boğucu incirin sarılma filizleri büyümeye ve güçlenmeye devam eder. Üzerine dolandığı ağaç üzerindeki kavrayışını acımasızca sıkılaştırır, onun büyümesini engeller ve en sonunda boğarak öldürmenin botanik eşdeğerine ulaşır. İncir ağacı o an itibariyle artık belirli bir yüksekliğe ulaşmıştır ve boğulan ağaçtan boşalan ışığı doldurma yarısını, bu yarışa sıfırdan başlayacak rakiplere aldırmadan kolayca kazanır.

Banyan ağacı da bir tür boğucu incirdir fakat fazladan çarpıcı bir özelliğe sahiptir. Konak ağacı boğduktan sonra, hava köklerini etrafa dağıtır ve bu hava kökleri yere değerse normal köklere dönüşür. Köklere dönüşen bu dalların toprak üstünde kalan tarafları da ek ağaç gövdeleri olarak hizmet görür.



Resim 10.3 (a) Boğucu incir; (b) etrafı boğucu incir tarafından sarılmış olan baobab ağacı; (c) karmaşık bir kök gövde sistemiyle banyan ağacı.

Böylelikle tek bir ağaç koca bir ağaçlık haline gelir. 300 metre çapına ulaşabilecek bir koruya dönüşüp, Hindistan'daki orta büyüklükte bir pazara gölgelik sağlayabilir.

İncir hikâyelerini anlatmamın sebebi, kısmen incirle ilgili gerçeklerin Bölüm 1'de bahsettiğim konuşmacının edebiyattan ya da mitolojiden incirle ilgili çıkardığı şeylerden daha

büyüleyici olduğunu göstermek, kısmen de o edebiyatsevere faydalı bir örnek olarak yarar sağlayacak bir şekilde soruları bilimsel yoldan ele almayı göstermekti. Burada oldukça kısa bir şekilde bahsettiğim bilgiler pek çok kişinin uzun süren bir zaman içerisinde oldukça titiz ve sıkı çalışmalarından elde edilmiştir. Bu çalışmalar “bilimsel” olarak adlandırılma şanını hak eden çalışmalardır. Bunun sebebi bu araştırmalarda karmaşık ve pahalı cihazların kullanılmış olması değil, belirli bir düşünme yöntemiyle düzene sokulmuş olmalarıdır. Yaban arısının tozlaştırma hikâyesinin deşifre edilmesi işinin büyük bir kısmı, basitçe incirleri kesip içerisine bakmayı gerektirecekti. Fakat “bakmak” kelimesi fazlasıyla rahat bir izlenim verir. Burada “bakmak” kelimesinden kasıt, pasif bir şekilde bakışlar atmak değil, hesaplamalarda kullanılacak olan sayıları üretecek dikkatle planlanmış kayıt oturumları gerçekleştirmektir. Rastgele bir incir alınıp kesilmez sadece. Çok sayıda incir ağacından, belli yükseklikte bulunan incirler yılın belli dönemlerinde sistematik olarak örneklenir. İçerde kıpırdanan yaban arılarına öylece bakılmakla kalınmaz. Her biri tanımlanır, fotoğraflanır, doğru bir şekilde çizimleri yapılır, sayıları sayılır ve ölçüleri alınır. Bu arılar türlerine, cinsiyetlerine, yaşlarına ve incirdeki yerlerine göre sınıflandırılır. Alınan örnekler uluslararası standartlara göre detaylı olarak karşılaştırılarak teşhis edilecekleri müzelere gönderilir. Ama ölçümler ve sayımlar ayırım gözetmeksizin sırf ölçüm yapmış olmak için gerçekleştirilmezler. Ortaya atılan belli hipotezleri sınamak için kullanılırlar. Ve bu sayımların ve ölçümlerin, oluşturulmuş belli bir hipotezin beklentilerini karşıladığı görüldüğünde, bu sonuçların şans eseri elde edilmiş ve bir anlam taşıyor olabileceklərini kontrol etmek için ayrıntılı hesaplamalar gerçekleştirilir.

Fakat şimdi incir yaban arılarına geri dönelim. Pek çok incir yaban arısı türünde, tüm dişilerin dışarı çıkabilmesi için erkeklerin bir oyuk kazmak üzere iş birliği yaptıklarını söylemiştim. Niçin? Arkadaşları deliği yapacak olduğu halde, neden bir erkek sırtüstü yatıp bu işi diğerlerine bırakmıyor? Bu mikro evrende biyologları sürekli olarak çeken bir bilmece vardır: Özgecilik bilmececi. Uzman olmayan insanlara konu-

yu açıklamaya çalışan biyologlara köstek olan ek bir sorun daha vardır. Bu sorun, yaygın sağduyunun bunu bir sorun olarak *bile* algılamıyor oluşudur. Bu yüzden, biyolog çözümünün maharetinin övgüsüne gelemeden, öncelikle dinleyicisini bunun esasında özel bir çözüm gerektiren bir bilmece olduğuna inandırmakla işe başlamalıdır. Erkek yaban arılarının durumunda, bunun bir bilmece olmasının sebebi şöyledir. Sırtüstü yatıp tüm arkadaşları deliği kazarken onları seyreden erkek, deliği açmak için ona ihtiyaç olmadığından emin bir şekilde, tüm enerjisini dişilerle çiftleşmek için korumuş olurdu. Diğer şeyler eşit olmak koşuluyla, yardım etmeyi reddetmek için olan genler, rakibi olan, oyuk açma işinde iş birliği yapmak için olan genlerin zararına bir şekilde yayılırdı. X genlerinin Y genlerinin zararına olarak yayılacağını söylemek, X'in ayağını kaydırıldığı Y'nin sahneden kaybolacağını söylemekle aynıdır. Elbette Y'nin ortadan kaybolmasının sonucu, hiç oyuk açılmaması ve sonunda tüm erkeklerin zarar görmesi olurdu. Ancak bu, erkeklerin kazmasını ummak için kendi içinde bir sebep değildir. Eğer insan öngörüsüne sahip olsalardı bir sebep olabilirdi ama sahip olmadıklarını varsayarsak, doğal seçim daima kısa vadeli faydaları kayıracaktır. Kalan diğer tüm erkeklerin kazdığı düşünüldüğünde, kısa vadeli faydanın tadını çıkaran, sırt üstü yatıp enerjisini saklayan erkek olacaktır. Bu argümana göre, doğal seçim tarafından gitmeye zorlandığı için kazma faaliyetinin nüfustan yok olması gerekir. Böyle bir şeyin gerçekleşmiyor olduğu gerçeği bizi bir bilmece ile karşı karşıya bırakır. Neyse ki bu, bizim prensipte nasıl çözüleceğini bildiğimiz bir bilmedir.

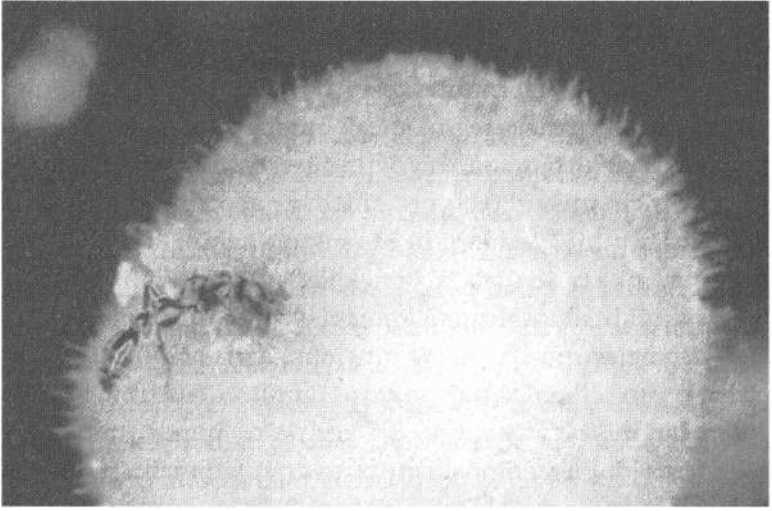
Çözümün bir bölümü akrabalıkta yatıyor olabilir çünkü belirli bir incirdeki erkeklerin tamamı çok büyük olasılıkla kardeştir. Kardeşler aynı genlerin kopyalarını paylaşma eğilimine sahiptir. Bir delik kazmaya katkıda bulunan bir kardeş, sadece kendisinin değil kardeşlerinin de çiftleşmiş olduğu dişilerin dışarı çıkmasını sağlamış olur. İş birliği içinde kazmayı teşvik eden genlerin kopyaları, tüm bu dişilerin bedenleri içerisinde oyuktan dışarı akacaktır. Bu iş birliği yapma genlerinin dünyada varlıklarını sürdürme sebebi budur ve

erkekler arasındaki bu davranışın devam etmesinin iyi bir açıklamasıdır.

Ancak akrabalık muhtemelen cevabın tamamı değildir. Ayrıntılarına girmeyeceğim ancak burada kardeşlikle ilgili olmayan karşılıklı oynanan bir oyun ögesi var ve aynı şey yaban arısı ile incir arasındaki iş birliği için de geçerli. Yaban arıları ile incirlerin hikâyesi keskin bir kokuya sahip. Bu koku, sıkı pazarlık, güven, ihanet ve dönekliğe ayartılmanın bilinçsiz intikam güdüsü tarafından kontrol altında tutulması şeklindeki aromaların birleşimiyle oluşmuş. Aşırı sömürülmüş incirlerin yere düşmesi hakkındaki Hamilton teorisinde bunu zaten bir miktar tatmıştık. Bir kez daha, bunun tamamen bilinçsiz olduğu şeklindeki rutin uyarıyı yapmam gerekiyor. Hikâyenin yarısının aktörü olan incir için bu durum oldukça açık, çünkü hiçbir akli başında insan bitkilerin bilinçli olduğunu düşünmez. Yaban arıları bilinçli olabilirler veya olmayabilirler, ancak bu bölümün amaçları için, yaban arısı stratejisine, şüphe götürmez biçimde bilinçsiz olan bir incir ağacının stratejisiyle aynı şartlara sahip olarak muamele edeceğiz.

Saklı bahçe, küçük böceklerin yararına ekip biçilen bir cennettir ve şaşırtıcı olmayan bir şekilde küçük yaratıklardan oluşan zengin ve kıpır kıpır bir faunaya ev sahipliği yapar. Bu faunanın canlıları, tozlaştırma hizmetleri sayesinde tüm bunları nihayetinde mümkün kılan yaban arıları ile sınırlı değildir. Minyatür kınkanatlı, güve ve sinek larvaları kaynar orada. Akarlar ve küçük kurtçuklar da öyle. Bahçenin kapısının hemen önünde pusu kurmuş, içerideki zengin faunadan yararlanmayı bekleyen avcılar vardır (Resim 10.4).

Gerçek tozlaştırıcılar incirlerin içinde yaşayan tek minyatür yaban arısı değildirler ve “incir yaban arısı” şeklindeki genel isim, içinde başka minyatür yaban arıları da barındırır. Dürüst tozlaştırıcıların uzaktan kuzeni olan ve onlar üzerinden parazit bir yaşam süren asalaklar vardır. Bu parazit arılar, incire üstündeki oyuktan girmek yerine, birer yumurta şeklinde incir duvarından enjekte edilirler. Bu yumurtaları enjekte eden şey, annelerinin eşsiz bir şekilde özelleşmiş yumurtlama boruları olan göz alıcı uzunlukta ve incelikte en-



Resim 10.4 Bir incir yaban arısı olmanın tehlikeleri. Yaban arılarının ortaya çıkmasını bekleyen bir karınca bahçe kapısının dışında pusuya yatmış.

jektörüdür (Resim 10.5). İncirin derinliklerinde, iğnenin ucu gerçek tozlaştırıcı yaban arılarının yumurtalarının bırakılmış olduğu küçük çiçekleri arar. Dişi parazit yaban arısının görünüşü de işlevi de bir sondaj kulesine benzer. İncir duvarı



Resim 10.5 Arkasındaki “Sondaj aletini” incire saplamış olan bir beleşçi dişi arı.

içinden deldiği oyuk, bu böceğin kendi ölçüleriyle kıyaslandığında 30 metrelik bir kuyuya denk gelir. Gerçek incir yaban arıları erkeklerinde olduğu gibi, parazit yaban arıları erkekleri de sıklıkla kanatsız olurlar. Hikâyeyi daha da süsleyecek biçimde, bir de ikinci dereceden parazitler bulunur. Bunlar, “sondaj kulesi” yaban arısının hemen yanında pusu kurmuş, onun işini bitirmesini bekleyen yaban arılarıdır. Sondajcı arı iğnesini çeker çekmez, bu hiperparazit, yani parazitin paraziti, daha gösterişsiz olan kendi yumurtlama borusunu sondaj oyğunun içerisine sokarak kendi yumurtalarını bırakır.

Tozlaştırıcı yaban arıları gibi, çeşitli asalak parazit türlerinin bireyleri de birbirleriyle oldukça karmaşık strateji oyunları oynuyorlardır. Yine bu olay da, karısı Christine ile birlikte Brezilya’da çalışan W. D. Hamilton tarafından araştırılmıştı. Tozlaştırıcılardan farklı olarak, yaban arılarının beleşçi türleri sıklıkla kanatlı dişilere olduğu kadar kanatlı erkeklerle de sahiptirler. Bazı türler tamamen kanatlı erkeklerle, bazı türler tamamen kanatsız erkeklerle ve bazı türler de kanatlı ve kanatsız erkeklerin bir karışımına sahiptirler. Tıpkı tozlaştırıcı türlerde olduğu gibi, kanatsız erkekler doğdukları incirden asla ayrılmazlar, orada savaşıp, orada çiftleşip, orada ölürler. Kanatlı erkekler ise doğdukları incirden uçan dişiler gibidirler, gittikleri incirlerde henüz çiftleşmemiş olan dişilerle çiftleşirler. Yani bir erkek olmanın iki alternatif yolu vardır ve bazı türler bu iki yolun ikisini birden sergilerler. İlginç bir şekilde, bir tür ne kadar nadirse erkeklerinin kanatlı olması o kadar yüksek ihtimaldir ve en yaygın türlerin kanatsız erkeklerle sahip olması daha yüksek ihtimaldir. Bu akla yatkın geliyor çünkü yaygın bir türün erkek bir bireyinin aynı incir içerisinde kendi türünden bir dişi bulma olasılığı oldukça fazladır. Ancak seyrek bulunan türlerden bir erkeğin kendi incirinde kendi türünün tek örneği olması yüksek ihtimaldir. Çiftleşmek için bir dişi bulmaktaki en büyük umudu uçup dişiyi dışarıda aramaktır. Gerçekten de, Hamiltonlar kanatlı erkeklerin doğdukları incirden uçup gidene *kadar* çiftleşmeyi reddettiklerini buldular.

Stratejik bir bakış açısından, biz iki tip erkek bireye birden sahip olan türlerle özellikle ilgileniyoruz. Bu neredeyse üçüncü bir cinsiyet sahibi olmak gibi. Aslında kanatlı erkekler, kanatsız olanlara neredeyse hiç benzemez, dişileri çok daha fazla andırırlar. Gerek dişiler, gerekse kanatlı erkekler bir parça zorlamayla yaban arısı olarak görülebilirler, gerçi çok küçüktürler. Ancak kanatsız erkeklerin görünüş itibariyle yaban arılarıyla uzaktan yakından alakaları yoktur. Birçoğunun ısırgan kısaç çeneleri vardır, bu da onları arkaya doğru giden minyatür kulağakaçanlar gibi gösterir. Bu çeneleri yalnızca savaşmak için kullanıyorlarmış gibi görünürler: Tek dünyaları olan karanlık, nemli ve sessiz bahçelerinde uzunlamasına ve genişlemesine kol gezerken karşılaştıkları diğer erkekleri ölümüne parçalamak ve doğramak için kullanıyorlardır. Profesör Hamilton bize unutulmaz bir tasvir sunar:

Savaşları aynı anda hem şiddetli hem temkinli görünür. “Korkakça” bunu ifade eden kelime olabilirdi, tabi üzerinde biraz düşününceye kadar. İnsan terimleriyle, aralarında dolaplarda ve kovuklarda pusu kurmuş ve elinde bıçakları olan bir düzine kadar manik katilin de bulunduğu birbirleriyle itişip kakışan bir sürü insanla dolu bir karanlık oda dışında bir şeye benzetilemeyecek bir durum için bu kelime adil görünmez. Tek bir ısırık kolaylıkla ölümcül olabilir. Büyük bir *Idarnes* erkeği başka bir tanesini ortasından ısırabilir ama genellikle ölümcül bir ısırık vücutta oldukça küçük bir delikten ibarettir. Küçük bir yarayı felç izler. Bu yara o kadar düzgün ve hızlı bir şekilde açılmıştır ki, akla zehir kullanımını getirir... Eğer karşılıklı ilk ya da ikinci ısırık teşebbüslerinden sonra ciddi bir yaralanma olmamışsa, erkeklerden birisi, belki de bir [ayağını] kaybederek sakatlanmış olanı ya da kendisini bir şekilde yenilmiş hisseden erkek geri çekilir ve saklanmayı dener... Saklanacağı böyle bir pozisyonda, kendisine galip gelmiş olan veya oradan geçecek başka bir erkeğin bacağını çok daha az tehlikeye atılarak ısırabilir... Büyük bir *Fi-*

cus ağacının her bir meyve veriş, muhtemelen birkaç milyon arının bu savaşta ölmesi anlamına gelir.

İki farklı türde erkek bireylere sahip olan bir canlı türü fenomeni hayvanlar âlemi içerisinde bilinmedik bir şey değildir ancak incir beleşçisi yaban arılarının durumundaki kadar belirgin asla olmamıştır. Boynuzsuz erkek alageyikler bulunur ve bunlar boynuzlu rakipleriyle olan rekabette kendilerini üretme konusunda hatırı sayılır bir oyun çıkarıyor gibi görünürler. Bu tür vakalarda neler döndüğü hakkında teorisyenler iki olasılığın farkına varmıştır. Bunlardan birincisi “kötünün iyisi” teorisidir. Bu teori büyük ihtimalle *Centris pallida* adındaki yalnız yaşayan bir arı türü için de geçerlidir. Bu arı türündeki iki tip erkek, “devriye geziciler” ve “havada bekleyiciler” olarak adlandırılırlar. Devriye geziciler büyüktür. Aktif bir şekilde henüz yeraltındaki yuvalarında larvadan çıkmamış olan dişileri ararlar, yuvayı kazar ve yer altında onlarla çiftleşirler. Havada bekleyiciler küçüktürler. Onlar kazmak yerine havada asılı durup devriye gezicilerin yeraltında atlamış oldukları az miktardaki dişinin ortaya çıkmasını beklerler. Kanıtlar devriye gezicilerin havada bekleyenlerden daha iyi iş çıkardıklarının izlenimini verir ama devriye gezme konusunda çok az şansa sahip küçük bir erkek olduğunuz düşünüldüğünde, onun yerine havada bekleyerek kötünün iyisi bir iş çıkarabilirsiniz. Her zaman olduğu gibi bu da genetik bir tercihtir, bilinçli değil.

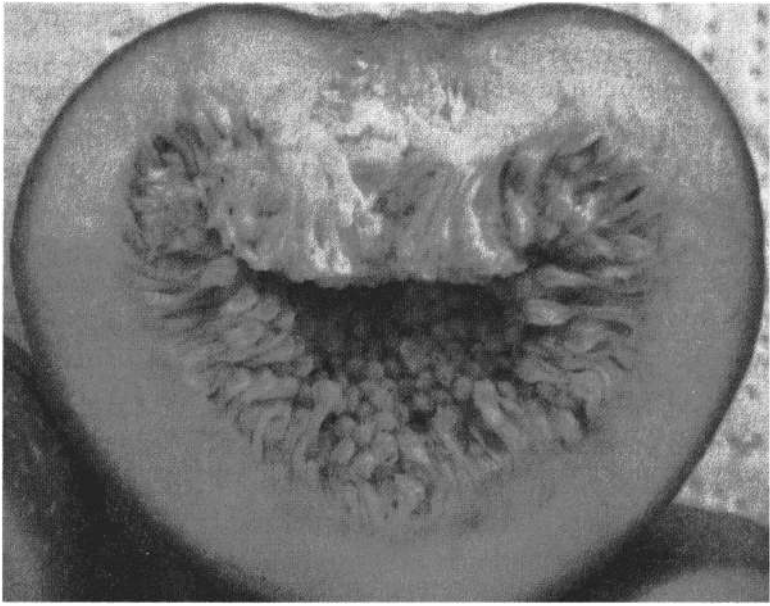
İki farklı tip erkeğin bir tür içerisinde beraber nasıl var olabilecekleri konusundaki ikinci teori de sabit denge teorisidir. Bu teori incir beleşçileri için geçerli olabilecek teori gibi görünür. Buradaki fikir, her iki erkek türünün de nüfusta özel ve dengeli bir oranda var olmaları durumunda eşit derecede başarılı olduklarıdır. Oranı dengede tutan şey şöyledir. Bir erkek daha seyrek olan tipin bir üyesi olduğu zaman, özellikle seyrek olması yüzünden iyi iş çıkarır. Bu yüzden, eğer onun tipinden daha fazla birey doğarsa, seyrek olmaktan çıkarlar. Eğer yaygın tip olacak kadar başarı sağarlarsa, artık diğer tip göreceli olarak daha seyrek olma avantajına sahip olur ve

buna uygun bir şekilde bir kez daha yaygın tip haline gelir. Yani oran bir termostat¹ tarzına çok benzer şekilde dengede tutulur. Hikâyeyi sanki vahşi bir dalgalanma doğuruyormuş gibi anlattım fakat bu dalgalanmanın, termostatik olarak kontrol edilen bir odanın ısısının dalgalanmasından daha fazla olması gerekmiyor. Sabit denge oranının 50-50 olması da gerekmez. Denge oranı ne olursa olsun, doğal seçim sürekli olarak nüfusu bu dengeye doğru iter. Denge oranı, her iki tip erkeğin de eşit derecede başarılı olabildiği orandır.

Peki incir beleşçileri vakasında böyle bir şeyin işleyişi nasıl olabilir? İhtiyacımız olan ilk bilgi, bu parazit türünün dişilerinin başka bir incire geçmeden önce bir incirin içerisine sadece bir ya da iki yumurta bırakıyor olmasıdır (hatırlayacağınız üzere bunu, incirin dışından yumurtlama borularını içeri sokarak yapıyorlardı.) Bunun için iyi sebepler vardır. Eğer bir dişi yumurtalarının tamamını bir incirin içine bıraksaydı, kız ve (kanatsız) erkek yavrularının birbirleriyle çiftleşme olasılığı olurdu ve enstestin kötü bir şey olduğu iyi bilinen bir gerçektir. Çiçekler de aynı sebepten dolayı kendi kendilerini tozlaştırmaktan kaçınırlar. Ne olursa olsun, dişilerin döllerini incirler arasında azar azar dağıttığı bir gerçektir. Bunun bir sonucu olarak, belli sayıda incir şans eseri o türe ait hiç yumurtaya sahip olmayacaktır. Ve hiç erkek yumurtaya sahip olmayan bir kısım ve de hiç dişi yumurtaya sahip olmayan bir kısım incirler de olacaktır.

Şimdi, kanatsız bir erkek yaban arısının yüzleşebileceği ihtimalleri düşünün. Eğer hiç dişi olmayan bir incirde yumurtadan çıkarsa, yapabileceği hiçbir şey yoktur. Bu onun sonudur, tabi genetik olarak. Ama eğer o incirin içinde dişi varsa çiftleşmek için iyi bir şansı vardır, gerçi kendi türünün diğer erkekleriyle rekabet içindedir. Ve bu minicik erkek yaban arılarının hayvanlar âlemindeki en iyi silahlanmış ve en acımasız savaşçılar arasında bulunmasına şaşırmamak gerekir. İçerisinde herhangi bir miktarda kanatsız erkek varsa,

1 -ed.n. Bir termostat mekanizması, etraftaki sıcaklığı ölçen bir algılayıcıya sahiptir ve mekanizma hangi sıcaklığa kurulmuşsa (diyelim ki 25 dereceye) o dereceye ulaşacak şekilde ısıtıcıyı açıp kapatan (soğutucu da olabilir) bir düzendir.



Resim 10.6 “Saklı Bahçe.”

çok az dişi arı, inciri çiftleşmemiş olarak terk eder. Bazı incirler de tesadüf eseri dişi yumurtalar içerecek ama erkek yumurtalar içermeyecektir. Bu dişiler inciri çiftleşmemiş olarak terk edecektir ve onlarla çiftleşebilecek olan erkekler yalnızca dışarıdaki kanatlı erkeklerdir.

Öyleyse, kanatlı erkeklerin işleri, içinde dişi arılar olup da kanatsız erkekler olmayan bir miktar incir varsa yolunda gidecektir sadece. Peki bunun ihtimali nedir? Bu, arıların incirlere kıyasla ne kadar yoğun bir nüfuslarının olduğuna bağlıdır. Ayrıca kanatlı erkeklerin oranına da bağlıdır. Eğer yaban arıları incirlere kıyasla genel olarak seyreklerse, yaban arısı yumurtaları az sayıda ve ender olacaktır ve bu durumda içerisinde sadece dişileri bulunduran en az birkaç incir bulmayı umabilirsiniz. Böylesi bir durumda, kanatlı erkeklerin işleri görelî olarak iyi gidecektir. Şimdi de eğer yaban arısı nüfusu fazlaysa neler olur, ona bakalım. İncirlerin çoğunluğu içlerinde birkaç arı bulunduracaktır ve bunlar büyük ihtimalle her iki cinsiyetten olacaktır. Dişilerin çoğu, inciri terk etmeden

önce içeride kanatsız erkeklerle çiftleşmiş olacaktır ve kanatlı erkeklerin işleri kötü gidecektir.

Hamilton bu hesaplamaları daha detaylı bir şekilde yaptı. İncir başına erkek yumurtalarının ortalama sayısı üç civarından fazlaysa, kanatlı erkekler neredeyse hiç üreyemeyecekti. Bundan daha büyük olan tüm yoğunluklarda, seçim erkekler arasında kanatsızlığı kayıracaktır. Eğer incir başına erkek yumurtalarının *ortalama* sayısı bir ya da daha azsa, bu durumda da kanatsız erkekler kötü iş çıkaracaktır çünkü bu oldukları inciri bırakın bir dişiyle, başka bir yaban arısıyla bile paylaşmayacaklardır. Bu koşullar altında doğal seçim erkekler arasında kanatlılığı kayıracaktır. Orta noktadaki nüfus yoğunluklarında, sabit denge teorisi devreye girer ve doğal seçim nüfustaki kanatlı ve kanatsız erkeklerden oluşan bir çeşitliliği kayırır.

Sabit denge teorisi devreye bir kez girdiğinde, doğal seçim hangi tip erkek azınlıktaysa, ya da daha doğrusu hangi tip erkek kritik sıklıktan daha azsa, o tipi kayırır. Yani kısaca diyebiliriz ki, doğal seçim kritik sıklığı kayırıyor. Kritik sıklığın kendisine gelecek olursak, yaban arılarının incirlere oranla mutlak yoğunluklarına bağlı olarak türden türe değişiklik gösterecektir. Çeşitli yaban arısı/incir yoğunluklarına sahip olan farklı yaban arıları türlerini, farklı termostatik kontrollü odalarımız gibi düşünebiliriz. Her odanın termostatu farklı bir sıcaklığa ayarlanmıştır. Örneğin incir başına ortalama erkek yumurta sayısının yaklaşık üç olduğu türlerde, doğal seçim %90'ının kanatsız erkeklerden oluştuğu bir karışımı kayırır. İncir başına ortalama erkek sayısının iki olduğu türlerde, doğal seçim %80'inin kanatsız erkeklerden oluştuğu bir karışımı kayırır. Hatırlarsanız, bizim burada bahsettiğimiz durum incir başına *ortalama* iki erkektir. Bu, her incirin mutlaka iki erkeğe sahip olacağı anlamına gelmez. Bu ortalama, içinde hiç erkek olmayan, bir erkek olan, iki erkek olan, ikiden fazla erkek olan incirlerin toplamıyla oluşturulmuş bir ortalama değildir. Yüzde 20'lik orana sahip kanatlı erkekler, genetik yaşamlarını, içerisinde iki erkek olan incirlerden sağlamazlar (çünkü bu incirlerin içindeki dişilerin incirden

çıkmadan önce çiftleşecek olması oldukça muhtemeldir), bunun yerine içinde hiç erkek olmayan incirlerden gelen dişilere bel bağlarlar.

Pratikte bu arılar arasında çalışan şeyin kötünün iyisi iş çıkarma teorisi değil de denge teorisi olduğunu gösteren kanıt nedir? İki teori arasındaki anahtar farklılık, ikinci teoride her iki tip erkek yaban arısı için de işlerin eşit oranda iyi gitmesi ama birincisinde böyle bir şey olmamasıdır. Hamilton çifti, denge teorisinde, her iki tip erkeğin de dişilerle çiftleşme konusunda gerçekten de eşit başarıya sahip oldukları izlenimini veren kanıt buldular. On farklı türe baktılar. Tüm türlerde, kanatlı erkeklerin kanatsız erkeklere olan oranının, incirlerini çiftleşmemiş bir vaziyette terk eden dişilerin oranına aşağı yukarı eşit olduğunu buldular. Bu sebeple, incirlerini çiftleşmemiş olarak terk eden dişilerin oranının yüzde 80 olduğu bir türün içerisindeki kanatlı erkeklerin oranı da yüzde 80'di. İncirlerinden çıkmadan çiftleşen dişilerin oranının %70 olduğu bir tür, erkeklerin %70'inin kanatsız olduğu bir türdü. Gerçekten de öyle görünüyor ki, iki tip erkeğin oranları, etraftaki tüm dişilerden eşit olarak yararlanacak olan oran ne olmalıysa tam olarak o oran oluyor. Bu durum, sabit denge teorisinin lehine ve kötünün iyisi teorisinin aleyhinedir. Anlattıklarım bu kadar karmaşık olduğu için üzgünüm, ancak açıklama, incirler dünyasının karmaşıklığına yakışacak bir karmaşıklıkta idi.

Şimdi beleşçi yaban arılarını bırakıp, hakiki ve uzmanlaşmış tozlaştırıcılar olan gerçek incir yaban arılarına geri dönelim. Beleşçilerin pembe dizisinin karmaşık olduğunu düşündüyseniz, bunun için, yani son hikâyem için sıkı durun. Oldukça zor ve karmaşık olan bazı şeyleri elimden gelenin en iyisini yaparak açıklamaya çalışmamdan bir miktar gurur duyuyorum fakat aşağıdakiler beni bu sefer bozguna uğratabilir. Elimden gelenin en iyisini yapmama izin verin ve eğer başarısız olursam, incirleri ve onların partnerleri olan yaban arılarını suçlayın. Ya da, en iyisi, beni de, onları da suçlamayın, bunun yerine evrimsel zamandaki bu karmaşık dansın incelikli harikallığını evrime atfedin. Kitabın bu son sayfala-

rını takip etmek çok büyük çaba istiyor ancak umut ediyorum ki gösterilen bu çabaya değerdir.

Aşağıdaki hikâyenin geçtiği incirler “ikievrekli.” Bunun anlamı, şu ana kadar konuştuğumuz, “birevrekli” ağaçlar gibi hem dişi hem de erkek çiçekler bulunduran tek tip incir yerine, erkek ağaçlar ve dişi ağaçlar var. Dişi ağaçlar, yalnızca dişi çiçekler bulunduran incirler üretiyor. Erkek ağaçlarsa, yalnızca erkek çiçekler bulunduran incirler üretiyor, ancak olay bununla bitmiyor. Bu erkek ağaçlar olarak anılan ağaçlar ayrıca sahte-dişi çiçekler bulunduran incirler üretiyorlar ve bu da yaban arıları için oldukça önemli bir şey. Dişi incirlerdeki gerçek dişi çiçeklerden farklı olarak, erkek incirlerdeki sahte-dişi çiçekler, tozlaştırılırsalar dahi tohum veremiyorlar. Sahte-dişi çiçeklerin yapmakta iyi oldukları şey ise, yaban arısı yavruları için yiyecek sağlamak (bu yüzden arkasında ilginç bir öykü yatıyor) ama bunu yapmak için tozlaştırılmaları gerekiyor. Tamamen dişi olan incirlerdeki doğurgan dişi çiçekler, incir üremesi için hayati önemde olsalar da, yaban arıları için tam bir genetik mezarlıktırlar. Dişi yaban arıları onların içine girerek tozlaştırır fakat yumurtaları içlerinde büyüyemez.

Burada, çeşitli oyuncuların “istekleri” terimleriyle tarif edebileceğimiz zengin bir strateji oyununun unsurlarına sahibiz (“istekler” özel Darwinci bağlamdadır). Hem erkek hem de dişi incirler yaban arılarının kendi içlerine girmelelerini “isterler,” ancak yaban arıları yalnızca erkek incirlerin içine girmek ister çünkü sadece erkek incirlerde yavrularını büyütebilecekleri sahte ama besin sağlayan dişi çiçekler vardır. Erkek ağaç, yaban arılarının gelip incirlerindeki sahte dişi çiçeklerine yumurta bırakmalarını ister çünkü bu yumurtalardan çıkacak arılar kendilerini onun polenleriyle yükleyip dışarı uçacaklardır. Ağacın incirleri içerisinde yumurtadan çıkan erkek yaban arılarına karşı doğrudan bir ilgisi yoktur çünkü erkek yaban arıları polen taşımazlar. Bu şaşırtıcı görünebilir çünkü neticede erkek yaban arıları da yaban arısı ırkının devamı için gereklidir. İleriye bakma ve hareketlerimiz daha büyük sonuçlarını düşünme konusunda tutkulu

olan biz insanlar, aklımızdan doğal seçilimin de ileriye baktığı şeklindeki yanılgıyı atmakta zorlanırız. Bu noktadan başka bir konuyla bağlantılı olarak zaten bahsetmiştim. Eğer doğal seçim uzun vadeyi hesaba katabiliyor olsaydı, hayvanlar ve bitkiler hem kendi ırklarını, hem de kendilerine av olan ve kendilerini tozlaştıran türler gibi başka türlerin nesillerini korumaya uğraşırlardı. Fakat beyne sahip olan insanlardan farklı olarak, doğanın hiçbir öngörüsü yoktur. “Bencil genler” ve kısa vadeli fayda, diğerlerinin gelecekteki iyilik için fedakârlık yaptığı bir dünyada evrimsel olarak her zaman daha iyi iş çıkaracaktır. Eğer bir incir ağacı, sadece dişi yaban arılarını besleyerek işini halletmeyi başarabiliyor olsaydı, arı ırkının korunması için diğer incir ağaçlarının erkek arıları üretmesine bel bağlayarak bunu yapardı. Buradaki nokta, diğer ağaçlar erkek yaban arıları ürettiği sürece, dişi yaban arısı üretimini artırmanın bir yolunu bularak dışarıya aktardığı polenin miktarını arttıran tek bir asi bencil ağacın bir avantaj kazanacağıdır. Nesiller geçtikçe daha fazla ve daha fazla ağaç bencilleşirdi ve hepsi gerekli erkek yaban arısını üreten gittikçe azalan sayıdaki ağaca bel bağlardı. En sonunda, erkek yaban arılarını besleme eğilimi olan son ağaç da ölürdü çünkü yalnızca dişi yaban arısı üreten rakipleri karşısında hala daha kötü bir iş çıkartıyor olurdu.

Talih eseri, incir ağaçlarının kendi incirlerinde besledikleri yaban arılarının cinsiyet oranları üzerinde herhangi bir kontrollerinin olmadığı görünür. Eğer kontrol edebiliyor olsalardı, muhtemelen erkek arılar ortadan kaybolurlardı ve incir yaban arısı ırkı yok olurdu. Sonrasında da incir ağacı ırkının yok olacağı gerçeği oldukça kötüdür. Doğal seçim o kadar ileriye göremez. Ağaçların yaban arısı cinsiyeti oranları üzerinde herhangi bir kontrole sahip olmamalarının nedeni, büyük ihtimalle, kendi cinsiyet oranlarını kontrol etme konusunda yaban arılarının daha ağır basan güçlerinin olmasıdır.

Dişi bir incir ağacı da incirlerinin içerisine dişi yaban arılarının girmesini “ister” (yine özel Darwinci bağlamda), aksi takdirde dişi çiçekleri tozlaştırmayacaktır. Dişi bir yaban arısı

erkek incirlere girmek ister, çünkü larvalarının gelişebilmesi için sahte-dişi çiçekleri bir tek orada bulabilir. Dişi incirlerden tıpkı vebadan kaçınırmış gibi kaçınmak ister çünkü onlardan birine girerse, bu onun genetik ölümü anlamına gelir. Soyu devam etmeyecektir. Daha katı bir tarzda ifade etmek gerekirse, yaban arılarını dişi incirlere girmeye yönlendiren genler sonraki nesillere aktarılmayacaktır. Eğer doğal seçim yalnızca yaban arıları üzerinde işliyor olsaydı, dünya dişi incirlere karşı ayrımcılık yapan ve sahte-dişi yumurta bakım evleri olan erkek incirleri tercih eden yaban arılarıyla dolardı.

Bir kez daha biz insanlar araya girip şöyle söylemek isteriz: “Ama şurası kesin ki yaban arıları kendilerinden bazı sayıda bireylerin dişi incirlere girmesini istemeli çünkü her ne kadar bunlar bireysel yaban arısı genleri için birer genetik mezarlık olsalar da, incir ağacının ırkının devam etmesi için hayati önem taşırlar. Eğer incir ağacı ırkı yok olursa, incir yaban arısı ırkı da kısa süre sonra onları takip eder.” Bu, esasında bir önceki argümanımızın tam bir ayna yansımasıdır. Bazı yaban arıları dişi incirlerin içine girecek kadar aptal ya da özgeci olsa bile, doğal seçim dişi incirlerden kaçınmayı keşfedip yalnızca erkek incirlerin içine giren bencil bireyi kayıracaktır. Yaban arılarındaki bencillik, ırkın devamı konusunda işleyecek herhangi bir popülist ruhlu eğilime tercih edilmeye mahkumdur. Peki o zaman neden incir ağaçları ve incir yaban arıları yok olmuyorlar? Özgecilik ya da öngörü nedeniyle değil, yaban arısı/incir kesrinin her iki tarafındaki benciliğin karşı taraftaki bencil karşı-önemlerle önlendiği için yok olmuyorlar. Dişi yaban arılarını bencil olan şeyi yapıp dişi incirlerden sakınmaktan alıkoyan şey, bu olası bencil yaban arılarının ortaya çıkmasını engellemek için incir ağacının kendisi tarafından alınan önlemdir. Doğal seçim, dişi incirler tarafından geliştirilen ve yaban arılarının aradaki farkı anlayamayacakları şekilde incir üreten aldatıcı taktikleri kayırmıştır.

Yani incirler ile yaban arıları arasındaki oyunumuzda büyüleyici bir simetri bulunur. Her iki tarafın bireyleri için de bencil olma fırsatları vardır. Bu iki bencil güçten herhangi bi-

risi başarılı olabilirse, hem yaban arıları hem de incirler yok olabilirler. Bunu engelleyen şey özgeci kendini sınırlama ya da ekolojik öngörü değildir. Bunun gerçekleşmesini durduran şey, her vakadaki oyunun iki tarafında bulunan oyuncu bireylerin kendilerini ve bencil çıkarlarını korumak için attıkları doğrudan adımlardır. İncir ağaçları ellerinde olsaydı erkek yaban arılarını yok ederlerdi ve bilmeden yaban arılarının ve kendi türlerinin yok oluşunu getirirlerdi. Bu şekilde davranabilmelerini engelleyen şey, hem erkek hem de dişi yaban arıları yetiştirmenin kendi çıkarlarına olduğu yaban arılarıdır. İncir yaban arıları, ellerinde olsaydı dişi incirlere girmezlerdi ve bilmeden hem incir ağaçlarının hem de kendi türlerinin sonunu getirirlerdi. Onların bunu yapmasını engelleyen şey, incirlerin dişi mi yoksa erkek mi olduğunu ayırt etmeyi zor hale getiren ağaçlardır.

Şu ana kadar bahsettiğimiz şeyleri özetlersek, hem erkek hem de dişi incir ağaçlarının yaban arılarını kendilerine doğru ayartmak için ellerinden gelen her şeyi yapacaklarını bekleyebiliriz. Ve dişi yaban arılarının, erkek ve dişi incirler arasındaki ayrımı yapmak ve erkek incirlerin içine girip uğursuz dişi incirlerden uzak durmak için çabalayacaklarını bekleyebiliriz. Unutmayın ki burada “çabalamak” kelimesi, evrimsel zaman içerisinde erkek incirleri yeğlemeyi sağlayan genlere sahip olmak anlamına gelir. Bunu biraz daha büksek, hem erkek hem de dişi incir ağaçlarının *karşı* cins ağaçlara giren yaban arılarını besleme konusunda çıkarları olduğunu da bulabiliriz. Bu zor argümanda, iki İngiliz biyolog tarafından yapılmış mükemmel bir çalışmanın izinden gideceğim. Bu biyologlar modern Darwinciliğin en önde gelen matematik kuramcılarından Alan Grafen ve önde gelen çevre ve böcek bilimci Charles Godfray’dır.

Peki kendi strateji oyunlarını oynamada incir ağaçlarının ellerindeki silahlar nelerdir? Dişi ağaçlar kendi incirlerinin görünüşlerini ve kokularını mümkün olduğu kadar çok erkek incirlere benzetebilirler. Daha önceki bölümlerde de gördüğümüz gibi, taklitçilik canlıların dünyasında yaygın bir olgudur. Sopa böcekleri yenmez sopaları andırırlar ve bu yüzden kuş-

lar tarafından göz ardı edilirler. Yenilebilir pek çok kelebek, tamamen farklı bir türden tadı kötü keleşbeği andırırlar. Kuşlar bu tadı kötü keleşbeklerden kaçınmayı öğrendiklerinden, bu numaracı keleşbekler de kuşların hedefinden çıkarlar. Çeşitli türlerin orkideleri, arıları, sinekleri ya da yaban arılarını taklit eder. Bu türden taklitler doğa bilimcilerle 19. yüzyıldan beri keyif vermiş ve sıklıkla pek çok koleksiyoncuyla, tıpkı o hayvanların muhtemelen kendi yırtıcılarını aldattıkları gibi aldatmıştır. Taklitçilik geçmişte bir anlaşılmazlık objesi olmuş olsa da, günümüzde artık açıktır ki, neredeyse sınırsız mükemmelliğe sahip taklitçilikler doğal seçimle çabucak evrilebilmektedir. Diş incirlerin yaptıkları erkek incir taklitleri kesinlikle beklenilecek şeydir fakat onu izleyen şeyler, en hafif tabiri kullanırsak, daha bulanık şeylerdir ve üzerlerinde daha çok düşünmeyi gerektirirler. Ayrıca erkek incirlerin de zahmete girip, diş incirler gibi görüneceklerini ve kokacaklarını bekleriz. Nedeni ise şöyledir.

Erkek bir ağaç, diş yaban arılarının onun incirlerinin içersine girmesini ve yumurtalarını sahte-diş çiçeklere bırakmasını "ister." Fakat incir bundan ancak yavru diş yaban arıları daha sonra yumurtalarından çıkıp kendilerine biçilen rolü oynadığı sürece kazanç elde eder. Yeni dişilerin kendilerini polenle doldurmaları ve doğdukları inciri terk ettikten sonra en az birkaçının diş bir incirin genetik mezarlığına girip onu tozlaştırması gerekir (böylece arı incirin genlerini çiftleştirmesine rağmen kendininkini çiftleştirmemiş olur). Diş incirlere hiç benzemeyen bir erkek incir, diş yaban arılarının sadece erkek incirlere girip yumurtalarını bırakma hedeflerinde onlara yardım etme konusunda çok başarılı olabilse de, bu incire giren yaban arılarının diş yavruları da aynı eğilimi annelerinden alacaktır. Diş yavru yaban arıları sadece erkek incirlerin peşinde gitmeye dair olan bu eğilimi miras alacaklar ve yumurtadan çıktıkları incirin genlerini yaymakta işe yaramaz (ama kendi genlerini yaymakta başarılı) olacaklardır.

Şimdi de incirleri diş incirlere benzeyen rakip bir erkek ağaç düşünelim. Bu ağacın diş yabanarılarını ayartması

daha zor olacaktır çünkü dişi yabanarıları dişi incirlerden kaçındıkları için bu ağaçtan uzak durmaya çalışacaktır. Ama onun kendine çekmeyi başardığı dişiler, dişi yaban arılarının özel olarak seçilmiş bir alt kümesi olacaktır: Bu dişiler, dişi bir incir gibi görünen bir incirin içerisine girecek kadar budala olan dişiler (kendi bakış açılarından tabi) olmuş olacaktırlardır. Bu yaban arıları, yumurtalarını daha önce de olduğu gibi, sahte-dişi çiçeklere bırakacaktır. Daha önce olduğuyla aynı şekilde, onların dişi yavruları da annelerinin incirler konusundaki eğilimlerini miras alacaktır. Şimdi bu eğilimin ne olacağını bir düşünün. Bu genç yaban arıları, kendi rıza ve istekleriyle *dişi bir incire benzeyen bir incirin* içerisine giren annelerden geldiler ve onların dişi yavruları da onların (kendi açılarından budalaca olan) eğilimlerini aldılar. Onların kızları da dış dünyaya uçacaklar ve içerisine girmek için dişi incirlere benzeyen incirleri arayacaklar. Ve bu arıların önemli bir oranı onları bulacaklar ve böylelikle kendi genlerini öldürecek ama erkek incirin polenini tam da onun istediği yere bırakacaklar. Bu aldatılmış dişiler kendi genlerini çöpe atacak ama polen sepetlerinde başarılı incir genlerini taşıyacaklar ve bu genlerin içinde dişi incirleri taklit eden erkek incir yapma genleri de var. Rakip ağaçlardan gelen, erkek incirlerin dişi incirlerden oldukça farklı gözükmesine neden olan genler de polen sepetlerinde taşınacak. Ancak sepetler dolusu o polenler büyük olasılıkla başka erkek incirlerin genetik mezarlığına atılacak (erkek incirin kendi bakış açısından). Bu yüzden, erkekincirler ve dişi incirler birlikte komplo kurup yaban arılarının onlar arasında ayrımcılık yapmasını zorlaştıracaklardır. Erkek incirler ve dişi incirler birbirlerinden ayırt edilemez olmayı “isteme” konusunda “aynı görüşte olacaktır.”

Einstein'ın bir defasında haykırdığı gibi, Tanrı anlaşılmazdır! Ama eğer dayanabilecekseniz, komplo daha da karmaşılaşıyor. Erkek incirlerin içindeki sahte-dişi çiçeklerin, yaban arısı larvasının ihtiyaç duyduğu yiyeceği sağlaması için tozlaştırılması gerekir. Bu yüzden dişi bir yaban arısının bakış açısından kendisini neden polenle doldurduğunu anla-

mak zor değildir ve dişilerin rastgele polene bulanmak yerine neden özel polen taşıyıcı sepetlere sahip olduklarını anlamak da zor olmaz. Dişi yaban arılarının geleceği polen taşımalarına bağlıdır. Sahte-dişi çiçekleri kendi larvalarına yiyecek yap-sınlar diye kışkırtmaları gerekir. Ancak Grafen ve Godfray bu çarpıcı ilişkinin öteki tarafında hala bir problemimiz olduğuna dikkat çekerler. İncirlere döndüğümüzde bir problem görürüz. Erkek bir incirin içerisindeki sahte-dişi çiçekler, yaban arısı larvalarını beslemeden önce neden tozlaştırılmaya *ihtiyacı duyarlar*? Tozlaştırılmış olup olmadıklarına bakmadan yaban arılarına yiyecek sağlasalar daha basit olmaz mıydı? Erkek incirlerin yaban arısı larvalarını beslemeleri gerekir ki polenlerini alıp dişi incirlere götürebilsinler. Peki ama neden sahte-dişi incirler yiyecek vermeden önce tozlaştırılmakta ısrarcılar?

Daha az mızımız hale gelmiş olan mutant bir erkek ağaç hayal edin, yani tozlaştırma konusunda çok ısrarcı değil ve tozlaştırılmamış dahi olsa yaban arısı larvalarının gelişmesine müsaade eden bir centilmen. Böyle bir mutant ağaç, daha zor beğeniyor görünen rakipleri karşısında daha fazla yavru yaban arısı üreteceği için daha avantajlıymış gibi görünecekti. Bunu bir düşünün. Bazı incirlerin içine, sepetinde bir sebepten dolayı hiç poleni olmayan dişi arılar tarafından girilecektir. Zor beğenen incirde, bu dişiler yumurta bırakabilir ama ortaya çıkacak olan larvalar açlıktan ölecek ve hiç yavru tozlaştırıcı olmayacaktır. Ancak şimdi rakibe, sorun yaratmayan mutant incire bakalım. İçine poleni olmayan bir dişi girdiğinde hiçbir şey fark etmeyecektir. Her şeye rağmen bu arının larvaları yumurtadan çıkıp sağlıklı genç yaban arıları haline gelecektir. Sorun yaratmayan incir daha çok yavru larva üretecek çünkü hem polen taşıyan, hem de polen taşımayan yaban arılarının soylarını besleyecektir. Böylelikle mızımız olmayan erkek incirin, mızımız erkek incir karşısında bir avantajı olacak çünkü yavru dişi yaban arılarından oluşan daha büyük bir ordu onun polenini genetik bir geleceğe doğru taşıyacaktır. Yoksa taşımayacaklar mıdır?

Evet, bu incir rüyası gerçeğe dönüşmeyecektir ve Grafen ve Godfray'ın fark ettiği neredeyse aşırı biçimde birbiri içine dolaşmış kurnazlık işte şöyle. Sorun çıkarmayan incirden vızıldayarak çıkan bu ihtişamlı genç dişi arılar ordusu gerçekten de çok sayıda arı içerecektir. Ancak tıpkı bir önceki argümandaki gibi, bu arılar annelerinin eğilimlerini miras alacaktır. Annelerinin bir miktarının bir defosu vardır. Bunlar polen getirmekte başarısız olmuş veya bir sebepten dolayı larvalarını büyüttükleri çiçeği tozlaştırmayı becerememiş arılardır. Bu fazladan larvaların sebebi de zaten en başta buydu. Ve bu fazladan üretilmiş larvalar da aynı defoyu miras alacaktır. Genellikle üzerlerine polen yüklemeyecek veya başka açılardan kötü tozlaştırmacı olacaklardır. Diğer tarafta ise, zor beğenen erkek incirler içeri giren arıların önüne neredeyse kasıtlı olarak bir deneme sınavı koyuyor gibidirler. Gerçek dişi çiçeğe uygulamaları gereken şeyleri yapıp yapmadıklarını görmek için sahte dişi çiçeği önlerine koyup onları sınıyor gibidirler. Eğer sınavı geçemezlerse, larvalarının gelişmesine izin verilmeyecektir. Erkek incir bu testi uygulayarak, incir genlerini aktarmada başarılı olacak yaban arılarını yapma eğilimi gösteren genleri seçmektedir. Grafen ve Godfray bunu “vekaleten seçim” olarak adlandırırlar. Kitabın birinci bölümünde bahsettiğimiz yapay seçilime bir parça benziyor ama tamamıyla aynı değil. Sahte-dişi çiçekler, gerçek uçakları uçuracak kadar nitelikli olmayan pilot adaylarının elendiği simülatörlere benziyorlar.

Vekaleten seçim yepyeni bir fikir ve daha anlaşılmasa başka sorunlara cevap sağlıyor. İncir genleri ve yaban arısı genleri yerbilimsel zaman boyunca gerçekleşen hızlı bir dansa birbirlerine zincirlenmiş partnerlerdir. Gördüğümüz gibi, çoğu incir türü kendi özel yaban arısı türüne sahiptir. İncirler ve onların yaban arıları, birbirlerinin adımlarına ayak uydurarak ve başka incirlerin ya da yaban arılarının adımlarına ayak uydurmayarak beraber evrilmiştir. Bunun avantajını incirlerin “bakış açılarından” görmüştük. Onların kendilerine özel tozlaştırmacı yaban arısı türleri nihai sihirli mermidir. Sadece ve sadece tek bir yaban arısı türünü yetiştirerek polenlerini

yalnızca kendi türlerinden olan dişilere yönlendiriyorlardır. Eğer aynı yaban arısı türlerini paylaşıyor olsalardı, yaban arısı tüm incir türlerini ziyaret edeceği için polen israfı yapılmış olacaktı. Tek bir incir türüne böylesine bir sadakatle bağlı olmanın yaban arısı için de yararı var mı yok mu sorusunun cevabı daha bulanık ama muhtemelen başka seçenekleri yok. İçine girmemize gerek olmayan bazı sebeplerden dolayı, türler zaman zaman farklı iki türe ayrılarak birbirlerinden uzaklaşacak şekilde evrilirler. İncir ağaçlarının durumunda, evrimsel zamanda birbirlerinden uzaklaştıkları zaman, incirler, yaban arılarının incirleri tanıdıkları kimyasal şifreleri ve belki küçük çiçeklerinin derinlikleri gibi kilit-anahtar detaylarını da değiştirebilirler. Yaban arısı türleri bu değişimleri takip etmeye zorlanırlar. Örneğin birlikte evrilmenin incir (kilit) tarafında aşamalı olarak derinleşen çiçekler, birlikte evrilmenin yaban arısı (anahtar) tarafında kademeli olarak uzayan yumurta borularını dayatırlar.

Şimdi de Grafen ve Godfrey tarafından fark edilen özel problem geliyor. Kilit ve anahtar benzetmesini genişletelim. İncir türleri kilitlerini değiştirerek uzaklara evriliyorlar ve yaban arıları da bu değişikliği anahtarlarıyla takip ediyorlar. Atasal orkideler, arı orkidelerine, sinek orkidelerine ve yaban arısı orkidelerine dallandıklarında buna benzer bir şey gerçekleşmiş olmalıdır. Ancak orada birlikte evrilmenin nasıl gerçekleştiğini görmek kolaydır. İncirler ise çok özel bir problem ortaya çıkartırlar ve bu problem kitapta ele alacağım son problem. Eğer hikâye alışıldık birlikte evrilme planına göre ilerlemişse, aşağıdaki gibi bir şey görmeyi beklemeliyiz. Örneğin dişi incirlerde daha derin çiçekler için olan genler seçilirdi. Bu durum yaban arıları arasında daha uzun yumurtlama borusu lehine bir seçim baskısı oluştururdu. Ancak bu incirlerin garip şartları sebebiyle birlikte evrilmenin normal öyküsü işe yarayamaz. Genleri aktaran tek dişi çiçekler, erkek incirlerdeki sahte-dişi çiçekler değil, dişi incirlerdeki gerçek çiçeklerdir. Ancak genleri aktaran tek dişi yaban arıları, yumurtalarını gerçek dişi çiçeklere bırakan yaban arıları değil, sahte-dişi çiçeklere bırakan yaban arılarıdır. Bu yüzden, bir

şekilde uzun yumurtlama borularına sahip olmuş ve uzun dişi çiçeklerin dibine ulaşmayı başarmış olan yaban arısı bireyleri, daha uzun yumurtlama boruları için olan genleri sonraki nesle aktarmayacaktır. Uzun yumurtlama boruları sahte dişi çiçeklerin dibine ulaşan arı bireyleri kendi genlerini bir sonraki nesle geçirecektir. Ancak burada uzun çiçekler yapmak için olan genler aktarılmayacaktır. Karşımızda bir bilmece bulunur.

Bir kez daha, cevap (pilotlar için olan gerçekçi simülatörler gibi olan) vekaleten seçimde yatıyor gibi görünüyor. Erkek incirler, dışarıya saldıkları yaban arılarının gerçek dişi incirleri tozlaştırmada iyi olmalarını “istiyorlar.” Bu yüzden, bizim varsayımsal örneğimizde, onların uzun yumurtlama borularına sahip olmalarını isteyeceklerdir. Erkek bir incir için bunu garantilemenin en iyi yolu, sahte-dişi çiçeklerine yumurta bırakmak için sadece uzun yumurtlama borularına sahip olan annelere izin vermektir. Bu düşüncüyü bu belli örnek üzerinden açıklamak, onu oldukça fazla maksatlı gösterme riski taşıyor, yani sanki erkek incirler dişi çiçeklerin derin olduğunu “biliyorlarmış” gibi anlaşıyor. Ancak doğal seçim bunu otomatik olarak gerçekleştirecektir, sahte dişi çiçekleri, gerçek dişi çiçeklere (derinlik de dahil) her açıdan benzeyen erkek incirleri kayırarak bunu yapacaktır.

İncirler ve incir yaban arıları evrimsel başarının yüksek bir noktasında, yani Olasılıksızlık Dağının dikkate değer bir doruğunda dururlar. Aralarındaki ilişki neredeyse komik bir şekilde dolaşık ve anlaşılması güçtür. Bu ilişki, kasıtlı, bilinçli, sinsi ve hilekâr bir çıkar hesabı dilinde yorumlanmak için çılgınlık atar adeta. Ancak ona, herhangi bir tür kasıtlılığın mutlak yokluğunda, herhangi bir tür zekâ veya beyin gücü olmaksızın ulaşılmıştır. Bu nokta, oyuncuların bir tarafta küçücük beyne sahip küçücük arılar ve diğer tarafta da beyni bile olmayan bir ağaç olması ile daha da çarpıcı bir şekilde gösteriliyor. Bunların hepsi, eğer tamamıyla gözlerimizin önünde olmasaydı inanamayacağımız bir çetrefilli kusursuzluğa sahip olan bilinçsiz bir Darwinci ince ayarın ürünüdürler. Maliyetler ve faydalar bir şekilde sürekli olarak hesaplanmaktadır,

ya da daha doğrusu milyonlarca maliyet fayda hesaplanması aynı anda paralel olarak gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalar, tahminimce, en güçlü bilgisayarlarımızla bile ulaşmayı umamayacağımız bir karmaşıklıkta dırlar. Ancak bu hesaplamaları yöneten “bilgisayar” elektronik bileşenlerden yapılmamıştır, hatta sinirsel bileşenleri bile yoktur. Uzayda belirli bir yerde bulunan bir şey değildir. O bir otomatik ve dağıtılmış bilgisayardır. Veri bitleri, DNA kodunda depolanmış üreme süreçleri yoluyla milyonlarca bireyin vücuduna yayılmıştır ve bunlar bedenden bedene mekik dokumaktadır.

Oxford’lu ünlü fizyolog Sör Charles Sherrington ünlü bir paragrafta beyni büyüğü bir dokuma tezgâhına benzetmiştir:

Sanki Samanyolu bir çeşit kozmik dansa başladı. Aniden beyin büyüğü bir dokuma tezgâhına dönüşüyor, milyonlarca parlayan mekik orada birbirine karışan bir motif dokuyor, hep manidar bir motif, ancak asla baki değil; alt motiflerin hareketli bir ahengini örüp duruyor.

Tasarlanmış nesneleri dünyaya getiren şey, sinir sistemlerinin ve beyinlerin ortaya çıkmasıydı. Sinir sistemlerinin kendileri ve tüm tasarımvari nesneler de daha eski ve daha yavaş bir kozmik dansın ürünleridirler. Sherrington’ın vizyonu onun 20. yüzyılın ilk yarısında en önde gelen sinir sistemi araştırmacılarından birisi olmasına yardım etti. Ona paralel bir vizyon ödünç almak işimize yarayabilir. Evrim, hareketli DNA kodlarının büyüğü dokuma tezgâhıdır. Bu kodların fani motifleri, yerbilimsel derin zaman boyunca partnerlerini dans ettirdikçe, atasal bilginin, yani atasal dünyaların dijital kodlu tasvirinin ve onların içerisinde hayatta kalmanın ne bedeller ödettiğinin geniş bir veri tabanını örmektedir.

Ancak bu, başka bir kitapta ele alınmayı beklemesi gereken bir düşünce treni. Bu kitaptan çıkarılacak esas ders, evrimsel zirvelere hızla ulaşamayacağıdır. Yavaş, aşamalı, adım adım ilerleyen bir yol bulunabildiği sürece, en zor problemler bile çözüme kavuşturulabilir, en dik yükseklikler bile tırmanılabilir. Olasılıksızlık Dağına hücum edilemez. Her zaman yavaş olmasa da, kademeli bir şekilde tırmanılmalıdır.

TEŞEKKÜRLER

Bu kitap, BBC tarafından *Evrende Büyümek* genel başlığı altında yayınlanan Kraliyet Enstitüsü Noel Konferanslarındaki konuşmamdan doğarak büyüdü. Bu başlıktan vazgeçmek zorunda kaldım çünkü o zamandan beri neredeyse aynı isimli en az üç kitap ortaya çıktı. Üstelik kitabımın kendisi de büyüdü ve değişti, dolayısıyla ona hala Noel Konferanslarının kitabı demek adil olmaz. Yine de beni, Michael Faraday'a kadar uzanan Noel Konferansçılarının tarihsel soyuna katılma davetiyle onurlandırdığı için Kraliyet Enstitüsü Başkanına teşekkür etmek isterim. Kraliyet Enstitüsünden Bryson Gore, Inca Television'dan William Woollard ve Richard Melman konferansları çokça etkiledi ve onların etkilerinin izleri bu oldukça dönüşüm geçiren ve genişleyen kitapta hala bulunabilir.

Michael Rodgers burada yayınlanandan daha fazla sayıda bölümün ilk taslaklarını okudu ve yapıcı bir şekilde eleştirdi ve tüm kitap tekrar kurgulanırken ayrıntılı tavsiyelerde bulundu. Fritz Volltrah ve Peter Fuchs Bölüm 2'yi uzman gözüyle okurken, Michael Land ve Dan Nilsson aynısını Bölüm 5 için yaptılar. Bu dört uzman ben talep ettikçe bilgilerini cömertçe paylaştı. Mark Ridley, Matt Ridley, Charles Simonyi ve Lalla Ward Dawkins kitabın tamamını bir son taslakta okudular ve faydalı eleştirilerde bulunup, gerekli oranlarda cesaretlendirme sağladılar. W .W. Norton'dan Mary Cunnane ve Viking Penguin'den Ravi Mirchandani, kitap büyüyüp, kendine ait bir hayat edinirken ve nihayetinde tekrar daha idare edilebilir kapsama daralırken cömert bir anlayış ve yüce gönüllü bir muhakeme sergilediler. John Brockman hiç müdahale etmeden ama destek için hep hazır bulunarak arka planda yüreklendirici bir şekilde gizlendi. Bilgisayar uzmanları

birer kahramandırlar ve sıklıkla bu kahramanlardan hiç kim-
senin haberi olmaz. Bu kitapta Peter Fuchs, Thiemo Krink ve
Sam Zschokke'nin programlarını kullandım. Ted Kaehler zor
Eklembeçimler programını tasarlama ve programlama işinde
benimle iş birliği yaptı. Kendi “kör saatçi” programlarımda
sıklıkla Alan Grafen ve Alun ap Rhisiart'ın tavsiye ve yar-
dımlarından faydalandım. Oxford'daki Üniversite Müzesinin
Hayvanbilimi ve Böcekbilimi Koleksiyonlarının çalışanları
numuneler ve uzman tavsiyeleri verdiler. Josine Meijer istekli
ve becerikli bir resim araştırmacısıydı. Eşim Lalla Ward Daw-
kins çizimleri yaptı ve Darwinci Yaradılışa olan aşkı her bi-
rinden ısıldıyor.

Charles Simonyi'ye, sadece şu anda Oxford'da başkanı ol-
duğum Bilimin Halkça Anlaşılması kürsüsünü başışlarkenki
muazzam cömertliği için değil, bilimi daha geniş bir kesime
açıklama hünerine dair vizyonunu (ki benimkiyle tamamen
örtüşüyor) ayrıntılı olarak açıkladığı için de teşekkür ederim.
Bu vizyonu burada tekrarlamaya değerdir:

Aşağılamayın. Herkese bilimin şiirselliğiyle ilham ver-
meye çalışın ve açıklamalarınızı dürüstlüğü el verdiği
ölçüde basit tutun, ama aynı zamanda zor olanı ihmal
etmeyin. Anlamak için sizinkine eşdeğer ölçüde çaba
harcamaya hazır olan okurlara açıklama yapmak için
ekstra çaba harcayın.

KAYNAKÇA

Kitabın güncellenmiş kaynakça kısmına şu adresten
ulaşabilirsiniz: www.kuzeyyayinlari.com/files/odt_biblio.pdf

Yedi sayfa tutacak bu kısma çok az kişi başvuracağından
kağıt tasarrufu ile doğayı koruma amacıyla bu kaynakça
internet sitemizde sunulmaktadır

DİZİN

A

- Adams, Douglas 306
AğÖrücü (NetSpinner) programı 80
akondroplazi (cücelik) 126
antenbacaklılık 300
Asimov, Isaac 102
azalan verimler yasası 184

B

- bahçıvan karıncalar 315
bakteriler 341
Bauplan 274
bilgisayar balıkları 91
Boeing 747 argümanı 98, 130
bölütlenme 287

Ç

- çekic, örs ve üzengi 119

D

- Darwin, Charles 99, 176, 239, 319
Darwin, Emma 176
deme, nüfus bölgesi 84
Dennett, Daniel 243
derisidikenliler 285
diyatamlar 279
DNA 319
 lokus 234
dünya dışı yaşam 338
düzenli karmaşıklık 119

E

- Eberhard, William 180
eğimli geçiş (gradyan) 296
Einstein maskesi 37
Eklembacaklılar 287
Eksiksiz Talimat Eşleme Programı (ETEP)
 330
Eldredge, Niles 136
embriyoloji 269
et yiyen bitki 25

F

- fil hortumunun evrimi 123
Fisher, R. A. 103, 134, 172
foton ekonomisi 181
Fuchs, Peter 79, 83
Fuller, Buckminster 282

G

- Gaia* 319
Gehring, Walter 233
Geleceği Parlak Ucube teorisi 127
gigateknoloji 348
Godfray, Charles 379
Goldschmidt, Richard 127
Gotts, Nick 79

Gould, Stephen 136

göz 175

- bileşik göz 221
 fiber-optik ışık kılavuzları 228
 ommatidyum 222
 üstüdüşüm 229
 çubuk hücreleri 214
 eğimli ayna göz 215
 fovea 214
 göz bebeği 208
 ışık hücresi 183
 iğne deliği göz 189
 kâse göz 186
 koni hücreleri 214
 mercek 192
 kademeli indisli 200
 karmaşık 200
 Kepler teleskopu 230
 optik sinir 213
 tapetum 219

Grafen, Alan 79

Grandgird 14

H

- Haeckel, Ernst 278
Haldane, J. B. S. 172
Halley kuyruklu yıldızı 181
halterler 289
Hamilton, W. D. 361, 369, 375
Hardy, Alistair 216
Hareketizleyici programı 79
hava planktonu 144
hayvanlarda taklitçilik 18
Hemoglobin Sayısı 102
Herschel, John 99
hiperparazit 369
Hoyle, Fred 97, 130

I

ısı (termal) akımları 163

Işınlılar 281

ışınsal 65

İ

immünoglobulin molekülü 352
incir

 boğucu incir 363

 incirin hikâyesi 355

indirgemecilik 274

iyi bir yakınsama 139

J

jeot 23

K

Kaehler, Ted 296

kaleydoskop 270
 kaleydoskopik embriyoloji 271
 kanser 349
 karınca aslanı 28
 Karman Çorman Yasası 100
 Kartezyen oval 217
 Kennedy, John 16
 kesintili denge teorisi 135
 Kettlewell, Bernard 114
 kırılma indisi 194
 kırınım 190
 kolugo 150
 kök hücreler 347
 Kör Saatçi biyobiçimleri 44
 Krink, Thiemo 79, 83
 küresel sapma 102
L
 Land, Michael 214, 216, 237
 Latince tür isimleri 62
 Lawrence, David Herbert 13
 Lucy, *Australopithecus afarensis* 356
M
 medüzler 284
 Meinhardt, Hans 265
 metazoa kütleleri 344
 mitokondri 183
 Morötesi Bahçe 309
 mutasyon 104, 271
 Boeing 747 makro mutasyonları 125
 DC8 makro mutasyonları 125, 130
 homeotik mutasyonlar 297
 makro mutasyon 125, 135, 301
 mutasyoncu gen 109
N
 nanoteknoloji 349
 nektar 308
 Nilsson, Dan 238
O
 Olasılıksızlık Dağı 95
 orman üstü örtüsü 148
 oyun teorisi 362
Ö
 ökaryotik hücre 343, 344
 ön-uyumlanma (pre-adaptasyon) 123
 örümcek
 bola örümceği 77
 merdiven ağlar 73
 Pasilobus üçgen ağ 76
 sıçrayan örümcek 215
 özgecilik 361
P
 Pennycuick, Colin 163
 polen 308

R
 Raup, David 245
 Raup'un küpü 251
 renksel sapma 102
 Rhisiart, Alun ap 79
 robot 335
 Rushmore Dağı 13
 Anıtı 17
S
 sarmal
 Arşimet sarmalı 246
 Logaritmik 246
 seçici üretme 42
 seçim baskısı 241
 simetri 271
 dönel 279
 ışınsal 277
 sinekler 289
 Smith, John Maynard 123
 Spirula 263
T
 tagma 293
 tardigrad 343
 tasarımvari 18
 taşılabilim (paleontoloji) 245
 taş sinekleri 173
 temel vücut planı 273
 termit 20
 tesadüf ve tasarım 18
 Thompson, D'Arcy Wentworth 245
 Thomson, William (Lord Kelvin) 99
 Turing, Alan 335
U
 uçan balıklar 154
Ü
 üstel büyüme 340
V
 Vermeij, Geerat 262
 virüsler 320
 volvoks 343
 Von Neumann, John 334
 Von Neumann makinası 335
W
 Wickramasinghe, Chandra 98
 Wright, Sewall 171
Y
 yakınsak evrim 33
 yaratılış öyküsü 14
 yaşamın başlangıcı 339
 Yehova Şahitleri 100
Z
 Zschokke, Sam 79

OKUYUCU YORUMLARI

Kitabın Türkiye'deki yayıncısı olarak, Amazon.com alışveriş sitesinde *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak* için yapılmış ve diğer okurlar tarafından en beğenilen ilk 5 yorumu da çok ilginç bulacağınızı düşündüğümüz için alıntılıyıp çevirdik. İngilizce bilmeyen okurların bu yorumları okuma şansı bulunmuyordu. (Yorumlar beğenilme sırasına göre verildi ve buradaki yorumcular siteden bu kitabı aldığı onaylanmış insanlar.)

Her zaman daha fazla şey vardır...

artgolfer, 13 Ağustos 2018, 5 yıldız üzerinden 5

... evrim hakkında öğrenilecek. Evrimin geçmişte nasıl işlediğinin ve hala nasıl işlemeye devam ettiğinin detayları hayret verici. Ve Richard Dawkins bu şeyleri muhteşem bir şekilde anlatıyor. Kitabı "dikkatle okumanız" gerektiği doğru çünkü içindeki konular kolaylıkla anlaşılacak şeyler değil ama derinlere inmeye ve çabalamaya istekliyseniz, yolculuk son derece şatafatlı.



Evet, Evrim Karmaşık Yapılar İnşa Eder!

F Sabella, 3 Şubat 2012, 5 yıldız üzerinden 4

Karmaşık biyolojik yapıların evrimle nasıl gelişebileceğini öğrenmekle ilgileniyorsanız bu kitabı okumalısınız.

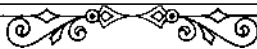
Evrin kavramını çevreleyen güçlü duygular göz önüne alındığında, bu kitap için bir yorum yazmak bir sürü tehlike barındırıyor. Diğer yorumları okuduğum kadarıyla, şaşırtıcı

olmayan bir şekilde, iki zıt kutba bölünmüşler: Dawkins (ve evrim) taraftarları ve Dawkins karşıtları (ve bunlar muhtemelen evrime kuşkuyla yaklaşıyorlar veya tamamen karşılar.) Bazı yorumların hararetinden oldukça etkilendim ve bu yüzden Dawkins'in anlatmak istediği noktaları aktarmakta başarılı olduğumu düşünüyorum. Bunun gibi bir kitap okumakla ilgili bir problem, içindeki evrim taraftarı görüşü göz ardı etmeden onu okumanın gerçekten imkânsız oluşudur. Bence bu kitaptaki fikirler değerlendirilirken duygusal tepkiler bir tarafa bırakılmalıdır. Dawkins'in gerçekte söylediği tek şey, evrimsel sürecin bir kanat veya gözle ortaya çıkması için bir tasarım veya kutsal müdahale gerekmediğidir. Bu tip biyolojik yapıların uzun bir süre boyunca yaşanmış evrimsel süreçlerin sonucu olarak gelişebileceğini ve gerçekte de gelişmiş olduğunu tartışıyor ve görüşlerini desteklemek için birçok örnek gösteriyor. Bu örnekler oldukça ilginçler ve çeşitli konular için ayrı ayrı sunuluyorlar. Dawkins bundan daha fazla detaya inemezdi çünkü bunu yapması kitabı çok daha kalınlaştırırdı. Ancak bilimi basitleştirerek bu şekilde sunuşu, kitabının daha ciddi bilim yazılarının derinliğine sahip olmaması eleştirisine yol açabilir.

Ben bu kitabın önemli olduğunu düşünüyorum çünkü evrimin arkasındaki bilimi tartışmak için bir temel inşa ediyor. Dawkins istese bile bu kitabı (ve diğer kitaplarını) yaradılışçıların efsaneleri temel alan teorilerine üstü kapalı bir karşıtlık olmadan yazamazdı çünkü evrimi destekleyici herhangi bir ifade, zorunlu olarak dinin içindeki birçok kavrama karşı şeyler söylemek demektir. Bu yüzden bu kitap birçok insanı rahatsız edecek. Ancak ne olursa olsun Dawkins'in görüşleri sağlam mantığa dayanıyor ve görüşlerinin her biri Akıllı Tasarım ve diğer efsane tabanlı yaradılışçı teorilerini püskürtecek kadar kuvvetli. Eğer yaradılışçıları dürtüp durmak yerine sadece bilime bağlı kalmış olsa, görüşlerini daha da kuvvetlendirmiş olabilirdi ama bunlar onun fikirleri ve ben de onları muhteşem buluyorum.

Bu kitabı öneriyorum çünkü evrimin gerçekten de karmaşık yapıları geliştirecek şekilde çalıştığını ortaya koymak için

bazı büyüleyici biyoloji örnekleri sunan zeki bir evrimsel biyolog tarafından yazılmış.



Yine Muhteşem Bir Kitap!

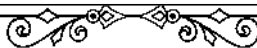
Hassan, 25 Kasım 2012, 5 yıldız üzerinden 5

Dawkins harikulade bir zihne ve karmaşık bir konuyu daha basit bir hale getirme konusunda inanılmaz bir yeteneğe sahip. Evrim yüksek kayalıklardan tırmanmaz, Olasılıksızlık Dağının zirvelerine giden yolda küçük adımlarla ilerler. Bir göz bir Yaratıcı olmadan adım adım evrilebilir. Her türlü yaşam biçimi Olasılıksızlık Dağının hafif yokuşlu kademeli yolunda ilerleyerek akıllara durgunluk veren bir karmaşıklığa ulaşabilir ve yine de herhangi bir Tanrıya ihtiyacı olmaz.

“...ve bu gezegen sabit yerçekimi yasası uyarınca dönmeyle devam ederken, böylesine basit bir başlangıçtan en güzel ve en şahane sayısız form evrimleşti ve evrimleşmekte.”

Charles Darwin

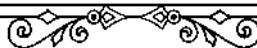
Ve bu kitap sizi yaşamın karmaşıklığı içinden adım adım geçirerek, herhangi bir Tasarımcıya ihtiyaç duymadan Olasılıksızlık Dağının tepesine çıkartıyor.



Kör Saatçi kitabının ilginç bir takipçisi

Garrett Mccutcheon, 14 Mart 2015, 5 yıldız üzerinden 5

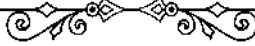
Dawkins bir kez daha iş başındaki evrimin harikulade açıklamalarını ve örneklerini net bir şekilde sunmak için yeteneğini kullanıyor. Bu kitap *Kör Saatçi*'nin tamamlayıcısı olarak görülebilir ve Dawkins o kitabı okuyan bazı okuyucuların akıllarında kalmış olabilecek bazı soruları cevaplamaya çalışıyor.



Önemli ve iyi ifade edilmiş bir kitap

Charles J. Dubats, 9 Ocak 2014, 5 yıldız üzerinden 5

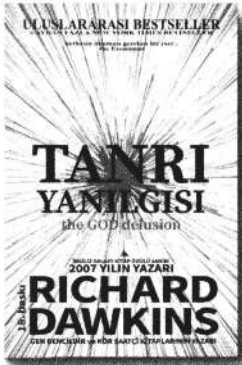
Gen Bencildir gibi, bu kitap da önemli tezleri ilk birkaç bölümde zarif bir şekilde okuyucuya sunuyor. Kitabın geri kalan kısmı, çoğunlukla bir yaradılışçıyla tartışmak istediğinizde işinize yarayabilecek detayları ve nüansları veriyor. Eğer bir yaradılışçıyla dikkatli bir tartışma¹ yapmak isterseniz, bu kitabın profesyonel yardımını hemen almalısınız.



1 -ed.n. Kitabın editörü olarak bu konuda dikkatli olmanızı tavsiye ederim çünkü inançlarına aykırı olduğu için evrimi şeytan işi olarak gören insanların beyinleri kanıtlara ve gerçeklere aldırmamaları konusunda çocukluk beyin yıkamasına uğramış olabilir ve ülkemiz sizin de bildiğiniz üzere ifade özgürlüğü konusunda çiçekli bir bahçe değildir.

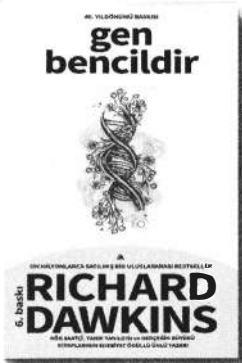
Bu muhteşem kitap bitti, şimdi ne okuyabilirim?

ciltli baskısı da satışta



DÜNYA ÇAPINDA ON MİLYONLARCA
SATAN BİR ULUSLARARASI BESTSELLER
ve
YAYINLANDIĞI GÜNDEN İTİBAREN HİÇBİR
ZAMAN GÜNDEMDE DÜŞMEYEN BİR
FENOMEN
Türkiye'de 18. baskısı ile, dünyada
onmilyonlarca satışı ile, bir bilim
insanından dinlere yapılmış en
büyük atak.

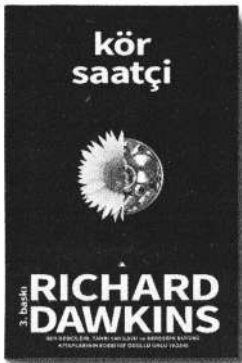
ciltli baskısı da satışta



DÜNYA ÇAPINDA ON
MİLYONLARCA SATILMIŞ BİR
ULUSLARARASI
BESTSELLER ve GÜNCELLİĞİNİ
HALA KORUYAN BİR KLASİK

Yeniden çevrilmiş 40. yıldönümü
baskısı.

ciltli baskısı da satışta



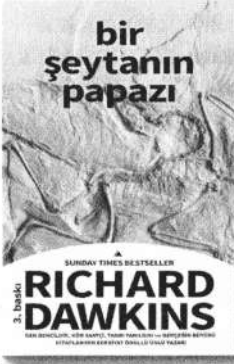
Bu ünlü kitap yeniden çevrilmiş
30. yıldönümü baskısıyla satışta.

“Nefis bir kitap, orijinal ve hayat
dolu, evrimin ayrıntılarını
coşkun bir berraklıkla açıklıyor,
her yerinde yaratılışçı mağara
adamlarını cevaplıyor.”

— Isaac Asimov

Diğer kitaplarımız için lütfen sitemize bakın: www.kuzeyyayinlari.com

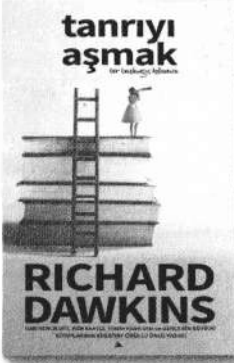
Bu muhteşem kitap bitti, şimdi ne okuyabilirim?



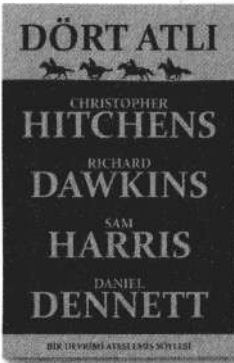
“Dawkins sıkmadan ve muhteşem bir şekilde bilimden büyük zevk aldırıyor. Eğer onun için kutsal olan bir şey varsa o da gerçek ve gerçeğe giden sabırlı yoldur... Mükemmel bir yazar, mantığın mükemmel bir avukatı ve bitmek tükenmek bilmeyen bir bilgilendirici kaynak.”

— *New Republic*

ciltli baskısı da satışta



Ünlü yazarın kaleminden keyifle okunan yeni bir mantık saldırısı. Yazar dinlerin kökeninden başlayıp insanları dine sürükleyen etkenleri ele alarak, sürükleyici bir yazım tarzıyla yeni bir ikna turuna çıkıyor.



Çağımızın en ünlü dört ateisti olan Hitchens, Dawkins, Harris ve Dennett'in kendi ağızlarından dine ve bilimin ona verdiği cevaba dair fikirlerini içeren bu kitap, Yeni Ateizm olarak bilinen bir hareketin kurucu sohbeti olarak biliniyor.

Diğer kitaplarımız için lütfen sitemize bakın: www.kuzeyyayinlari.com

“David Attenborough gibi Dawkins de geniş bir alanı ele alıyor, yazılarından coşkunluk yayıyor ve bu sırada da taş üstüne taş koyarak nihai gerçeğin açıklamasını inşa ediyor... eğlendirici ve ikna edici.”

— **Don Cupitt, *Evening Standard***

“Dawkins bir bilimi popülerleştirme dehası. Eğer daha önce kitaplarını hiç okumadıysanız, *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak* başlamak için muhteşem bir nokta: Dur durak bilmeyen zihinsel ve edebi bir zevk.”

— **Mark Ridley, *The Times***

“Yaşlı Darwin görseydi ne kadar da hoşlanırdı...”

— **Michael Taylor, *Scotsman***