Biyoloji Budur

Canlı Dünyanın Bilimi

Ernst Mayr

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Biyoloji Budur

canlı dünyanın bilimi

Ernst Mayr

TÜBİTAK

POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 300

Biyoloji Budur - Canlı Dünyanın Bilimi
This is Biology - The Science of the Living World
Ernst Mayr

Çeviri: Afife İzbırak

© Ernst Mayr, 1997
© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2000

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

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

ISBN 978 - 975 - 403 - 480 - 6

1. Basım Kasım 2008 (5000 adet)

Yayın Yönetmeni: Çiğdem Atakuman
Yayına Hazırlayan: Adem Uludağ
Grafik Tasarım: Cemal Töngür
Kapak Tasarımı: Aytaç Kaya
Sayfa Düzeni: İnci Yaldız
Basım İzleme: Yılmaz Özben
Mali Koordinatör: Tuba Akoğlu

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

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

Biyoloji Budur

canlı dünyanın bilimi

Ernst Mayr

Çeviri
Afife İzbırak

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Çok şey borçlu olduğum, annem
Helene Pusinelli Mayr'ın anısına

İçindekiler

Önsöz 1

I. Bölüm
"Yaşam"ın Anlamı Nedir? 1
Fizikselciler 3
Fizikselciliğin yükselişi 6
Dirimselciler 9
Dirimselciliğin çöküşü 15
Organikçiler 19
Ortaya çıkma 22
Yaşamın Ayırt Edici Özellikleri 24

II. Bölüm
Bilim Nedir? 27
Modern Bilimin Kökleri 30
Biyoloji Bağımsız Bir Bilim midir? 34
Bilimin İlgi Alanları 37
Bilim dinbilimden ne şekilde ayrılmaktadır? 37
Bilim felsefeden ne şekilde ayrılmaktadır? 40
Bilim beşeri bilimlerden ne şekilde ayrılmaktadır? 42
Bilimsel Araştırmanın Amaçları 44
Bilim ve bilim insanı 47

III. Bölüm
Bilim Doğal Dünyayı Nasıl Açıklar? 53
Bilim Felsefesinin Kısa Bir Tarihi 56
Doğrulama ve yanlışlama 57
Yeni bilimsel açıklama modelleri 59
Keşif ve Doğrulama 61
Kuram oluşturmayı etkileyen iç ve dış etmenler 62
Kuramın sınanması 63
Pratiğin İçindeki Biyolog 65
Açıklamanın beş aşaması 66

Sağduyu gerçekçiliği 67
Bilim dili 68
Olguları, Kuramları, Yasaları ve Kavramları Tanımlamak 71
Kuramlara karşı olgular 72
Fiziki bilimlerdeki evrensel yasalar 73
Yaşam bilimlerindeki kavramlar 74

IV. Bölüm
Biyoloji Canlılar Dünyasını Nasıl Açıklar? 77
Biyolojide Nedensellik 79
Yakın ve nihai nedensellikler 80
Çoğulculuk 81
Olasıcılık 83
Biyolojik açıklamalara ilişkin bazı örnekler 83
Bilişsel Evrimsel Bilgi Kuramı 86
Kapalı ve açık programlar 89
Kesinlik Arayışı 92

V. Bölüm
Bilim İlerler mi? 95
Hücre Biyolojisinde Bilimsel İlerleme 100
Çekirdek yapısının anlaşılması 104
Kromozom yapısının anlaşılması 107
Bilim Devrimlerle mi İlerler? 110
Sistematikteki ilerleme 111
Evrimsel biyolojideki ilerleme 112
Biyolojideki ilerlemelerde aşamalı gelişim 116
Bilim Darwinci Bir Süreçle mi İlerler? 119
Bilimde fikir birliğine ulaşmak niçin çok zordur? 122
Bilimin Sınırları 125

VI. Bölüm
Yaşam Bilimleri Nasıl Bir Yapıya Sahiptir? 129
Biyolojide Karşılaştırmalı ve Deneysel Yöntemler 132
Biyolojiyi Yapılandırmaya Yönelik Yeni Girişimler 134
"Ne?" soruları 136
"Nasıl?" ve "niçin?" soruları 138
"Nasıl?" ve "niçin?"e dayanan yeni bir sınıflandırma 143
Biyolojideki Güç Kaymaları 144
Çeşitlenmiş Bir Bilim Olarak Biyoloji 147

VII. Bölüm
"Ne?" Soruları: Biyoçeşitlilik Çalışmaları 149
Biyolojide Sınıflandırma 151
Mikrotaksonomi: Türlerin Ayırt Edilmesi 153
Rakip tür kavramları 157
Tür kavramı, tür kategorisi ve tür taksonları 159
Makrotaksonomi: Türlerin Sınıflandırılması 161
Aşağıya doğru sınıflandırma 161
Yukarıya doğru sınıflandırma 162
Evrimsel ya da Darwinci sınıflandırma 164
Nümerik fenetik 170
Kladifikasyon 171
Bilginin Saklanması ve Yeniden Kullanımı 175
İsimler 176
Organizma Sistemleri 178

VIII. Bölüm
"Nasıl?" Soruları: Yeni Bir Bireyin Oluşumu 181
Gelişim Biyolojisinin Başlangıcı 183
Hücre Kuramının Etkisi 186
Sıralı oluşum mu ön oluşum mu? 187
Farklılaşma: Gelişen hücrelerin ayrılması 189
Embriyonik tabakaların oluşumu 193
İndüksiyon 195
Rekapitülasyon 196
Gelişimsel Genetik 198
Moleküler biyolojinin etkisi 200
Gelişim ve Evrimsel Biyoloji 203
Rekapitülasyonun yeniden gözden geçirilmesi 204
Evrimsel ilerlemeler nasıl gerçekleşir? 206

IX. Bölüm
"Niçin?" Soruları: Organizmaların Evrimi 209
"Evrim"in Çeşitli Anlamları 210
Kendi İçinde Darwin'in Evrim Kuramı 212
Yaşamın kökeni 213
Darwin'in Ortak Soy Kuramı 214
İnsanların kökeni 217
Darwin'in Tür Sayılarının Artmasına İlişkin Kuramı 217
Darwin'in Aşamalı Gelişim Kuramı 219
Toplu soy tükenmeleri 220

Darwin'in Doğal Seçilim Kuramı 222
Evrimsel değişimle ilgili rakip kuramlar 222
Doğal seçilim 224
Rastlantı mı yoksa zorunluluk mu? 225
Eşeysel seçilim 228
Evrimsel Sentez ve Sonrası 229
Makroevrimin açıklanışı 231
Evrim Gelişir mi? 234
Organizmalar niçin mükemmel değildir? 235
Günümüzdeki Tartışmalar 238
Grup seçilimi 240
Sosyobiyoloji 241
Moleküler biyoloji 243
Çoklu nedenler, çoklu çözümler 244

X. Bölüm
Ekoloji Hangi Soruları Sorar? 247
Ekolojinin Kısa Bir Tarihi 248
Bugünkü ekoloji 250
Birey Ekolojisi 250
Tür Ekolojisi 251
Niş 252
Rekabet 253
Üreme stratejileri ve popülasyon yoğunluğu 255
Yırtıcılar, av ve birlikte evrim 257
Besin zinciri ve sayılar piramidi 258
Yaşam döngüleri ve taksonomik araştırmalar 259
Komünite Ekolojisi 260
Süksesyon ve klimaks 261
Ekosistem 263
Çeşitlilik 264
Paleoekoloji 266
Ekolojideki Tartışmalar 267

XI. Bölüm
İnsanların Evrim İçindeki Yeri Neresidir? 271
İnsanların İnsansı Maymunlarla Akrabalığı 273
Homo habilis, H. erectus ve H. sapiens'in ortaya çıkışı 275
Neanderthaller ve Cro-Magnon Adamı 277
Fosil insansı taksonlarının sınıflandırılması 279
İnsana Doğru 281
Dil, beyin ve aklın birlikte evrimi 284

Kültürel Evrim 288
Uygarlığın doğuşu 291
İnsan Irkları ve İnsan Türünün Geleceği 292
İnsanlar arasındaki eşitliğin anlamı 294

XII. Bölüm
Evrim Etiğin Nedenini Açıklayabilir mi? 297
İnsan Etiğinin Kökeni 299
Kapsayıcı uyum özgeciliği 301
Karşılıklı özgecilik 303
Saf özgeciliğin ortaya çıkışı 304
Kültürel Bir Grup Kendine Özgü Etik Kuralları Nasıl Kazanır? 307
Akıl yürütme mi yoksa rasgele hayatta kalış mı? 310
Birey, Ahlakı Nasıl Kazanır? 311
Açık davranış programı 314
İnsanlığa En Uygun Ahlak Sistemi Nedir? 317

Teşekkür 323

Notlar 325

Kaynakça 341

Sözlük 353

Dizin 359

Önsöz

Birkaç yıl önce Fransa'nın eski Cumhurbaşkanı Valéry Giscard d'Estaing yirminci yüzyılı "biyoloji asrı" ilan etti. Bu tanım, yirminci yüzyılın tümü için geçerli olmasa bile, ikinci yarısı için kesinlikle doğrudur. Bugün biyoloji, güçlenerek büyüyen bir inceleme alanıdır. Evrimsel biyoloji, fiziksel antropoloji ve ekolojideki muhteşem gelişmelerin yanı sıra, genetik, hücre biyolojisi ve nörolojide eşi görülmemiş ilerlemelere tanık olduk. Moleküler biyolojideki araştırmalardan topyekün bir endüstri doğdu ve birkaçını saymak gerekirse, tıp, ziraat, hayvan ıslahı ve insan beslenmesi gibi farklı alanlarda sonuçlar hemen ortaya çıktı.

Biyolojinin geleceği her zaman böyle parlak görülmemiştir. On yedinci yüzyıldaki Bilimsel Devrim'den II. Dünya Savaşı'nın sonuna kadar insanların çoğu için bilim, fizik, kimya, mekanik, astronomi gibi ağırlıklı olarak matematiğe dayanan ve evrensel yasaların rolünü öne çıkaran "kesin" bilimler anlamını taşıyordu. Bu dönemde fizik, örnek bilim olarak düşünülüyordu ve fizik çalışmalarına kıyasla canlı dünyanın araştırılması daha aşağı düzeyde bir çaba sayılıyordu. Pek çokları, bugün yaşam bilimlerini doğru anlamada çok derin yanılgıları sürdürmektedir. Örneğin, konu ister evrim öğretimi, ister zekânın ölçülmesi, ister dünya dışı yaşamın saptanması olasılığı, ister türlerin soyunun tükenmesi ya da sigara içmenin riskleri olsun, biyolojinin kavranılmamış olduğu sıklıkla açığa çıkmaktadır.

Daha üzücü olan şey ise, bizzat çok sayıda biyoloğun modası geçmiş bir yaşam bilimleri düşüncesine sahip olmasıdır. Modern biyologlar, aşırı derecede uzmanlaşma eğilimindedirler. Belirli kuş türleri, cinsiyet hormonları, ebeveyn davranışı, sinir anatomisi ya da genlerin moleküler yapısı hakkındaki her şeyi bilebilirler. Bununla birlikte, kendi uzmanlık alanları dışındaki gelişmelerle ilgili çoğunlukla bilgi sahibi değildirler. Biyologların, uzmanlık alanlarındaki gelişmelerden kendilerini alarak yaşam bilimlerine bir bütün olarak bakmak için çoğunlukla zamanları olmaz. Genetikçiler, embriyologlar, taksonomistler ve ekologların tümü kendilerini biyolog olarak kabul etmekle birlikte, farklı uzmanlık alanlarının ortak yanlarının neler olduğu ve bunların fiziki bilimlerden temelde nasıl farklılaştığı üzerinde çok az düşünmektedirler. Bu konulara ışık tutmak, bu kitabın temel amacıdır.

Ben, neredeyse yürümeyi öğrendiğimden beri bir doğacıyım. Bitki ve hayvanlara duyduğum sevgi, beni canlılar dünyasına bütünsellik içinde yaklaşmaya yöneltti. Neyse ki, 1920'li yıllarda öğrenim görmeye başladığım Alman lisesindeki biyoloji eğitimi tüm organizma üzerinde yoğunlaşıyor ve organizmanın canlı ve cansız çevresiyle olan etkileşimleri üzerinde duruyordu. Şimdi geriye bakınca, bu odaklanmanın, yaşam seyri, davranış ve ekoloji üzerinde olduğunu söyleyebiliriz. Her ikisini de aynı zamanda lisede ders olarak aldığım fizik ve kimya tümüyle farklı şeylerdi ve canlı bitki ve hayvanlarla pek de ilişkili değildiler.

Tıp öğrencisi olduğum yıllarda, tıp konusunda çok heyecanlıydım ve "Biyoloji nedir?" ya da "Biyolojiyi bilim yapan nedir?" gibi temel sorulara dikkatimi veremeyecek kadar meşguldüm. Aslında o dönemde en azından Alman üniversitelerinde "biyoloji" adı verilen herhangi bir ders öğretilmiyordu. Bugün bizim biyoloji adını verdiğimiz konular zooloji ve botanik bölümlerinde öğretiliyor ve bunların her ikisi de ağırlıklı olarak, yapısal tiplerle bu tiplerin soyoluşu (filogeni) üzerinde duruyordu. Elbette fizyoloji, genetik ve az çok deneysel diğer disiplinlere ait

dersler de veriliyordu. Ancak bu konular arasında çok az bağlantı vardı ve deneyselcilerin kavramsal çerçevesi, çalışmaları doğa tarihine dayanan zoolog ve botanikçilerin yaklaşımlarıyla çok az uyuşuyordu.

Klinik öncesi sınavlarımı tamamlayıp, çalışmalarımı tıp alanından zoolojiye (özellikle kuşlara) kaydırdıktan sonra Berlin Üniversitesi'nde felsefe dersleri aldım ama bu da hayal kırıklığıyla sonuçlandı; çünkü bu dersler de biyoloji bilimlerinin konuları ile felsefeninkiler arasında köprüler kurmuyordu. Bununla birlikte o sıralarda, yani 1920'li ve 1930'lu yıllarda, sonunda "bilim felsefesi" olarak adlandırılacak bir disiplin gelişiyordu. 1950'lerde, bu alanda öğretilenlerle ilgili bilgim olduğunda yeniden ve daha şiddetli bir hayal kırıklığı yaşadım. Öğretilen şey bilim felsefesi değil, mantık, matematik ve fizikî bilimler felsefesiydi. Bu şeyin biyologların ilgi alanlarıyla neredeyse hiçbir bağlantısı yoktu. O sıralar oturdum, kitap ve bu kez birkaçına bizzat katkıda bulunmuş olduğum, yayımlanmış makalelerde ifade edilen evrimsel biyolojinin genel ilkelerinin listesini çıkardım ve bunların bir tanesine bile felsefî literatürde yeterince değinilmediğini, hatta çoğunun anılmadığını gördüm.

Bu noktada yine de, burada bilim tarihi ve bilim felsefesine katkıda bulunmayı planlamadığımı belirtmeliyim. Bu konularla ilgili yazdığım çeşitli makaleler, beni evrim kuramı ve sistematiği üzerine araştırmalarımı geçici olarak kenara koymaya iten konferans ve sempozyumların sonucudur. Yegâne amacım, biyolojinin belirli açılardan fizikten ne kadar da farklı olduğuna işaret etmekti. Örneğin 1960'ta Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Daniel Lerner tarafından, neden ve etki üzerine bir dizi konferans vermeye davet edildim. Biyolojik nedensellik sorunuyla, 1926'da Serin ispinozu, 1930'da ise kuş göçünün kaynağı üzerine yazdığım makalelerden beri ilgileniyordum. Dolayısıyla, bana bu konudaki düşüncelerim arasında sınıflama yapabilme fırsatı vereceği için bu daveti memnuniyetle karşıladım. Uzun bir zamandan beri, cansız ve canlı dünyalar arasındaki

kesin bir farklılığın ayırdına varmış bulunuyordum. Her iki dünya da fiziki bilimlerin bulup incelediği evrensel yasalara uyar, ancak canlı organizmaların tâbi olduğu ikinci bir nedenler kümesi daha vardır ki bunlar, genetik program tarafından belirlenen talimatlardır. İkinci tipteki bu nedensellik cansız dünyada bulunmaz. Kuşkusuz, organizmalardaki nedensellik ikiliğini ilk bulan biyolog ben değildim; fakat derslerimden yola çıkarak 1961'de yayımladığım makale, konunun ayrıntılı bir incelemesini ilk kez sunuyordu.

Gerçekten benim yaşam bilimleri ile fiziki bilimler arasındaki farklılıklar konusunda yazdığım çeşitli makaleler, felsefeci ve fizikçilerden çok, yazılarında görüldüğü üzere birçok fizikselci kavramı farkında olmadan benimseyen biyolog arkadaşlarıma hitap ediyordu. Örneğin, karmaşık canlı sistemlerin her özelliğinin, en alt düzeydeki bileşenler (moleküller, genler ya da başka her ne ise) üzerine yapılacak çalışmalar aracılığıyla açıklanabileceği savı, bana çok anlamsız geliyordu. Canlı organizmalar moleküller, hücreler ve dokulardan, organizmalar, popülasyonlar ve türlere doğru yükselen, benzersiz derecede karmaşık hiyerarşik sistemler oluştururlar. Bir üstteki her sistemde, bileşenler konusunda bilinenlerden yola çıkılarak tahmin edilmesi mümkün olmayan özellikler ortaya çıkar.

Başlangıçta, şimdi artık ortaya çıkma olarak adlandırılan bu olgunun yalnızca canlılar dünyasıyla sınırlı olduğunu düşünüyordum ve doğrusu, 1950'lerin başında Kopenhag'da verdiğim bir konferansta, ortaya çıkmanın organik dünyanın tanısal özelliklerinden biri olduğu iddiasını öne sürdüm. O dönemde, ortaya çıkma kavramı daha çok fizikötesine ait bir kavram olarak düşünülüyordu. Dinleyiciler arasında bulunan fizikçi Niels Bohr tartışma bölümünde konuşmak üzere ayağa kalktığında, bir kökten çürütme girişimi için tamamen hazırlıklıydım. Ancak beklediğimin aksine Bohr, ortaya çıkma kavramına hiçbir surette karşı çıkmadı. İtiraz ettiği tek nokta, bunun fiziki bilimler ve biyoloji bilimleri arasına sınır çekmeye zemin hazırladığına da-

ir fikrimdi. Bohr su örneğini vererek, suyun "sıvı" olma özelliğinin, bunun bileşenleri olan oksijen ve hidrojenin özelliklerine bakarak tahmin edilemeyeceğini ve ortaya çıkmanın cansız dünyada yaygın olduğunu söyledi.

Benim için, indirgemeciliğe ek olarak, özellikle itiraz edilebilir can sıkıcı başka bir şeyse daha sonra düşünür Karl Popper'ın "özcülük" olarak adlandırdığı tipolojik düşünceydi. Bu düşünce doğadaki çeşitliliği değişken olmayan ve benzer diğer tiplerden kesin sınırlarla ayrılmış sabit tipler (sınıflar) halinde sınıflandırmayı kapsıyordu. Kökleri Platon ve Pythagoras geometrisine kadar inen bu kavram, tuhaf bir şekilde, sınıfların değil, biricik bireylerin toplamının, yani popülasyonların söz konusu olduğu evrimsel biyoloji ve popülasyon biyolojisine uygun değildi. Canlı doğadaki değişken olguları popülasyon düşüncesi olarak adlandırılan popülasyonlar temelinde açıklamak, fizikselci düşünceye alışmış olanlara zor gelebilir. Bu problemi, biyologların ne düşündüğünü en çok merak edenlerden biri olan, fizikçi Wolfgang Pauli ile defalarca tartıştım. Kendisine, yön ve hareket hızları birbirinden farklı salt 100 adet molekül içeren bir gaz düşünmesini önerdiğimde sonunda anlatmak istediğim şeyi kavradı. O, buna bir "bireysel gaz" dedi.

Biyoloji, bir bilim tarihi kurma girişiminde bulunan pek çoklarınca da yanlış anlaşılmıştır. Thomas Kuhn'un, *Structure of Scientific Revolutions* (*Bilimsel Devrimlerin Yapısı**) adlı eseri 1962'de yayınlandığında, bu eserin neden böylesine bir gürültü kopardığını anlamakta zorlandım. Şüphesiz Kuhn, geleneksel bilim felsefesinin gerçekçi olmayan pek çok savını çürütmüş ve tarihsel etmenlerin önemine dikkat çekmek istemişti. Ancak, kendisinin söz konusu savların yerine önerdiği savlar da bana aynı ölçüde gerçek dışı göründü. Kuhn'un kuramında varsayılan, biyoloji tarihindeki şiddetli, ani ve büyük değişimler getiren devrimler ve normal bilimin uzun dönemleri neredeydi? Biyoloji tarihiyle ilgili bildiklerimden çıkardığım kadarıyla, bunlar

* Çev. Nilüfer Kuyaş, Alan Yayıncılık, 1995. (ç.n.)

mevcut değildi. 1859'da yayımlanan Darwin'in *On the Origin of Species* (*Türlerin Kökeni*[*]) adlı eseri kuşkusuz devrimsel nitelikteydi, fakat bunun öncesinde, evrim konusundaki fikirler bir yüzyıldır tartışılıyordu. Bundan başka, Darwin'in doğal seçilim kuramı -evrimsel uyumdaki anahtar mekanizma- eser yayımlandıktan neredeyse bir yüzyıl sonrasına kadar tümüyle kabul görmemişti. Bu dönem boyunca küçük devrimler oldu ama "normal" bilim dönemi denilen bir dönem hiç olmadı. Kuhn'un bu savı fiziki bilimler için bir değer taşısın ya da taşımasın, biyolojiye uygun değildi. Fizik alanından gelen tarihçiler canlı organizmaların araştırılmasında üç yüzyıl boyunca neler olup bittiğini kavramış görünmüyorlardı.

Gittikçe daha net bir biçimde biyolojinin fiziki bilimlerden bütün bütün farklı bir bilim olduğunu görmeye başladım. Biyoloji, konusu, tarihi, yöntemleri ve felsefesi bakımından fiziki bilimlerden temelde farklılık gösteriyordu. Tüm biyolojik süreçler fizik ve kimya yasalarıyla uygunluk içinde olsalar da, canlı organizmalar fizikokimyasal yasalara indirgenemez ve fiziki bilimler doğanın canlı dünyaya özgü pek çok yönüne hitap edemez. Klasik bilim felsefesinin temel aldığı klasik fiziki bilimler, organizmaların araştırılmasına uygun olmayan birtakım görüşlerin etkisi altındadır. Özcülük, belirlenimcilik, evrenselcilik ve indirgemecilik bunlar arasındadır. Biyoloji ise ancak popülasyon düşüncesi, olasılık, rastlantı, çoğulculuk, ortaya çıkma ve tarihsel anlatıları içerdiği düşünüldüğünde gerçekten anlaşılmış olur. Gereksinim duyulan şey, fizik ve biyoloji dahil tüm bilimlerin yaklaşımlarını içerecek, yeni bir bilim felsefesiydi.

Yine de bu kitabı planlarken aklımda daha alçak gönüllü bir iş yapmak vardı. Amacım, okuyucuya biyolojinin, bir bütün olarak önemi ve zenginliğini gösterecek bir "yaşam öyküsü"nü yazmak, diğer taraftan, giderek başa çıkılamaz hale gelen bilgi patlaması sorununa yaklaşımda biyologlara yardımcı olmaktı. Bu alanda çalışanlara her yıl yenileri katılmakta ve yeni yayın-

[*] Çev. Öner Ünalan, Onur Yayınları, 1970. (ç.n.)

lar çığ gibi artmaktadır. Konuştuğum neredeyse tüm biyologlar kendi uzmanlık alanlarındaki literatürü takip edecek vakti artık bulamadıklarından yakınmış, kendilerine yakın alanlardaki literatür için ise aynı durumun çok daha fazla söz konusu olduğunu söylemiştir. Fakat kavramsal bir gelişme için çoğunlukla sonuca götüren şey kişinin kendi dar alanının dışından gelen geri beslemedir. Araştırıcı bir an için kendi uzmanlık alanının sınırları içinde düşünmeyi bırakıp alanını canlılar dünyasını ve onun muhteşem çeşitliliğini açıklayacak daha büyük bir çabanın parçası olarak gördüğünde, yeni yollar önünde daha sık belirir. Bu kitap umarım, biyologlara kendi özel araştırma alanlarında bu geniş perspektifi kazanabilmeleri için kavramsal bir çerçeve sunar.

Bilgi patlaması, başka hiçbir alanda moleküler biyolojide olduğu kadar belirgin değildir. Bu kitapta moleküler biyoloji ayrıntılı olarak ele alınmıyor. Bunun nedeni, bu alanın biyolojinin diğer alanlarından daha az önemli olduğunu düşünüyor olmam değil, aksine tam tersini düşünüyor olmamdır. Fizyoloji, gelişim, genetik, nörobiyoloji ya da davranış, hangisiyle ilgileniyor olursak olalım, olup bitenden sonuçta moleküler süreçler sorumludur ve araştırıcılar tüm bu alanlarda her gün yeni buluşlar yapmaktadır. VIII. ve IX. Bölümlerde, moleküler biyologlar tarafından keşfedilen temel ilkelerin ("yasaların") bazılarına ışık tuttum. Bana hâlâ çok çarpıcı gelen şey, çok sayıda ağacı tanımlamış olsak da, henüz ormanı görmemiş olmamızdır. Başkaları böyle düşünmeyebilir, ancak herhalükarda, moleküler biyoloji konusunda kapsamlı bir inceleme benim sahip olmadığım bir uzmanlığı gerektirmektedir.

Son derece önemli bir diğer disiplin olan, biyolojinin zihinsel süreçleri inceleyen dalı için de aynı şeyler söylenebilir. Bu alanda bizler hâlâ kısıtlı bir keşif sürecindeyiz ve ben nörobiyoloji ve psikoloji konularında geniş çerçeveli bir inceleme için gereken bilgiye sahip değilim. Son olarak, bu kitapta kapsamlı şekilde ele alınmayan bir diğer alan genetiktir. Genetik program bir

organizmanın yaşamında her bakımdan -yapısı, gelişimi, işlevleri ve eylemleri- kesin bir rol oynar. Moleküler biyolojinin ortaya çıkışından bu yana genetik alanında ilgi, moleküler biyolojinin neredeyse bir dalı haline gelen ve bu nedenle incelemeye girişmediğim gelişimsel genetiğe yönelmiştir. Bununla birlikte biyolojiye bir bütün olarak yaklaşımım, bunların ve bu kitapta üzerinde tam olarak durulmayan diğer önemli biyoloji dallarının "yaşam öyküleri"ni oluşturmada umarım yardımcı olur.

Eğer biyologlar, fizikçiler, felsefeciler, tarihçiler ve yaşam bilimleriyle profesyonel olarak ilgilenenler, ilerideki bölümlerde yararlı fikirler bulursa, bu kitap temel amaçlarından birine ulaşmış olacaktır. Bununla birlikte, her eğitimli insan evrim, biyoçeşitlilik, rekabet, soy tükenmesi, uyum, doğal seçilim, üreme, gelişim ve bu kitapta ele alınan diğer temel biyolojik kavramlar hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Aşırı nüfus artışı, çevresel bozulma, şehir merkezlerindeki yoksul mahallelerde yaşanan huzursuzluk, teknolojik ilerlemeler ya da edebiyat ve tarihle değil, sadece bu problemlerin biyolojik kökenlerinin anlaşılmasını temel alan önlemlerle çözülebilir. Eski Yunanlılar'ın "kendini bil" öğüdünü yerine getirebilmek öncelikle biyolojik kökenlerimizi bilmemizi gerektirir. Canlılar dünyasındaki yerimizi ve doğanın geri kalanına karşı sorumluluğumuzu daha iyi anlamak için okuyuculara yardım etmek, bu kitabın en temel amacıdır.

Cambridge, Massachusetts
Eylül 1996

I. Bölüm

"Yaşam"ın Anlamı Nedir?

İlkel insanlar doğayla iç içe yaşadılar. Bu insanlar toplayıcı, avcı ya da çoban olarak her gün bitki ve hayvanlarla uğraşıyorlardı. Bebekler, yaşlılar, doğum yapan kadınlar ya da kavga eden erkekler için ölüm her an hazır bekliyordu. "Yaşam nedir?" şeklindeki eskimeyen sorunun yanıtını hiç kuşkusuz ilk atalarımız da arıyordu.

Canlı bir organizmadaki yaşam ile cansız doğal bir nesnedeki ruh arasında, kesin bir ayrım yapılmıyordu belki başlangıçta. İlkel toplulukların çoğu, bir ağacın, bir hayvanın ya da insanın ruhu olabileceğine inandıkları gibi, bir dağın ya da derenin de ruhu olabileceğine inanıyordu. Bu canlıcı (animistic) doğa görüşü sonuçta zayıflamakla birlikte, canlı bir yaratıktaki "bir şey"in onu cansız nesnelerden ayırdığı ve ölüm anında bedeni terk ettiği inancı güçlü bir biçimde süregeldi. Eski Yunan'da in-

sanlardaki bu şey "nefes" olarak ifade ediliyordu. Daha sonra ve özellikle Hıristiyanlık'ta buna ruh denildi.

Descartes ve Bilimsel Devrim'le birlikte, hayvanlar (dağlar, nehirler ve ağaçlarla birlikte) bir ruha sahip oldukları iddiasını kaybettiler. Bununla birlikte insanlarda beden ve ruh arasındaki ikicil ayrım neredeyse evrensel boyutlarda kabul görerek sürdü ve bugün bile birçok insan bu ayrıma inanmaktadır. İkiciliğe inanan biri için ölüm, özellikle kafa karıştırıcı bir sorundu. Bu ruh niçin birdenbire ya ölmek ya da bedeni terk etmek durumundaydı? Eğer ruh bedeni terk ediyorsa, bir çeşit nirvana ya da cennet gibi bir yere mi gidiyordu? Charles Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim kuramını geliştirmesine kadar, ölüme bilimsel ve akılcı bir açıklama getirmek mümkün olmadı. On dokuzuncu yüzyıl sonlarında, Darwin yandaşlarından olan August Weismann, nesillerin hızlı bir biçimde birbirini izlemesinin değişen çevreyle daimi olarak başa çıkmak için gerekli olan yeni genotip miktarını sağladığını açıklayan ilk yazar oldu. Onun ölüm ve ölmek üzerine makalesi, ölümün anlamını kavrayışımızda yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur.

Diğer taraftan, biyologlar ve felsefeciler "yaşam"dan söz ettiklerinde genellikle anlatmak istedikleri şey, ölümün karşıtı olarak yaşam (yani hayatta olmak) değil, cansız bir nesnedeki cansızlığın karşıtı olarak canlılıktır. "Yaşam" olarak adlandırılan bu mevcudiyetin doğasının aydınlatılması, biyolojinin başlıca hedeflerinden biri olagelmiştir. Buradaki sorun, "yaşam"ın bir madde ya da güç gibi bir "şey"i akla getirmesi ve yüzyıllardır felsefeciler ve biyologların bu yaşam maddesi ya da yaşamsal gücü tanımlama çabalarının bir sonuç vermemesidir. Aslında, "yaşam" terimi sadece yaşama sürecinin maddesel bir şey olarak ele alınmasından, yani somutlaştırılmasmdan ibarettir. Yaşam, bağımsız bir mevcudiyet değildir.[1] Canlılık süreci bilimsel olarak ele alınabilir, "yaşam" soyutlamasıyla değil. Canlılığın ne olduğu betimlenebilir, hatta bunu tanımlamaya da girişilebilir. Yaşayan bir organizmanın ne olduğu tanımlanabilir ve canlılık ile

cansızlık arasındaki sınırı tespit etmeye girişilebilir. Aslında, bir süreç olarak canlılığın nasıl olup da bizzat cansız moleküllerin ürünü olabildiğini açıklamaya çalışmak da mümkündür.[2]

Yaşamın ne olduğu ve yaşamsal süreçlerin nasıl açıklanması gerektiği, on altıncı yüzyıldan beri ateşli tartışmalara konu olmuştur. Kısaca açıklamak gerekirse durum şöyleydi: Bir grup, canlı organizmaların aslında cansız maddelerden hiçbir farkı olmadığı savını ileri sürüyordu. Bunlara önceleri mekanikçiler, daha sonra ise fizikselciler denildi. Ancak bu iki akım karşısında daima, canlı organizmaların cansız maddelerde bulunmayan özellikler taşıdığını ve bu nedenle biyolojiyle ilgili kuram ve kavramların, fizik ve kimya yasalarına indirgenemeyeceğini savunan ve dirimselciler olarak adlandırılan karşıt bir grup oldu. Bazı dönemlerde ve belirli entelektüel çevrelerde fizikselciler baskın görünürken, farklı zaman ve ortamlarda dirimselciler üstün göründü. Son yüzyılda ise, her iki görüşün de kısmen doğruları kısmen de yanlışları olduğu artık netlik kazanmıştır.

Fizikselcilerin haklı olduğu nokta, fizikötesine ait bir yaşam bileşeni olmadığı ve yaşamın moleküler düzeyde fizik ve kimya kurallarıyla açıklanabileceğiydi. Bununla birlikte, dirimselciler de, canlı organizmaların cansız maddeyle aynı olmadığı, kendilerine özgü çok sayıda özelliğe sahip olduğu, özelikle de, tarihsel olarak kazandıkları genetik programların cansız maddede bulunmadığı konusundaki ısrarlarında haklıydılar. Organizmalar, cansız dünyada hiç bulunmayan, çoklu katmanlarda düzenlenmiş sistemlerdir. Ayrıntılar bir yana bırakılarak hem fizikselciliğin hem de dirimselciliğin en iyi kurallarının birleştirilmesiyle oluşturulan ve organikçilik adı verilen felsefe günümüzün baskın görüşüdür.

Fizikselciler

Dünyanın doğaüstü açıklamaların karşısında doğal bir açıklamasının ilk izlerini Platon, Aristoteles, Epikuros ve diğer birçoklarını sayabileceğimiz farklı Yunan düşünürlerinin felsefele-

rinde buluruz. Bununla birlikte, umut verici bu başlangıçlar, sonraki yüzyıllarda büyük ölçüde unutulmuştur. Ortaçağa doğadaki her şeyi Tanrı ve onun kurallarına dayandıran Kutsal Kitap'ın öğretilerine katı bir bağlılık egemendi. Ortaçağ düşüncesinin ayırt edici bir diğer niteliği özellikle halk biliminde her çeşit sihirli güce bir inancın varlığıdır. Sonunda, canlıcılığa ve büyücülüğe odaklı bu düşünce, uygun bir biçimde "dünya resminin mekanikleştirilmesi" (Maier 1938) olarak ifade edilen, dünyaya yeni bir bakış tarzının belirmesiyle, ortadan kalkmasa da zayıfladı.[3]

Dünya resminin mekanikleştirilmesine yol açan etkiler çeşit çeşitti. Bunlar arasında yalnızca, yeniden keşfedilen orijinal yazmalarla birlikte Batı dünyasına Araplar tarafından tanıtılan Yunan filozofları değil, ortaçağın sonu ile Rönesans'ın başlarında gerçekleşen teknolojik gelişmeler de vardı. Bu dönemde saatlere, kendiliğinden çalışan diğer şeylere ve her çeşit makineye karşı büyülenmişçesine bir ilgi söz konusuydu. Bu hayranlık, Descartes'ın insanlar dışındaki tüm organizmaların makinelerden *başka* bir şey olmadığı savıyla en uç noktaya ulaşıyordu.

Descartes (1596-1650), kesinlik ve nesnellik arayışıyla, hayvanlar ve bitkilerin ruhları olduğu inancı gibi fizikötesi ve doğaüstüne dayanan şüpheli fikirlere ödün vermeyen Bilimsel Devrim'in sözcüsü oldu. Bir ruha sahip olmayı insanlara özgü kılarak ve hayvanların otomatlardan başka bir şey olmadığını ilan ederek Descartes deyim yerindeyse Gordion düğümünü çözdü. Descartes hayvan ruhunu mekanikleştirerek dünya resminin mekanikleştirilmesini tamamlamış oldu.[4]

Makine olarak organizma kavramının niçin böyle oldukça uzun bir süre rağbet görebildiğini anlamak biraz güçtür. Neticede, hiçbir makine kendisini inşa etmemiştir, türetmemiştir, programlamamıştır ya da kendi enerjisini sağlamaya yeterli olmamıştır. Bir organizma ile bir makine arasındaki benzerlik son derece yüzeyseldir. Buna rağmen bu kavram, içinde bulunduğumuz yüzyıla kadar tam anlamıyla ortadan kalkmamıştır.

Galileo, Kepler ve Newton'un, evren hakkındaki açıklamalarını desteklemek için matematiği kullanmadaki başarıları dünya resminin mekanikleştirilmesine de katkı sağladı. Galileo (1623) doğa kitabını, "onun dilini kavramayı öğrenmeden ve onu oluşturan harfleri okumaksızın anlamak mümkün değildir. Matematik dilinde yazılmıştır ve harfleri üçgenler, daireler ve diğer geometrik şekillerdir. Bunlar olmaksızın, insanın bu kitabın tek bir sözcüğünü dahi anlaması olanaksızdır. Bunlarsız, insan karanlık bir labirentte dolaşıp durur" şeklinde betimlerken, Rönesans'ta matematiğin saygınlığını özlü bir biçimde dile getirmiş oluyordu.

Fizik alanında kısa süre içinde gerçekleşen hızlı gelişmeler, ilk dönemin daha genel mekanikçiliğini hem gökyüzü hem de dünyanın işleyişiyle ilgili birtakım somut yasalara dayanan daha kesin bir fizikselciliğe dönüştürerek Bilimsel Devrim'i bir adım ileri taşıdı.[5]

Fizikselci akım önceki yüzyıllarda genel olarak belirleyici olan doğaüstü güçler odaklı düşünceyi çürütme yeteneğine fazlasıyla sahipti. En büyük başarısı ise belki de, fiziksel olgulara doğal bir açıklama getirmesi ve önceleri neredeyse herkes tarafından kabul edilen doğaüstü güçlere inancı ortadan kaldırması oldu. Eğer mekanikçilik ve bu akımın doğal sonucu olarak ortaya çıkan fizikselcilik bazı konularda çok ileri gittiyse, bu, enerjik yeni bir akım için kaçınılmaz bir şeydi. Bununla birlikte tek yönlülüğü ve herhangi bir olguyu ve canlı organizmalara özgü süreçleri açıklamadaki başarısızlığından ötürü, fizikselcilik bir başkaldırıyı teşvik etmiştir. Bu karşı akım ise, çoğunlukla dirimselcilik şemsiye terimi altında tanımlanır.

Galileo'dan modern çağlara biyolojide yaşamın açıklanması konusunda katı mekanikçi ve daha fazla dirimselci yaklaşımlar arasında gidiş gelişler olmuştur. Sonuçta, de La Mettrie'nin *L'homme machine* (1749) adlı eserinin yayınlanmasıyla, Descartesçılık doruğa ulaştı. Sonra, bunu özellikle Fransa ve Almanya'da güçlü bir dirimselci gelişme izledi, fakat on dokuzuncu yüzyılda fizik ve kimyanın daha ileri başarıları aynı zaman-

da biyolojide diğer bir fizikselci uyanışa ilham verdi. On dokuzuncu yüzyılda biyoloji başka hiçbir yerde Almanya'daki kadar kapsamlı gelişmediği için, doğal olarak bu canlanış büyük ölçüde Almanya'yla sınırlı kaldı.

Fizikselciliğin yükselişi

On dokuzuncu yüzyılda fizikselci akım iki dalgaya dönüştü. Birincisi, 1830'larda kuramsal fizyoloji çalışmayı bırakıp karşılaştırmalı anatomiye yönelen Johannes Müller (1801-1858) ile tümevarımcılığın saltanatının son bulmasında katkıları olan keskin eleştirileriyle ünlü Justus von Liebig (1803-1873) tarafından benimsenen, gayet ılımlı dirimselciliğe karşı bir tepkiydi. Bu birinci dalganın öncüleri, Müller'in eski öğrencileri Hermann Helmholtz, Emil DuBois-Reymond, Ernst Brücke ve Matthias Schleiden'di. Aşağı yukarı 1865'te başlayan ikinci dalga ise Carl Ludwig, Julius Sachs ve Jacques Loeb isimleriyle özdeşleştirilir. Hiç şüphesiz bu fizikselciler fizyolojiye önemli katkılarda bulundular. Helmholtz (Fransa'dan Claude Bernard'la birlikte), "vücut sıcaklığı"nın dirimselci anlamını ortadan kaldırdı ve DuBois-Reymond sinir aktivitesini fiziksel (elektriksel) bir açıklama önerisiyle, sinir fizyolojisindeki gizemi büyük ölçüde çözdü. Schleiden bitkilerin tümüyle hücrelerden oluştuğu ve bitkilerdeki çok farklı yapısal öğelerin ya hücre ya da hücrelerin bir araya gelerek oluşturduğu yapılardan ibaret olduğu konusundaki ısrarıyla botanik ve hücrebilim alanlarında ilerleme sağladı. Helmholtz, DuBois-Reymond ve Ludwig, ilgi alanları olan hassas ölçümleri kaydetme amaçlı benzersiz aletleri icat ederek öne çıktılar. Diğer başarıların yanında bu buluşlar onlara, artık oluşmaksızın işin ısıya çevrilebileceğini göstererek bir "yaşamsal güç"ün geçersizliğini gösterme olanağı verdi. Bunlar ve diğer muhteşem başarılar, günümüze dek tüm fizyoloji tarihi kitaplarında yerlerini aldılar.

Ancak, bu fizikselci ekol olgunlaşmamış bir felsefeye dayanıyordu ve bu durum, doğa tarihi alanından gelen biyologların

küçümsemelerine sebep oluyordu. Fizikselcilerin pek çok başarılarının anlatıldığı tarihsel kayıtlarda konu yaşamsal süreçlere geldiğinde söz konusu olgunlaşmamış felsefeleri çoğunlukla göz ardı ediliyordu. Bununla birlikte dirimselcilerin, fizikselcilerin sunduğu asıl açıklayıcı önermeleri bilmeden, bu savlara şiddetle karşı gelmelerini anlamak mümkün değildir.

Fizikselcilerin, çözümlenmemiş bir "yaşamsal güç"e başvurmalarından dolayı dirimselcilere saldırmaları, öte yandan kendi açıklamalarında aynı şekilde çözümlenmemiş "enerji" ve "devinimler" gibi etmenleri kullanmaları tuhaftır. Fizikselcilerce formüle edilen yaşam tanımları ve yaşamsal süreçlerle ilgili açıklamalar, çoğunlukla tümden anlamsız önermeler içeriyordu. Örneğin, fizikokimyacı Wilhelm Ostwald bir deniz kestanesini başka herhangi bir maddeymişçesine, "büyük miktardaki enerjinin uzamda bir araya gelmesiyle oluşmuş bağımsız birliktelik" olarak tanımlıyordu. Çoğu fizikselci için kabul edilemez dirimselci bir önerme, yaşamsal güç aynı ölçüde tanımsız "enerji" terimiyle yer değiştirdiğinde kabul edilebilir oluyordu. Çalışmaları deneysel embriyolojiyi tam bir yetkinliğe kavuşturan Wilhelm Roux (1895) bile, gelişme, "enerjinin eşitsiz dağılımından kaynaklanan çeşitliliğin üretimidir" şeklinde bir önermeyi dile getiriyordu.

Yaşamsal süreçleri açıklamaya yönelik gelişimsel ve uyumsal olanları da kapsayacak biçimde, "enerji"den daha fazla rağbet gören terim ise "devinim"di. DuBois-Reymond (1872) doğanın anlaşılması, "evrendeki tüm değişimlerin atomların deviniminin sonucu olarak açıklanmasından," yani, "doğal süreçleri atomların mekaniğine indirgeyerek ... tüm doğal nesnelerdeki değişikliklerin ... potansiyel ve kinetik enerjinin sabit toplamı olarak açıklanabileceğini göstermekten ibarettir ki, bu değişimlerde açıklama gerektirecek başka hiçbir şey bulunmaz" diyordu. DuBois-Reymond'un çağdaşları, güçlü kanıtlar içermeyen ve çok az açıklayıcı değer taşıyan bu iddiaların sadece boş sözlerden ibaret olduğunun farkına varmadılar.

Atomların deviniminin önemine olan inanç, sadece fizikselciler tarafından değil, onların bir kısım karşıtlarınca bile paylaşılıyordu. Hücre çekirdeğindeki kromozomların kalıtıma dahil olduğunu ve erkek cinsiyet organları tarafından üretilen cinsiyet hücrelerinin (sperma) hücre olduğunu fark eden İsviçreli hücrebilimci Rudolf Kölliker'e (1886) göre gelişim, büyüme süreçlerindeki farklılıkların kontrolünde, tamamen fiziksel bir olguydu: "İdioplazma yapıları tarafından denetlenen, düzenli ve tipik devinimlerin çekirdek içindeki varlığını kabul etmek yeterlidir."

Botanikçi Karl Wilhelm von Nägeli'nin (1884) önermelerinde dile getirilen, mekanikçilerin diğer bir gözde açıklaması, "canlı yaşamın mekaniği"ni açıklamak üzere, "en küçük parçaların devinimleri"ne başvurmaktı.[6] Dönemin önde gelen bir botanikçisi olan E. Strasburger çekirdeğin hücrenin diğer kısımlarına (sitoplazma) etkisini, "moleküler devinimlerin ... bir sinir impulsunun iletimine benzetilebilecek bir biçimde çoğalması" olarak görüyordu. Maddenin aktarımını kapsamadığı için bu fikir kuşkusuz tümden yanlıştı. Bu fizikselciler, enerji ve devinim konusundaki ifadelerinin gerçekte hiçbir şeyi açıklamadığını hiç fark etmediler. Devinimler, bir yön verilmedikçe Brown hareketleri gibi gelişigüzeldir. Bir şeylerin bu devinimlere yön vermesi gerekir ve bu ise tam da onların dirimselci karşıtlarının sürekli vurguladıkları şeydi.

Tümüyle fizikselci bir yorumun zayıflığı, özellikle döllenmenin açıklanmasında ortaya çıkıyordu. Nägeli ile Ludwig'in öğrencisi F. Miescher 1869'da nükleik asidi keşfettiğinde, spermanın işlevinin hücre bölünmesini tümüyle mekanik bir biçimde harekete geçirmek olduğunu düşündü; fizikselci önyargısının sonucu olarak, Miescher kendi buluşunun önemini tümüyle gözden kaçırdı. Jacques Loeb döllenmede gerçekten önemli olan etmenlerin spermadaki nükleinler değil, iyonlar olduğunu ileri sürdü. Loeb'in, "Branchipus* tatlı suda yaşayan bir kabukludur. Yoğun tuz çözeltisinde yetiştirilirse, küçülür ve diğer bir

* Su birikintilerinde, hendeklerde, su oluklarında yaşayan bir tür ilkel kabuklu. (ç.n.)

kısım değişikliklere uğrar. Bu durumda Artemia* olarak adlandırılır" şeklindeki tanımı okuyanı şaşkınlığa uğratır. Fizikselcilerin kimya ve özellikle fizikokimya konusundaki bilgiçlikleri biyoloji bilgileriyle uygunluk taşımıyordu. Çeşitli dış etmenlerin büyüme ve farklılaşma üzerindeki etkilerini çok büyük bir dikkatle çalışan Sachs bile, aynı ışık, su ve besin koşulları altında yetiştirilen farklı bitki türlerine ait tohumların niçin tümüyle farklı türler ortaya çıkaracağı sorusuna hiç kafa yormamış görünmektedir.

Modern biyolojide belki de en uzlaşmaz mekanikçi ekol, 1880'li yıllarda Wilhelm Roux'nun ortaya çıkardığı gelişim mekaniğidir (Entwicklungsmechanik). Bu embriyoloji ekolü, sadece filogenetik sorularla ilgilenen karşılaştırmalı embriyolojinin tek yanlılığına karşı isyankâr bir tepki niteliği taşıyordu. Roux'nun meslektaşı embriyolog Hans Driesch, böyle bir derecelendirme mümkünse, başlangıçta çok daha fazla mekanikçiydi, ancak sonunda aşırı mekanikçiliği bırakıp hepten aşırı bir dirimselci oldu. Driesch'in düşüncesindeki bu değişim, iki hücreli evredeki bir deniz kestanesi embriyosunu tekhücreli iki ayrı embriyoya ayırdığında, bu iki embriyonun, mekanikçi kuramlarının öngördüğü şekilde iki yarım organizmaya doğru gelişim göstermediğini gözlemlediğinde gerçekleşti. Her iki embriyo da dengeli biçimde gelişip, biraz daha küçük ama başka yönlerden mükemmel birer larva haline gelmişti.

Canlılar ve yaşam süreçlerinin indirgemeci fizikselci düşünceyle basit ve etraflı bir biçimde açıklanamayacağını kabul eden şüpheci duruşu hep benimsemekle yetinseler de, zaman içinde, yaşam üzerine bu katıksız fizikselci açıklamaların anlamsızlığı ve hatta gülünçlüğü, çoğu biyolog için açık hale geldi.

Dirimselciler

"Yaşam"ı açıklama sorunu, Bilimsel Devrim'den on dokuzuncu yüzyıla kadar dirimselcilerin ilgi odağı oldu, fakat biyo-

* Tuzlu sularda, tuz göllerinde, tuzlalarda yaşayan bir tür eklembacaklı. (ç.n.)

lojinin 1820'lerde başlayan gelişimine kadar bilimsel inceleme konusu olmadı. Descartes ve onu izleyenler, hayvan ve bitkiler üzerine çalışanları canlı organizmalarla cansız madde arasında temelde bir farklılık olmadığı konusunda ikna etmeyi başaramamışlardı. Bununla birlikte, fizikselciliğin yükselişinden sonra bu doğacılar yaşamın doğasına yeni bir gözle bakmak zorunda kaldılar ve Descartes'ın canlılarla ilgili makine kuramına karşı (fizikötesine ait ya da dinbilimsel değil) *bilimsel* kanıtlar geliştirmeye giriştiler. Bu gereksinim, biyolojide dirimselci ekolü doğurdu.[7]

Dirimselcilerin fizikselci açıklamalara karşı tepkileri birbirlerinden farklıydı, çünkü fizikselci paradigmanın kendisi, sadece, yaşam süreçlerinin mekanik olduğu ve fizikle kimyanın yasalarına indirgenebilecekleri şeklindeki iddialarında değil, aynı zamanda canlı organizmalar ve basit madde arasındaki farklılıklar, hayvan ve bitkilerde uyumsal fakat çok daha fazla girift özelliklerin varlığı -Kant'ın erekçiliği- ve evrimsel açıklamalar gibi, hesaba katmayı başaramadıkları şeyler için de geçerliydi. Bu iddia ve ihmallerin her biri, fizikselciliğin karşısında olanların biri ya da diğeri tarafından eleştirildi. Bazı dirimselciler açıklanamayan yaşamsal özellikler üzerine odaklanırken, diğerleri canlı varlıkların bütünsel doğası, daha başkaları ise döllenmiş yumurtanın gelişiminde olduğu gibi çevreye uyumluluk ya da yönlendirilmişlik üzerinde duruyordu.

Fizikselciliğin çeşitli yönlerini hedef alan tüm bu karşı savlar, geleneksel olarak dirimselcilik adı altında toplandı. Bazı yönlerden bu tümüyle yanlış da değildi çünkü fizikselci düşünce karşıtlarının tümü canlı organizmaların yaşama özgü niteliklerinin olduğunu savunuyordu. Öte yandan dirimselci etiketi, bu grubun barındırdığı farklı eğilimleri gizliyordu.[8] Örneğin, Almanya'da, Lenoir'nın teleomekanikçiler dediği bazı biyologlar, fizyolojik süreçleri mekanik olarak açıklamak istiyorlardı, fakat bunun, döllenmiş yumurtanın gelişiminde olduğu gibi uyum ya da yönlendirilmiş süreçleri açıklayamadığı konusunda ısrar et-

tiler. Bu meşru sorular, 1790'dan on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar önde gelen düşünür ve biyologlar tarafından tekrar tekrar soruldu, ancak tüm bunlar, Ludwig Sachs ya da Loeb gibi öncü konumdaki fizikselcilerin eserleri üzerinde çok az etkili oldu.

Dirimselcilik on yedinci yüzyılda ortaya çıkışında açık bir biçimde bir karşı akım niteliğindeydi; Bilimsel Devrim'in mekanikçi felsefesine ve Galileo'dan Newton'a tüm fizikselciliğe bir isyandı. Dirimselcilik, hayvanların birer makineden başka bir şey olmadığı öğretisine ve yaşamın tüm belirtilerinin devinim içindeki madde olarak eksiksiz bir biçimde açıklanabileceği düşüncesine şiddetle karşı çıktı. Ancak dirimselciler, Descartesçı modeli reddedişlerinde ne kadar kararlı ve ikna ediciyseler, kendi açıklama çabalarında da aynı ölçüde belirsiz ve inandırıcılıktan uzaktılar. Açıklamalar büyük çeşitlilik arz ediyordu ancak birleştirici bir kuram yoktu.

Bir kısım dirimselcilere göre yaşam, ya cansız maddede bulunmayan, protoplazma adını verdikleri özel bir madde ya da maddenin örneğin koloidal hal gibi özel bir durumda bulunmasına bağlıydı ve fizikokimyasal bilimlerin her iki olasılığı da inceleyecek donanıma sahip olmadığı iddia ediliyordu. Başka bir dirimselci grup, Lebenskraft, Entelegkheia ya da élan vital olarak da adlandırılan, fizikçilerin ele aldığı güçlerden farklı, amacını kendi içinde taşıyan bir yaşamsal gücün varlığını kabul ediyordu. Böyle bir gücün varlığını kabul edenlerin bir kısmıysa aynı zamanda, yaşamın nihai bir amaç için var olduğuna inanan teleoloji savunucularıydı. Diğer yazarlar, canlı organizmaların fizikselcilerle açıklanamamış yönlerini aydınlığa kavuşturmak için psikolojik ya da zihinsel güçlere (psiko-dirimselcilik, psiko-Lamarckçılık) başvurdular.

Bir yaşamsal gücün var olduğunu savunanların, bu gücün niteliği konusunda çok farklı görüşleri vardı. Aşağı yukarı on yedinci yüzyılın ortalarından itibaren, söz konusu yaşamsal etmen en çok, Newton'un yerçekimi fikri ile kalorik, filojiston ve diğer

"ölçülemeyen akışkanlar"la benzerliği açısından tanımlandı. Yerçekimi görünmezdi ve aynı şekilde sıcak olandan soğuk olan nesneye akan ısı da öyle; bu yüzden, her ne kadar doğaüstü bir şey olması zorunlu değilse de yaşamsal akışkanın da görünmez olması rahatsız edici ya da olasılık dışı görülmüyordu. Örneğin, on sekizinci yüzyılın nüfuzlu doğacılarından Alman J. F. Blumenbach (soy tükenmesi, yaratılış, felaketler, mutasyona yatkınlık ve kendiliğinden oluşum üzerine pek çok yazısı vardır) görünmez olmasına rağmen bu yaşamsal akışkanın yine de son derece gerçek olduğunu ve yerçekimi gibi bilimsel araştırmaya konu olabileceğini düşünüyordu.[9] Yaşamsal akışkan kavramı, neticede yaşamsal güç kavramıyla yer değiştirdi. Hatta Johannes Müller gibi saygın bir bilim insanı bile, başka şekilde izah edilemeyen yaşamın belirtilerini açıklamak için bir yaşamsal gücün zorunlu olduğunu kabul etti.

İngiltere'de on altı, on yedi ve on sekizinci yüzyıllarda tüm fizyologlar, dirimselci fikirlere sahipti ve dirimselcilik 1800-1840 arasında J. Hunter, J. C. Prichard ve diğerlerinin eserlerinde hâlâ güçlü bir görüş olarak yer alıyordu. Dekartçılığın özellikle güçlü olduğu Fransa'da dirimselcilere karşıt akımın aynı ölçüde kuvvetli olması sürpriz değildir. Fransa'da bu görüşün önde gelen temsilcileri Montpellier ekolü (bir grup dirimselci hekim ve fizyolog) ile dokubilimci F. X. Bichat'tı. Hatta, sinir ve sindirim sistemleri gibi pratik konular üzerine çalışan ve kendisini dirimselcilik karşıtı kabul eden Claude Bernard dahi aslında birkaç dirimselci fikri savunuyordu. Bunun da ötesinde, çoğu Lamarckçı bazı fikirlerinde daha çok dirimselci bir duruş sergiliyordu.

Dirimselciliğin en kapsamlı gelişimi ve fikir olarak en zengin çeşitliliği gösterdiği yer Almanya'ydı. Filojiston yanma kuramıyla bilinen, on yedinci yüzyıl sonlarının hekim ve kimyacısı Georg Ernst Stahl mekanikçilerin önde gelen ilk karşıtıydı. Stahl belki de bir dirimselciden çok bir canlıcıydı, fakat düşünceleri Montpellier ekolünün öğretisinde büyük bir rol oynadı.

Almanya'da dirimselci akıma güç kazandıran diğer etmen, on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında gelişim biyolojisine egemen olan ön oluşum (preformasyon) kuramını savunanlar ile sıralı oluşum (epigenez) kuramını savunanlar arasındaki tartışmaydı. Ön oluşumu savunanlar, yetişkin vücudunun uzuvlarının gelişimin en başında daha küçük biçimde var olduğunu kabul ediyordu. Sıralı oluşumu savunanlar ise, yetişkin uzuvlarının başlangıçta var olmadığını, bunların gelişim sürecinin ürünü olarak ortaya çıktığını ileri sürüyordu. Embriyolog Caspar Friedrich Wolf 1759'da ön oluşum düşüncesini çürütüp yerine sıralı oluşum düşüncesini önermek için tümüyle şekilsiz bir kitle halindeki döllenmiş yumurtayı belli bir türün yetişkinine dönüştürecek bir nedensel etmene başvurmak zorundaydı. Wolf bu etmeni *asli güç* (*vis essentialis*) olarak adlandırdı.

J. F. Blumenbach belirsizlik içeren *asli güç* kavramını reddederek yerine, yalnız embriyonun değil, aynı zamanda büyüme, yenilenme ve üremede önemli bir rol oynayan kendine özgü bir biçimlendirici güç (*nisus formativus*) kavramını önerdi. Blumenbach, yaşamın sürmesini sağlayan uyarılabilme ve duyarlık gibi başka bazı güçlerin varlığını da kabul ediyordu. Blumenbach bu güçlerle ilgili gayet pratik bir yaklaşım sergiliyor, nedenlerini çözemediği, gözlemlenen süreçleri etiketler olarak kabul ediyordu. Onun için bunlar fizikötesine ait ilkelerden çok karakutulardı.

On dokuzuncu yüzyıl başlarında F. W. J. Schelling ve onu izleyenlerce geliştirilen Alman felsefesinin Doğa felsefesi dalı açık şekilde bir metafiziksel dirimselcilikti. Ancak, Wolff, Blumenbach ve sonunda Müller gibi faal biyologların uygulamaya dönük felsefeleri metafiziksel olmaktan çok fizikselci karşıtıydı. Müller, bilime aykırı metafizikçi biçiminde haksız bir suçlamayla iftiraya uğramıştır. Müller çocukluğundan itibaren kelebek ve bitki toplayıcısı olarak bir doğacının organizmalara bütüncül bakma alışkanlığını edinmişti. Daha çok matematik ve fizik bilimlerine eğilimli öğrencileri ise onun bu algılayış tarzından

yoksundu. Müller, "yaşam atomların bir devinimidir" sloganının anlamsızlığını, hiçbir açıklayıcı değer taşımadığını ve kendisinin alternatif Lebenskraft (yaşamsal güç) kavramının her ne kadar noksan olsa da, isyankâr öğrencilerinin sığ fizikselci açıklamalarından bir genetik program kavramına daha yakın olduğunu fark etti.[10]

Dirimselciler öne sürdükleri savların çoğunda günümüzde genetik programla açıklanan, canlıların belirli özelliklerini açıklamayı amaçlıyordu. Bu ekolün savunucuları makine kuramını çürüten, tüm yönleriyle geçerli savlar öne sürdüler. Ancak mevcut biyolojik açıklamaların geri bir düzeyde olmasından ötürü, sonunda yirminci yüzyıl boyunca bulunacak yaşamsal süreçlerle ilgili açıklamalara ulaşamadılar. Sonuç olarak, dirimselcilerin ortaya koyduğu önermelerin çoğu olumsuzdu. Örneğin Driesch 1890'lardan itibaren, fizikselciliğin embriyona ait yapılarda kendi kendini düzenleme, yenilenme ve üreme ile hafıza ve zekâ gibi ruhsal olguları açıklayamayacağını savundu. Bununla beraber, Driesch'in kullandığı "Entelegkheia" sözcüğünün yerine "genetik program" ifadesi konulduğunda, ortaya çıkan tümüyle makul cümlelerin çokluğu dikkate değerdir. Söz konusu dirimselciler, mekanikçi açıklamalarda bir şeyin eksik olduğunu bilmenin yanı sıra, mekanikçilerin açıklayamadığı olgu ve süreçlerin doğasını da ayrıntılarıyla tanımladılar.[11]

Dirimselci açıklamalara ait zayıf yönlerin çokluğu ve hatta çelişkileri göz önünde tutulursa, dirimselciliğin bu kadar yaygın olarak benimsenmesi ve uzun süre kalıcı olması şaşırtıcı görünebilir. Görebildiğimiz kadarıyla bunun nedenlerinden biri, yaşam üzerine indirgemeci makine kuramına başka bir alternatif olmayışıydı ki bu, ayrıca pek çok biyolog için sorgulanamaz bir şeydi. Diğer bir nedense dirimselciliğin kozmik bir amaca inanç -teleoloji ya da erekçilik- gibi diğer egemen ideolojiler tarafından şiddetle desteklenmiş olmasıdır. Almanya'da Immanuel Kant'ın dirimselcilik ve özellikle de teleomekanikçilik ekolü üzerinde güçlü bir etkisi oldu. Bu etkinin, Driesch'in eserlerin-

de de sürdüğü açıkça gözlenir. Çoğu dirimselcinin eserinde erekçilikle kurulan yakın ilişki açıktır.[12]

Kısmen teleolojik eğilimleri nedeniyle dirimselciler, Darwin'in doğal seçilim fikrine şiddetle karşı çıktılar. Darwin'in evrim kuramı herhangi bir kozmik teleolojinin varlığını reddediyordu ve bunun yerine, evrimsel değişimi açıklamak üzere doğal seçilim "mekanizma"sını koyuyordu: "Darwin'in, hayatta kalma mücadelesinde doğal seçilimi keşfinde biyolojinin tüm alanlarında mekanik olarak işleyen nedenselliklerin bütünüyle geçerli olduğuna dair en kesin kanıtı buluruz ve bunda organizmalar üzerine teleolojik ve dirimselci tüm yorumların kesin bir şekilde son buluşunu görürüz" (Haeckel 1866). Doğal seçilim, uyum sahasında dirimselci açıklamaları gereksiz kıldı.

Diğer dirimselciler gibi Driesch de aşırı bir Darwincilik karşıtıydı, ancak doğal seçilime karşı ileri sürdüğü savlar tutarlı bir biçimde anlamsızlık içeriyor ve açıkça, bu kuramı hiç anlamadığını gösteriyordu. Darwincilik erekçi ya da dirimselci görüşleri redderek ve aynı zamanda evrim için bir mekanizma sağlayarak "yaşam"ı açıklamaya yönelik yeni bir paradigmanın temeli haline geldi.

Dirimselciliğin çöküşü

Dirimselcilik ilk kez önerildiği ve geniş ölçüde kabul edildiği dönemde, "Yaşam nedir?" şeklindeki kafa kurcalayıcı soruya akılcı bir yanıt verir görünüyordu. Bunun yanı sıra dirimselcilik sadece Bilimsel Devrim'in kaba mekanikçiliğine değil, aynı zamanda on dokuzuncu yüzyıl fizikselciliğine karşı o dönemde meşru bir dinbilimsel alternatif oluşturuyordu. Dirimselcilik görünüşte, yaşamın belirtilerini indirgemeci makine kuramını savunan karşıtlarından çok daha başarılı bir biçimde açıklıyordu.

Bununla birlikte, dirimselciliğin biyolojide ne derece baskın ve uzun süre kalıcı olduğu düşünüldüğünde, bu akımın bu kadar çabuk ve tümden çöküşü oldukça şaşırtıcıdır. Geçerli bir

fikir olarak dirimselciliğe son destek de, 1930'larda ortadan kayboldu. Diğer çok sayıda etmenin de bu yıkımda payı vardır.

İlk olarak, dirimselcilik zaman içinde daha fazla sıklıkla, bilimsel bir kavramdan çok fizikötesine ait bir kavram olarak görüldü. Bilime aykırı görülüyordu çünkü dirimselciler, savlarını sınamak için yöntemden yoksundular. Dirimselciler, dogmatik şekilde bir yaşamsal gücün varlığını öne sürerek, canlı organizmaların temel işlevlerini açıklığa kavuşturacak yapıcı bir indirgemecilik arayışına çoğu kez engel oldular.

İkinci olarak, organizmaların cansız maddelerden tamamen farklı, özel bir tözden yapıldığına ilişkin inanç giderek desteğini kaybetti. Hemen hemen tüm on dokuzuncu yüzyıl boyunca, bu tözün çekirdeğin dış kısmındaki hücresel malzeme olan protoplazma olduğuna inanıldı.[13] Daha sonra bu malzemeye sitoplazma denildi (terimi öneren Kölliker'di). Protoplazma "koloidal" denilen özelliklere sahip göründüğünden, kimyanın yeni bir dalı olarak koloit kimyası gelişti. Bununla birlikte biyokimya, elektron mikroskobuyla inceleme yöntemiyle, sonunda sitoplazmanın gerçek bileşimini saptadı ve onun çeşitli bileşenlerinin (organeller, zarlar ve makromoleküller) doğasını açıklığa kavuşturdu. Bir özel töz "protoplazma"nın olmadığı keşfedildi ve sözcükle fikir biyoloji literatüründen çıktı. Benzer şekilde, koloidal halin niteliği biyokimyasal olarak açıklandı ve koloit kimyası ortadan kalktı. Böylece, canlı bir töz kategorisine dair tüm açıklamalar geçerliliğini yitirdi ve canlı maddenin görünürde biricik özelliklerini makromoleküller ve bunların organizasyonu bakımından açıklamak mümkün hale geldi. Makromoleküller, cansız maddede olduğu gibi aynı atom ve küçük moleküllerden oluşmaktadır. Wöhler'in 1828'de organik bir bileşik olan üreyi laboratuvarda sentezlemesi, inorganik bileşiklerin yapay olarak organik bir moleküle dönüşmesiyle ilgili ilk kanıt oldu.

Üçüncü olarak, dirimselcilerin maddesel olmayan bir yaşam gücünün varlığını göstermek için harcadıkları tüm çabalar ba-

şarısızlıkla sonuçlandı. Fizyolojik ve gelişimsel süreçler bir kez hücresel ve moleküler düzeylerde fizikokimyasal süreçler olarak açıklanmaya başlayınca, geriye dirimselci bir izahı gerektirecek herhangi bir açık nokta kalmadı. Kısacası, dirimselcilik gereksiz hale geldi.

Dördüncü olarak, daha önceleri dirimselciliğin kanıtı olarak gösterilen olayları açıklayacak yeni biyoloji kavramları geliştirildi. Bu değişiklikte özellikle iki gelişme önemli rol oynamıştır. Birincisi, nihai olarak genetik program kavramının ortaya çıkmasına yol açan genetik biliminin doğuşuydu. Bu, amaca yönelmiş tüm yaşam olaylarını en azından prensipte genetik programlar tarafından denetlenen teleonomik süreçler olarak açıklamayı mümkün kıldı. Yeniden açıklanacak bir başka olgu ise, Kant'ın erekçilik (Zweckmässigkeit) görüşüydü. Bu yeniden yorumlama ikinci gelişme olan Darwincilikle gerçekleşti. Doğal seçilim, canlı doğadaki büyük değişkenlikten yararlanarak, uyumluluğu mümkün kılıyordu. Böylece, dirimselciliğin iki temel ideolojik dayanağı -teleoloji ve seçilim karşıtlığı- yıkıldı. Genetik bilimi ve Darwincilik, dirimselciler tarafından bir yaşamsal töz ya da güce başvurmaksızın açıklanamayacağı savunulan olaylar üzerine geçerli yorumlar getirmede başarılı oldu.

Fizikselcilerin yazdıklarına inanılacak olursa, dirimselcilik biyolojinin gelişmesi önünde bir engelden başka bir şey değildi. Dirimselcilerin, yaşam olgusunu bilimin alanından çıkarıp metafiziğin alanına kaydırdıkları iddia ediliyordu. Bu eleştiri daha mistik eğilimli bazı dirimselcilerin eserleri için gerçekten doğrulanmış olmakla birlikte, fizikselcilerin açıklamadan bıraktığı yaşamın tüm yönlerini açık seçik ve etkili bir biçimde ifade eden Blumenbach ve daha tanınmış bir bilim insanı olan Müller'e yöneltildiğinde haklı bir eleştiri değildir. Müller'in benimsediği açıklamanın bir başarısızlık olması, çözümlenmeyi bekleyen problemleri saptamadaki hünerini gölgelemez.

Bilim tarihinde, net bir biçimde ortaya konulan bir problem için temel çalışmanın henüz yerli yerine oturmamış olmasından

ötürü uygun olmayan açıklayıcı sistemlerin benimsendiği benzer pek çok durum söz konusu olmuştur. Kant'ın teleolojik evrim açıklaması çok iyi bilinen bir örnektir. Yaşamın açıklanmasında sığ bir fizikselicliğin boşluğunu göstermek için dirimselcilik akımının zorunlu olduğu sonucuna varmak belki de haklı görünebilir. François Jacob'un (1973) doğru şekilde belirttiği gibi, aslında dirimselcilerin biyolojinin bağımsız, bilimsel bir disiplin olarak tanınmasında önemli bir payı vardı.

Dirimselcilik ve fizikselciliğin yerini alan organikçi düşünceye geçmeden önce, yirminci yüzyılda yaşanan garip bir gelişmeye, fizikselciler arasında dirimselci inanışların gelişmesine değinebiliriz. Görünüşe göre, cansız doğada bulunmayan özel yasaların canlılarda işliyor olabileceğini ileri süren ilk kişi Niels Bohr'du. Bohr bu yasaların canlılara özgü olmaları sayılmazsa, fiziğin yasalarının benzeri olduklarını düşündü. Erwin Schrödinger ve başka fizikçiler de benzer fikirleri desteklediler. Francis Crick (1966) bir kitabın tümünü, fizikçi Walter Elsasser ile Eugene Wigner'ın dirimselci düşüncelerini çürütmeye adadı. Saygın biyologların zihinlerinde kaybolmasından çok sonra, dirimselciliğin bir biçiminin bir kısım saygın fizikçinin zihninde yaşamayı sürdürmesi dikkate değerdir.

Daha ironik olansa 1925 sonrası dönemde birçok biyoloğun, görelilik kuramı, Bohr'un tamamlayıcılık ilkesi, kuantum mekaniği ve Heisenberg'in belirsizlik ilkesi gibi yeni keşfedilen fizik ilkelerinin biyolojik süreçler üzerinde yeni kavrayışların önünü açacağına inanmasıydı. Doğrusunu söylemek gerekirse, kanımca bu fizik ilkelerinin hiçbiri biyolojiye uygulanamaz. Bohr'un tamamlayıcılık ilkesine biyolojide kanıt araması ve bunu gerçekleştirmek için kurduğu birtakım çılgınca benzerliğe rağmen, biyolojide söz konusu ilke gibi bir şey kesinlikle yoktur.

Dirimselcilik, felsefecilerin eserlerinde fizikçilerin eserlerinde olduğundan çok daha uzun süre varlığını sürdürdü. Ancak bildiğim kadarıyla, biyoloji üzerine kafa yoranlar arasında 1965'den sonra yayın yapanların hiçbiri dirimselci değildir. Ha-

yatta olanlar arasında açık bir biçimde dirimselciliği destekleyen saygın bir biyoloğun varlığını da bilmiyorum. Yirminci yüzyılın sonlarına tarihleyebileceğimiz ve dirimselci eğilimleri olan az sayıdaki biyolog da (A. Hardy, S. Wright, A. Portmann) artık hayatta değildir.

Organikçiler

Aşağı yukarı 1920'lere gelindiğinde, dirimselcilik itibarını kaybetmiş görünüyordu. Fizyolog J. S. Haldane'nin (1931) tamamen doğru olarak ifade ettiği gibi, "biyologlar neredeyse ittifak halinde, dirimselciliği doğruluğu kabul edilen bir inanç olarak görmemeye başladılar." Haldane, aynı zamanda salt mekanikçi bir izahın da yaşam için çok tipik bir özellik olan eşgüdümü açıklayamayacağını söylüyordu. Haldane'i özellikle şaşırtan şeyse gelişme esnasında düzenli bir sırayla gerçekleşen olaylardı. Haldane, dirimselci ve mekanikçi yaklaşımların her ikisinin de geçersizliğini gösterdikten sonra, "söz konusu tüm olgularda, bir yetişkin canlı için normal olanı ifade eden eşgüdümlü olma eğilimini gözlememizden yola çıkarak, biyoloji için farklı bir kuramsal temel bulmak zorundayız" diyordu.

Dirimselciliğin çöküşü mekanikçiliğin zaferine yol açmak yerine, yeni bir açıklama sisteminin ortaya çıkmasına neden oldu. Bu yeni paradigma, moleküler düzeydeki süreçlerin fizikokimyasal mekanizmalarla bütün ayrıntılarıyla açıklanabileceğini, ancak bu gibi mekanizmaların daha yüksek bütünleşme düzeylerinde -ihmal edilebilir ölçüde olmasa da- giderek azalan bir rol oynadığını kabul ediyordu. Bunlar, düzenli sistemlerin ortaya çıkan özellikleriyle tamamlanmakta ya da yerlerini bu özelliklere bırakmaktadırlar. Canlı organizmaların kendilerine has özellikleri onların bileşimine değil, daha çok organizasyonlarına dayanmaktadır. Bu düşünce tarzı günümüzde genellikle *organikçilik* olarak bilinir. Bu yaklaşım, çok karmaşık düzene sahip sistemlerin özellikleri ve organizmalardaki evrimleşmiş genetik programların tarihsel niteliği üzerinde durur.

1919'da organikçilik terimini[14] uyduran W. E. Ritter'e göre, "Bütünler parçaları ile öylesine ilişkilidir ki, bütünün varlığı, parçalarının düzenli işbirliğine ve birbirlerine tabi olmalarına bağlı olmakla kalmaz, bütünler aynı zamanda, parçalarını belirleyici bir denetimle sınırlarlar" (Ritter ve Bailey 1928). J. C. Smuts (1926) parçalar ile bütün arasında organik ve işlevsel ilişkinin önemini vurgulayan bütüncü (holistic) organikçilik görüşünü şöyle açıklıyordu: "Burada sunulan görüşe göre bütün, basit olmayıp, parçalardan oluşmuş bir bileşimdir. Organizmalar gibi doğal bütünler, şöyle ya da böyle aktif ilişki ve etkileşim içindeki çok sayıda parçadan oluşan, karmaşık ya da bileşik yapılardır. Bir organizmayı oluşturan hücrelerin kendileri de daha küçük bütünler olabilir." Smuts'ın bu ifadeleri daha sonraları diğer biyologlar tarafından, "Bir bütün kendi parçalarının toplamından daha fazla bir şeydir"[15] şeklinde özlü bir ifadeye dönüştürüldü.

1920'li yıllardan itibaren bütüncülük ve organikçilik terimleri birbirinin yerine kullanılagelmiştir. Başlangıçta bütüncülük daha sık kullanılıyordu. Hatta "bütüncü" sıfatı bugün hâlâ kullanılmaktadır. Bununla birlikte bütüncülük tümden biyolojiye ait bir terim değildir; çünkü Niels Bohr'un doğru bir biçimde ifade ettiği gibi, birçok cansız sistem de bütüncüdür. Bu nedenle bugün biyolojide, daha kısıtlı bir terim olan "organikçilik" daha sık kullanılmaktadır. Bu terim bir genetik programın varlığının yeni paradigmanın önemli bir özelliği olduğuna dair kabulü yansıtmaktadır.

Organikçilerin fizikselcilere itirazları, onların indirgemeciliklerine olduğundan daha çok mekanikçi yönlerineydi. Fizikselciler açıklamalarının mekanikçi açıklamalar olduğunu söylüyorlardı -bu gerçekten böyleydi- ancak bu açıklamaların bir başka özelliği, aynı zamanda mekanikçi olmalarından çok daha fazla indirgemeci olmalarıydı. İndirgeyicilere göre açıklama sorunu bir bütünü en küçük bileşenlerine indirgeme işi tamamlandığında, ilkesel olarak çözülmüş oluyordu. İndirgeyiciler, tüm bile-

şenlerin envanteri çıkarılıp her bir bileşenin işlevi saptandığında, daha üst düzeylerdeki organizasyonlarda gözlemlenen her şeyi açıklamanın da kolay bir iş olacağını iddia ediyorlardı.

Organikçiler indirgemeci açıklamanın, organizmanın daha üst düzeylerdeki organizasyonlarda ortaya çıkan özelliklerini açıklayamadığı için bu savın son derece yanlış olduğunu açık bir şekilde gösterdiler. Garip bir şekilde çoğu mekanikçi bile katıksız bir indirgemeci açıklamanın yetersizliğini itiraf etmiştir. Örneğin, düşünür Ernest Nagel (1961) biyolojide, "halihazırda fizikokimyasal açıklamaların hiç rol oynamadığı çok sayıda çalışma alanı bulunmakta ve fizikokimyasal niteliği olmayan, önde gelen birçok biyoloji kuramından başarıyla faydalanılmakta olduğu"nu kabul etmektedir. Nagel "halihazırda" sözcüğünü araya sıkıştırarak indirgemeciliği korumaya çalışsa da, yayılış alanı, cezbetme, avcı şaşırtma vb. gibi tamamen biyolojiye ait kavramların, terminolojik anlamlarını tümüyle kaybetmeksizin kimya ve fizik terimlerine asla indirgenemeyeceği zaten apaçık ortadaydı.[16]

Bütüncülüğün öncüleri (örneğin, E. S. Russell ve J. S. Haldane) indirgemeci yaklaşıma şiddetle karşı çıkarak, bütüncü yaklaşımın davranış ve gelişim gibi olgular için ne kadar uygun olduğunu ikna edici bir biçimde açıkladılar. Bununla birlikte, bütüncü olguların gerçek niteliğini açıklamayı başaramadılar. "Bütün"ün doğasını ya da parçaların bütünle kaynaşmasını açıklamaya çalıştıklarında, bunu başaramadılar. Ritter, Smuts ve bütüncülüğün diğer öncü savunucuları, kendi açıklamalarında aynı şekilde belirsiz ve bir bakıma metafizikçiydiler. Gerçekten de Sumts'ın bazı ifadeleri biraz teleolojik bir tonu hissettirir.[17]

Bununla birlikte, Alex Novikoff (1947) canlı organizmalara ilişkin bir açıklamanın niçin bütüncü olması gerektiğini oldukça ayrıntılı bir biçimde ifade etmiştir. "Belirli bir düzeydeki bütünler, bir üst düzeydeki bütünlerin parçalarını oluştururlar... bütünler de parçalar da maddi varlıklardır ve parçaların kendi özelliklerinin sonucu olarak karşılıklı etkileşimlerinden bütün-

leşme ortaya çıkar." Bütüncülük indirgemeyi reddettiği için, "canlı organizmaları makinenin pistonları gibi yerinden sökülebilen ve söküldükleri sistem göz önünde bulundurulmadan tanımlanabilen çok sayıda tek tek parçadan (fizikokimyasal birim) ibaret makineler olarak ele almaz." Parçalar arasındaki etkileşimlerden ötürü tek tek parçaların açıklanışı, sistemin bir bütün olarak taşıdığı özellikleri ifade etmez. Sistemin tümünü kontrol eden etmen, bu parçaların organizasyonudur.

Hücreden dokulara, organlara, organ sistemlerine ve tüm organizmalara kadar her düzeyde parçalar arasında bir bütünleşme vardır. Bu bütünleşme, biyokimyasal düzeyde, gelişimsel düzeyde ve davranışsal düzeyde bulunmaktadır.[18] Bütüncülerin tümü, hiçbir sistemin bireysel bileşenlerinin özellikleriyle etraflıca açıklanamayacağı konusunda fikir birliği içindedir. Organikçiliğin dayandığı temel, canlı organizmaların organizasyona sahip oldukları gerçeğidir. Canlılar çeşitli özelliklerin ya da moleküllerin bir araya gelmesiyle oluşmuş yığınlar değildir; çünkü işlevleri tümüyle organizasyonlarına, karşılıklı ilişkilerine, etkileşimlerine ve birbirlerine bağımlılıklarına dayanır.

Ortaya çıkma

Şimdi, modern biyolojideki açıklayıcı çerçevenin iki temel dayanağının bütüncülüğün ilk sunumlarında yer almadığını anlamış bulunuyoruz. Birincisi, genetik program kavramının yokluğudur ki bunun nedeni kavramın o dönemde henüz geliştirilmemiş olmasıydı. Diğeriyse ortaya çıkma kavramıdır ki bütünleşmenin daha üst düzeylerinde, daha düşük bileşenlerle ilgili bir bilgiden öngörülemeyecek yeni özelliklerin ortaya çıkmasıdır. Bu kavramın eksik olmasının nedeni ya düşünülmemiş olması ya da bilime aykırı ve fizikötesine ait olduğu için değerlendirme dışı bırakılmasıydı. Organikçilik, genetik program ve ortaya çıkma kavramlarını sonuçta birleştirerek indirgemecilik karşıtı niteliğini kazandı, ancak mekanikçi niteliğini korudu.

Jacob (1973) ortaya çıkmayı şöyle açıklar: "Her düzeyde, boyutları görece bir kusursuzlukla tanımlı ve neredeyse özdeş yapı birimleri bir üst düzeyin bir birimini oluşturur. Alt birimlerin bütünleşmesiyle oluşan bu birimlerin her birine "integron" toplu ismi verilebilir. Bir integron bir alt düzeydeki integronların bir araya gelmesiyle oluşur ve bir üst düzeydeki integronun yapısında yerini alır." Her integron daha alttaki herhangi bir bütünleşme düzeyinde bulunmayan yeni özellik ve yeteneklere sahiptir; bunların, ortaya çıktığı söylenebilir.[19]

Ortaya çıkma kavramı, ilk olarak Lloyd Morgan'ın ortaya çıkan evrim (emergent evolution) üzerine kitabıyla (1923) duyuldu. Bununla birlikte, ortaya çıkan evrimi benimseyen Darwincilerin bu konuda bazı kuşkuları vardı, çünkü bu kavramın türlerin uzun jeolojik zaman dönemleri boyunca yavaş ve sürekli olarak evrildiği düşüncesine aykırı olmasından korkuyorlardı. Gerçekten de ortaya çıkan evrimi ilk savunanların bir kısmı, özellikle Mendelcilik döneminde, aynı zamanda sıçramalı evrimi de (saltationism) savunuyordu; yani evrimin süreksiz, büyük atlamalar ya da sıçrayışlar şeklinde ilerlediğine inanıyorlardı. Günümüzde bu kuşkular ortadan kalkmıştır, çünkü artık evrim biriminin gen ya da bireyler değil, popülasyon (ya da tür) olduğu anlaşılmış bulunuyor. Bir bütün olarak popülasyon kaçınılmaz bir biçimde aşamalı evrimleşmek zorundayken, birey mevcut DNA'da yeniden birleşimlerle popülasyon içinde farklı biçimlere (fenotiple ilgili süreksizlikler) sahip olabilir. Modern bir evrimci, yeni ve daha üstteki bir düzeyin ortaya çıkmasını temsil eden daha karmaşık bir sistemin oluşumunun kesinlikle genetik varyasyon ve seçilimle ilgili olduğunu söyleyecektir. İntegronlar doğal seçilim aracılığıyla evrimleşirler ve her düzeyde uyum gösteren sistemlerdir; çünkü bir bireyin uyumuna katkı sağlarlar. Hiç kuşkusuz, bu durum Darwinciliğin ilkeleriyle çelişmemektedir.

Özetleyecek olursak, organikçilik organizmanın bir bütün olarak ele alınmasının önemine inanç ve aynı zamanda bu bütünlüğün, gizemli bir biçimde incelemeye kapalı bir şey olarak

değil, doğru inceleme düzeyinin seçilmesiyle araştırılıp incelenmesinin gerekliliğine dair güçlü bir kanaat olarak nitelendirilebilir. Bir organikçi, incelemeyi reddetmez, ancak incelemenin anlamlı bilgi ve yeni kavrayışlar getireceği, en alt düzeye doğru sürdürülmesi gerektiği konusunda ısrarcıdır. Tek tek ele alındığında her sistem, her integron bazı özelliklerini kaybeder ve bir organizmanın bileşenleri arasındaki birçok önemli etkileşim, fizikokimyasal düzeyde değil, daha üstteki bir bütünleşme düzeyinde cereyan eder. Son olarak, birbirini izleyen her üst düzey bütünleşmede ortaya çıkan canlı integronların gelişim ve etkinliklerini denetleyen şey genetik programdır.

Yaşamın Ayırt Edici Özellikleri

Günümüzde ister pratiğin içindeki biyologlara ister bilim felsefecilerine danışılsın, canlı organizmaların doğası üzerinde bir uzlaşma olduğu görülmektedir. Canlı organizmaların moleküler düzeyde tüm -hücresel düzeyde ise çoğu- işlevleri fizik ve kimya yasalarına uymaktadır. Geriye bağımsız dirimselci ilkeleri gerektirecek bir araştırma nesnesi kalmamaktadır. Bununla birlikte, organizmalar cansız maddeden temelde farklıdırlar. Organizmalar cansız maddede hiç bulunmayan, ortaya çıkan pek çok özellikle hiyerarşik şekilde düzenlenmiş sistemlerdir ve en önemlisi ise, bu sistemlerin etkinlikleri yine cansız doğada söz konusu olmayan, tarihsel olarak kazanılmış bilgiyi içeren genetik programlar tarafından yönetilmektedir.

Sonuç olarak, canlı organizmalar olağanüstü bir ikiliği (dualism) temsil etmektedir. Bu, kısmen fiziksel olanla kısmen fizikötesine ait olan arasındaki ikiliği yansıtan, beden ve ruh ya da beden ve aklın ikiliği değildir. Modern biyolojinin ikiliği, tutarlı bir şekilde fizokokimyasaldır ve organizmaların hem genotipe hem de fenotipe sahip olmaları gerçeğinden kaynaklanır. Nükleik asitlerden ibaret olan genotipi anlayabilmek için evrimsel açıklamalara gereksinim vardır. Genotip tarafından sağlanan bilgiyi temel alarak yapılanan ve proteinler, lipidler ve diğer

makromoleküllerden oluşan fenotipi anlamak için doğrudan işlevsel açıklamalar gerekmektedir. Cansız dünyada benzer bir ikilik bilinmemektedir. Genotipi ve fenotipi açıklayabilmek için farklı türde kuramlara gereksinim vardır.

Canlı varlıklara özgü olguların bir kısmını şöyle sıralayabiliriz:

Evrimleşmiş programlar. Organizmalar 3,8 milyar yıllık evrimin ürünleridir. Organizmaların tüm özellikleri bu tarihi yansıtır. Canlı organizmaların gelişim, davranış ve tüm diğer etkinlikleri kısmen, yaşamın tarihi boyunca biriken genetik bilginin sonucu olan genetik (ve somatik) programlar tarafından kontrol edilmektedir. Tarihsel olarak yaşamın başlangıcından ve en basit prokaryotlardan dev ağaçlara, fillere, balinalara ve insanlara kadar uzanan, devamlı bir akış olagelmiştir.

Kimyasal özellikler. Her ne kadar canlı organizmalar sonuçta cansız maddedeki atomların aynılarından oluşsa da, canlı organizmaların gelişim ve işlevinden sorumlu molekül çeşitleri -nükleik asitler, peptidler, enzimler, hormonlar ve zarların bileşenleri- cansız doğada bulunmayan makromoleküllerdir. Organik kimya ve biyokimya, canlı organizmalarda bulunan tüm maddelerin daha basit inorganik moleküllere parçalanabilceğini ve en azından ilkesel olarak, laboratuvarda sentezlenebileceğini göstermiştir.

Düzenleyici mekanizmalar. Canlı sistemler, sistemin kararlı durumda kalmasını sağlayan ve cansız doğada hiç bulunmayan çoklu geri besleme mekanizmaları da dahil olmak üzere her çeşit denetleyici ve düzenleyici mekanizmalarla tanımlanırlar.

Organizasyon. Canlı organizmalar karmaşık yapılı, düzenli sistemlerdir. Bu, organizmaların gelişimsel ve evrimsel kısıtlarını olduğu gibi, düzenleme ve genotip etkileşimin denetimine ilişkin kapasitelerini de açıklar.

Amaca yönelmiş (teleonomik) sistemler. Canlı organizmalar, doğal seçilime konu olmuş önceki sayısız nesillerin sonucu olan, uyum gösteren sistemlerdir. Bu sistemler, embriyonik gelişimden başlayarak ergin bireyin fizyolojik ve davranışsal etkinliklerine kadar, amaca yönelmiş etkinlikler için programlanmıştır.

Sınırlı büyüklük düzeni. En küçük virüslerden en büyük balinalara ve ağaçlara kadar canlı organizmaların boyutları orta dünyada (mezokozmos) sınırlı bir yaşam alanını işgal eder. Biyolojik organizasyonun temel birimleri olan hücreler ve hücre bileşenleri organizmalara muazzam bir gelişimsel ve evrimsel esneklik sağlayacak şekilde çok küçük boyutlara sahiptirler.

Yaşam döngüsü. Organizmalar -en azından eşeysel olarak üreyenler- bir zigotla (döllenmiş yumurta) başlayan ve yetişkin bir birey olana kadar çeşitli embriyonik ya da larval aşamalardan geçen belirli bir yaşam döngüsünü izlemektedirler. Bazı türlerde eşeyli ya da eşeysiz olarak üreyen nesillerin dönüşümlü olarak birbirini izlemesi de dahil olmak üzere, yaşam döngüsünün karmaşıklığı türden türe çeşitlilik göstermektedir.

Açık sistemler. Canlı organizmalar dış çevreden sürekli enerji ve madde edinirler ve metabolizmanın son ürünlerini bünyelerinden atarlar. Açık sistem olmalarından ötürü, termodinamiğin ikinci yasasındaki kısıtlamalara tabi değildirler.

Aşağıda sıralanan özellikler, canlı organizmalara cansız sistemlerde bulunmayan çok sayıda yetenek kazandırır:

Evrimleşme yeteneği,

Kendini eşleme yeteneği,

Genetik program aracılığıyla gelişme ve farklılaşma yeteneği,

Metabolizma (enerjiyi bağlama ve serbest bırakma) yeteneği,

Karmaşık sistemi kararlı durumda (homeostazis, geri besleme) tutacak kendi kendini düzenleme yeteneği,

Algılama ve duyu organları aracılığıyla çevreden gelen uyarılara cevap verebilme yeteneği ve

Fenotip ve genotip olmak üzere iki düzeyde değişebilme yeteneği.

Tüm bu özellikler, canlı organizmaları cansız sistemlerden kesin olarak ayırmaktadır. Canlı dünyanın bu biriciklik ve ayrılığının zaman içinde fark edilmesi, biyoloji adı verilen bilim dalının ortaya çıkması ve II. Bölüm'de göreceğimiz gibi, bu bilimin bağımsız bir bilim olarak kabul edilmesiyle sonuçlanmıştır.

II. Bölüm

Bilim Nedir?

Biyoloji canlı organizmaların araştırılmasına odaklanmış tüm disiplinleri içine alır. Kimi zaman bu disiplinler yaşam bilimleri olarak adlandırılır. Bu terim biyolojiyi cansız dünya üzerine odaklanan fiziki bilimlerden ayırt etmeye yarar. Bununla birlikte, sosyal bilimler, siyaset bilimi, askerlik bilimi ve daha birçokları sistematik hale getirilmiş diğer bilgi bütünleridir ve bu akademik uzmanlık alanlarına ek olarak sıklıkla Marksist bilim, Batı bilimi, feminist bilim ve bilim olarak farz edilen Hıristiyan bilimi ve yaratılışçı bilim gibi terimlerle karşılaşırız. Birbirinden farklı tüm bu disiplinler neden kendilerini "bilim" olarak adlandırırlar? Gerçek bilimi diğer düşünce sistemlerinden ayırt eden özellikler nelerdir? Biyoloji bu özelliklere sahip midir?

Bu temel soruları yanıtlamanın kolay olması gerektiği düşünülebilir. Neticede, "Herkes bilimin ne olduğunu bilmiyor mu?"

sorusu sorulabilir. Durumun böyle olmadığı medyanın sunduğuyla yetinerek değil, bu soruyla uğraşan meslek erbabının ürettiği geniş literatür incelendiğinde açıklık kazanır.[1] Charles Darwin'in arkadaşı ve kuramlarının tanınması için çaba sarfetmiş biri olan T. H. Huxley bilimi, "eğitilmiş ve örgütlenmiş sağduyudan başka bir şey değildir" şeklinde tanımlıyordu. Ne yazık ki bu doğru değildir. Sağduyu çoğu kez bilim tarafından düzeltilir. Örneğin, sağduyu bize Dünya'nın düz olduğunu ve Güneş'in dünya etrafında döndüğünü söyler. Bilimin her dalında daha sonra yanlış olduğu kanıtlanan ve sağduyuya dayanan fikirler yer almıştır. Daha da ileri gidilerek, bilimsel etkinliğin sağduyuyu doğrulamak veya onu çürütmekten ibaret olduğu söylenebilir.

Felsefecilerin bir bilim tanımı üzerinde fikir birliğine varma çabalarında karşılaştıkları güçlükler çok sayıda etmene dayanmaktadır. Bunlardan biri, bilimin hem bir etkinlik (bilim insanlarının yaptığı) hem de bir bilgi bütünü (bilim insanlarının bildiği) olmasıdır. Günümüzde çoğu düşünür bilimi tanımlarken, bilim insanlarının sürdürdüğü etkinlikler, yani keşfetme, açıklama ve deneme üzerine vurgu yapmaktadır. Buna karşılık başka düşünürlerse bilimi gelişen bilgi bütünü, yani, "bilginin açıklayıcı ilkelere dayanan organizasyonu ve sınıflandırılması" olarak tanımlama eğilimindedirler.[2]

Veri toplama ve bilgi birikimi üzerinde durulması, tümevarımın bilimsel yöntem olarak tercih edildiği Bilimsel Devrim'in ilk zamanlarının bir kalıntısıdır. Tümevarımcılar arasında, biriken bir olgular yığınının, yalnızca genellemelere değil, aynı zamanda, kendiliğinden yanan insanlarla ilgili üretilen hipotezler üzerine olanlar gibi, neredeyse doğrudan yeni kuramlar üretmeye izin vereceği şeklinde yaygın bir yanlış anlama vardı. Oysa bugün felsefeciler olguların tek başına açıklayıcı olmadığını vurgulamakta ve hatta salt olguların var olup olmadığını tartışmaktadır. Sordukları soru şudur: "Bütün gözlemler kurama bağımlı değil midir?" Hatta bu bile yeni bir sorun değildir. Char-

les Darwin 1861'de, "Bir işe yaraması için tüm gözlemlerin bir görüşün yanında ya da karşısında olması zorunluluğunun görülmemesi ne kadar da tuhaftır" yazıyordu.

Şurası kesin ki "bilgi" sözcüğünü kullanan yazarların çoğu bu sözcüğün sadece olguları değil, onların yorumunu da içerdiğini düşünmektedir, oysa bunu ifade etmek için "bilgi" sözcüğü yerine "anlama" sözcüğünü kullanmak daha az yanıltıcıdır. Buradan, "Bilimin amacı doğa anlayışımızı geliştirmektir" tanımına ulaşıyoruz. Bazı düşünürler bu tanıma "bilimsel problemleri çözerek" ifadesini ekleyecektir.[3] Daha da ileri gidip, "bilimin amacı anlamak, tahmin yürütmek ve denetlemektir" diyenler de olmuştur. Ancak tahmin yürütmenin ikinci derecede rol aldığı birçok bilim dalı vardır ve uygulamalı olmayan bilimlerin çoğunda denetleme sorunuyla hiç karşılaşılmaz.

Bilimin tanımı üzerinde felsefecilerin uzlaşmasını zorlaştıran bir başka nedense, bilim olarak adlandırdığımız çabaların kapsamının yüzyıllar boyunca sürekli değişmiş olmasıdır. Söz gelişi, doğal dinbilim -Tanrı'nın niyetlerini anlamak amacıyla doğanın incelenmesi- aşağı yukarı yüz elli yıl öncesine kadar meşru bir bilim dalı olarak kabul ediliyordu. Sonuç olarak, 1859'da, Darwin'i eleştirenlerin bir kısmı onu, türlerin kökenini açıklarken rastlantı gibi "bilimsel olmayan" bir etmeni kullandığı ve büyük küçük tüm yaratıkların tasarımında açıkça Tanrı'nın takdiri olarak gördükleri şeyi tanımadığı için kınadılar. Ancak, yirminci yüzyılda bilim insanlarının rastlantısal olaylara bakışının tümüyle tersine döndüğüne tanık olduk; hem yaşam bilimleri hem de fiziki bilimlerde, doğal dünyanın nasıl işlediğine ilişkin katı belirlenimci fikirlerden büyük ölçüde olasılığa dayanan bir anlayışa doğru değişim söz konusudur.

Bilimin giderek nasıl değiştiğine bir başka örnek vermek gerekirse, Bilimsel Devrim'in güçlü deneyciliği yeni olguların keşfi üzerinde önemle durulmasına yol açarken, bilimin ilerlemesinde yeni kavramlar geliştirmenin oynadığı rolün öneminden garip bir şekilde çok az bahsedilmiştir. Bugün, fiziki bilimlerde

yasalar ve buluşlar ne derece önemliyse biyolojide de rekabet, ortak soy, yaşama alanı ve özgecilik (altruism) o derece önemlidir. Öte yandan bu kavramların önemi çok yakın bir zamana kadar tuhaf bir biçimde göz ardı edilmiştir. Bu ihmal söz gelimi, Nobel Ödülleri için getirilen önkoşullarda kendini gösterir. Eğer biyoloji alanı için bir Nobel Ödülü olsaydı (ki yoktur), on dokuzuncu yüzyılın en büyük bilimsel başarısı olduğu su götürmeyecek doğal seçilim kavramını geliştirdiği için Darwin bu ödülü alamazdı, çünkü bu bir keşif değildi. Keşifleri kavramlara tercih eden bu tutum Darwin'in döneminde olduğundan daha az ölçüde olsa da, günümüzde sürmektedir.

Gelecek, zihnimizde oluşturduğumuz bilim resmine başka hangi değişiklilikleri getirecek bilmiyoruz. Bu koşullarda yapılabilecek en iyi şey, içinde bulunduğumuz döneme egemen bilim tarzının ana hatlarını ortaya koymaya çalışmak olacaktır.

Modern Bilimin Kökleri

Modern bilim, Copernicus, Galileo, Kepler, Newton, Descartes ve Leibniz adlarıyla özdeşleşen ve insan zekâsının harikulade bir başarısı olan Bilimsel Devrim'le başladı. Bilimi günümüzde hâlâ geniş ölçüde tanımlayan bilimsel yöntemin temel ilkeleri bu dönemde geliştirildi. Bilimin ne şekilde ele alındığı kuşkusuz bir bakış sorunudur. Kimi yönleriyle Aristoteles'in ele aldığı biyoloji de bilimdi, fakat bu bilim, metodolojik kesinlikten ve biyoloji biliminin 1830'dan 1860'lı yıllara kadar geliştirdiği kapsamlılıktan yoksundu.

Bilimsel Devrim sırasında egemen bilim kavramını ortaya çıkaran bilimsel disiplinler matematik, mekanik ve astronomiydi. Skolastik mantığın bu fizikselci bilimin orijinal çatısının kurulmasına ne ölçüde katkıda bulunduğu henüz tam olarak saptanabilmiş değildir, ancak Descartes'ın düşüncesi üzerinde çok önemli bir rol oynadığı kesindir. Bu yeni, akılcı bilimin idealleri nesnellik, deneycilik ve tümevarımcılıktı ve metafiziğin tüm

kalıntılarını, yani olguların fiziksel dünyada temellendirilmeyen, sihre ya da batıl inançlara dayanan açıklamalarını ortadan kaldırmaktı.

Bununla birlikte, Bilimsel Devrim'in mimarlarının neredeyse tümü birer dindar Hıristiyan olarak kaldı ve şaşırtıcı olmayan bir biçimde, ortaya çıkarılan bilim nitelik açısından Hıristiyan inancının bir dalı gibiydi. Bu bakış açısına göre Dünya, Tanrı tarafından yaratılmıştı ve bu yüzden kaotik olamazdı. Dünya, Tanrı'nın yasalarıyla yönetiliyordu ve bunlar Tanrı yasaları olduğu için evrenseldiler. Bir olgu ya da sürecin açıklaması bu yasalardan birine uygunsa doğru kabul ediliyordu. Evrenin bu şekilde apaçık ve mutlak işleyişiyle sonuçta her şeyi kanıtlamak ve tahmin etmek mümkündü. Bu durumda, Tanrı'nın biliminin görevi bu evrensel yasaları bulmak, her şeyin nihai gerçekliğini bu yasalarda vücut bulduğu şekliyle keşfetmek ve tahmin yürütüp deneyler yaparak bunların doğruluğunu sınamaktı.

Mekanik bilimi söz konusu olduğunda maddeler bu ideale gayet iyi uyuyordu. Gezegenler Güneş çevresinde dönüyor, eğimli yüzeyler üzerine bırakılan toplar, tahmin edildiği gibi aşağıya doğru yuvarlanıyordu. Tüm bilimlerin en basiti olarak mekaniğin, bir dizi tutarlı yasa ve yöntemi geliştiren ilk bilim olması belki de tarihsel bir rastlantı değildi. Ancak, fiziğin diğer dalları geliştikçe, mekaniğin evrenselliğine ve belirliliğine ilişkin çeşitli değişiklikler gerektiren istisnalar tekrar tekrar ortaya çıktı. Gerçekten günlük yaşamda mekanik yasalarının işleyişi sıklıkla, rasgele (stokastik) süreçlerle bozulmaktadır; öyle ki belirlilik hiç yok görünmektedir. Örneğin, büyük türbülans, beraberinde hava ve su kütlelerinin hareketini getirir, dolayısıyla mekanik yasaları, meteoroloji ya da oşinografi alanlarında uzun dönemli tahmin yürütülmesine izin vermez.

Mekanikçilerin doğal dünya için önerdiği reçete biyoloji bilimleri için çok daha az geçerliydi. Mekanikçilerin bilimsel yönteminde ne yaşamın evriminde gerçekleştiği şekliyle tarihsel sıralanışın yeniden yapılandırılmasına ne de biyoloji bilimlerinin

geleceği üzerine tahmin yürütmeyi olanaksız kılan, cevaplar ve nedenselliklerin çokluğuna yer vardı. Evrimsel biyolojinin bilimselliği mekanikçi kıstaslara göre incelendiğinde sınavı geçemiyordu.

Bu durum, mekaniğin en gözde araştırma yöntemi olan deney söz konusu olduğunda özellikle kendini gösteriyordu. Mekanik için deney o kadar önemliydi ki sonunda geçerli *tek* bilimsel yöntem olarak görülmeye başladı. Başka herhangi bir yöntem bayağı bilim olarak görülüyordu. Yine de bir meslektaşın kötü bilim insanı olarak nitelendirilmesi hoş bir şey olmadığından, deneysel olmayan diğer bilimler betimleyici bilimler olarak anılmaya başladı. Bu sıfat yüzyıllarca yaşam bilimlerine alçaltıcı bir nitelik olarak iliştirildi.

Aslına bakılırsa *tüm* bilimlerde temel bilgimiz betimlemeye dayanır. Bir bilim ne kadar yeniyse, olgulara dayanan bir temel kurmak için o ölçüde betimleyici olmak zorundadır. Bugün bile moleküler biyolojideki birçok yayın aslında betimleyicidir. "Betimleyici" denildiğinde asıl anlatılmak istenen, "gözleme dayanan"dır, çünkü ister çıplak göz veya diğer duyu organlarıyla, basit mikroskop veya teleskopla ya da çok karmaşık aygıtlarla yapılsın, tüm betimlemeler gözleme dayanır. Bilimsel Devrim sırasında bile (deneyden çok) gözlem bilimin gelişmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. Copernicus ve Kepler'in kozmolojik genellemeleri ya da Newton'un bulgularının önemli bir kısmı laboratuvar deneylerine değil, gözleme dayanıyordu. Günümüzde astronomi, astrofizik, kozmoloji, gezegen bilimi ve jeoloji gibi alanlarda öncelikli kuramlar, bir fark varsa bile deneyle çok az ilgisi olan yeni gözlemler sonucunda sık sık değişmektedir.

Mesele farklı bir tarzda ele alınarak, Galileo ve onu izleyenlerin betimlediği bulguların, onların gözlemleyebildiği doğal deneylerden kaynaklandığı söylenebilir. Depremler, volkanik patlamalar, göktaşı kraterleri, manyetik alan kaymaları ve erozyon olayları gibi, gezegen ve yıldız tutulma ya da sönmeleri de doğal deneylerdir. Kuzey ve Güney Amerika'nın, Pliyo-

sen Devri'nde her iki kıtaya ait hayvan topluluklarının büyük ölçüde yer değiştirmesiyle sonuçlanan, Panama Kıstağı üzerinden birleşmeleri evrimsel biyoloji açısından böyle bir deneydir. Volkanik adalar, Krakatau ile Galápagos Adaları ve Hawaii Adaları'na canlıların yerleşmesi, Buzul Çağı'ndaki buzullaşmalar sonucunda Kuzey Yarıküre'nin büyük bölümünde hayvan topluluklarının önce ortadan kalkması ve sonra yeniden yayılışları diğer doğal deneylerdir. Gözleme dayanan bilimlerdeki ilerlemenin çoğu, laboratuvar deneylerinin imkânsız olmasa bile pratik olmadığı alanlardaki doğal deneyleri keşfeden, eleştirel gözle değerlendiren ve karşılaştıran kişilerin dehalarının sonucudur.

Bilimsel Devrim her ne kadar batıl inanca, büyüye ve ortaçağ dinbilimcilerinin dogmalarına son vererek düşüncede bir devrim gerçekleştirdiyse de, Hıristiyanlık dinine bağlılığa karşı bir isyan içermiyordu ve bu ideolojik eğilimin biyoloji için olumsuz sonuçları oldu. Canlı organizmaların incelenmesinde en temel sorulara verilecek yanıt, Tanrı'nın takdirine başvurulup vurulmadığına dayanıyordu. Bu, özellikle, yaratılışçıların ilgi alanını oluşturan köken ve doğal dinbilimcilerin ilgi alanını oluşturan tasarımla ilişkili sorular için geçerlidir. Tanrı, insan ruhları, madde ve devinim dışında hiçbir şey içermeyen bir evren kabulü o günün fiziki bilimleri için işe yarar bir tutumdu, fakat biyolojinin ilerlemesi önünde engel oluşturuyordu.[4]

Sonuç olarak biyoloji, on dokuz ve yirminci yüzyıllara kadar temelde keşfedilmemiş bir alan olarak kalmıştır. On yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda doğa tarihi, anatomi ve fizyolojide olgulara dayanan önemli miktarda bilgi birikimi olduysa da, o dönemde canlılar dünyasının tıbbın alanına girdiği düşünülüyordu. Aslında bu, anatomi ile fizyoloji ve hatta geniş ölçüde tıbben önemli bitkileri tanımlamakla uğraşan botanik için doğruydu. Şüphesiz, bazı doğa tarihi çalışmaları da vardı, ama bu konuyla ya hobi olarak ya da doğal dinbilime hizmet için ilgileniliyordu. Geriye bakıldığında bu ilk dönem doğa tarihinin kısmen

faydalı bir bilim uğraşı olduğu açıktır, ancak o dönemde böyle görülmediği için bilim felsefesine bir katkısı olmamıştır.

Mekaniğin örnek bilim olarak kabul edilişi, sonuçta organizmaların cansız maddeden hiçbir şekilde farklı olmadığı inancına yol açtı. Bu inancı mantıksal olarak, bilimin amacının tüm biyolojiyi fizik ve kimya yasalarına indirgemek olduğu sonucu izledi. Zaman içinde biyolojideki gelişmeler bu duruşu savunulmaz hale getirdi (bkz. I. Bölüm). Mekanikçilik ve onun ceza tanrıçası olan dirimselciliğin nihai olarak yıkılışı ve yirminci yüzyılda organikçi paradigmanın kabulünün biyolojinin bilimler arasındaki yeri üzerinde çok büyük bir etkisi oldu. Bu etki hâlâ birçok bilim felsefecisi tarafından tam anlamıyla takdir edilmemiştir.

Biyoloji Bağımsız Bir Bilim midir?

Yirminci yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde, biyolojinin diğer bilimler arasındaki yeri konusunda üç farklı görüş ayırt edilebiliyordu. Bir uç görüşe göre biyoloji, tümüyle bilimin dışında tutulmalıdır, çünkü evrensellikten, yasa ile yapılandırılmış olmaktan ve (fizik anlamına gelen) "gerçek bilimin" tam anlamıyla niceliksel olma özelliğinden yoksundur. Diğer uçtaki görüşe göre biyoloji, gerçek bilimin sahip olması gereken tüm nitelikleri barındırmakla kalmayıp, önemli pek çok açıdan fizikten ayrılır ve bu nedenle fizikle eşit statüde, bağımsız bir bilim olarak sınıflandırılmalıdır. Bu iki uç arasındaki üçüncü görüşe göre ise, biyolojiye bir "yerel" bilim statüsü verilmelidir, çünkü evrensellikten yoksundur ve biyolojinin bulguları sonuçta fizik ve kimya yasalarına indirgenebilmektedir.

"Biyoloji bağımsız bir bilim midir?" sorusu iki ayrı cümle şeklinde yeniden ifade edilebilir: "Biyoloji, fizik ve kimya gibi bir bilim midir?" ve "Biyoloji, tam olarak fizik ve kimya gibi bir bilim midir?" Birinci soruyu yanıtlamak için, belirli bir etkinliğin bilim olup olmadığını belirlemek amacıyla John Moore'un önerdiği sekiz kıstasa başvurabiliriz. Moore'a (1993) göre: (1)

Bir bilim doğaüstü etmenlere başvurmaksızın, saha ya da laboratuvarda, gözlem ya da deneylerle toplanan verilere dayanmak zorundadır. (2) Veriler soruları yanıtlamak üzere toplanmak zorundadır ve gözlemler tahminleri güçlendirmek ya da çürütmek için yapılmak zorundadır. (3) Olası önyargılar ve taraf tutmaları en aza indirmek için nesnel yöntemler kullanılmak zorundadır. (4) Hipotezler gözlemlerle uyumlu ve genel kavramsal çatı ile uygunluk içinde olmak zorundadır. (5) Tüm hipotezler sınanmak zorundadır ve eğer mümkünse karşıt hipotezler geliştirilerek, bunların geçerlilik derecesi (sorun-çözme kapasitesi) karşılaştırılmak zorundadır. (6) Genellemeler, belirli bir bilim alanı içerisinde evrensel olarak geçerli olmak zorundadır. Tek olaylar doğaüstü etmenlere başvurmaksızın açıklanabilir olmak zorundadır. (7) Hata olasılığını ortadan kaldırmak için bir olgu ya da buluş sadece diğer araştırıcılar tarafından (tekrar tekrar) doğrulandığında tümüyle kabul edilmek zorundadır. (8) Bilimsel kuramların sürekli geliştirilmesi, hatalı veya eksik kuramların değiştirilmesi ve daha önce çözümlenemeyen problemlerin çözümlenmesi bilimi tanımlayan özelliklerdir.

Bu kıstaslar gözetildiğinde, birçok kişi biyolojinin fizik ve kimya gibi meşru bir bilim olarak ele alınması gerektiği sonucuna varacaktır. Fakat biyoloji yerel bir bilim midir? Ve böyle ise fiziki bilimlerle eşit statüde midir? "Yerel bilim" terimi ilk ortaya atıldığında, "evrensel"in karşıtı olarak, biyolojinin evrensel yasalar çıkarmayı olanaklı kılmayan, özgül ve yerel nesnelerle ilgilendiğini anlatmak için kullanılıyordu. Fizik yasalarında zaman ve mekân sınırlamasının olmadığı, bunların yeryüzünde olduğu gibi Andromeda Galaksisi'nde de geçerli olduğu söyleniyordu. Biyoloji, aksine yereldir, çünkü tümüyle bildiğimiz yaşam sadece yeryüzünde ve Büyük Patlama'dan sonra geçen 10 milyar yıl ya da daha uzun bir sürenin sadece 3,8 milyar yılında var olmuştur.

Bu görüş, biyolojinin temel yasa, kuram ya da ilkelerinin hiçbirinin kapsam ya da uygulama alanı açısından, belirli bir me-

kân ya da zamanla dolaylı ya da dolaysız biçimde kısıtlanmış olmadığını gösteren Ronald Munson (1975) tarafından ikna edici bir biçimde çürütüldü. Canlılar dünyasında biriciklik oldukça fazladır; fakat biricik olgularla ilgili her türlü genelleme yapılabilir. Her okyanus akımı biriciktir, ama yine de okyanus akımları hakkında yasalar saptayıp kuramlar oluşturabiliriz. Bilinen yaşamın yeryüzüyle sınırlı olmasının biyoloji ilkelerini evrensellikten büsbütün yoksun bıraktığı iddiasına gelince, burada " 'Evrensel' nedir?" sorusunu sormak zorundayız. Cansız maddenin dünya dışında da bulunduğu bilindiğine göre, cansız maddeyle ilgilenen herhangi bir bilimin evrensel olabilmesi için dünya dışında da uygulanabilir olması gerekir. Bugüne kadar yaşamın sadece dünyadaki varlığı kanıtlanmış olmakla birlikte, yasaları ve ilkeleri (cansız maddenin yasaları ve ilkeleri gibi) evrenseldir, çünkü bunlar yeryüzünde, yani yaşamın var olduğu bilinen alanda geçerlidir. "Evrensel" unvanını, uygulanabilir oluşunun, var olduğu tüm alan için geçerli olduğu bir ilkeden esirgemek için herhangi bir sebep göremiyorum.

Biyoloji "yerel" bilim olarak tanımlandığında anlatılmak istenen, genellikle, onun fizik ve kimyanın bir alt kümesi olduğu ve biyolojik bulguların sonuçta kimya ve fizik yasalarına indirgenebileceğidir. Buna karşılık biyolojinin bağımsız bir bilim olduğunu savunan biri şöyle bir sav öne sürebilir: Biyologların ilgilendiği canlı organizmaların pek çok niteliği fizikokimyasal yasalara indirgenemez ve ayrıca, fizikçilerin araştırdığı fiziksel dünyanın birçok yönünün de yaşamın araştırılmasıyla (ya da fizik dışında herhangi bir bilimle) ilgisi yoktur. Bu açıdan bakıldığında fizik de biyolojinin olduğu kadar yerel bir bilimdir. Sadece iyi örgütlenmiş ilk bilim dalı olmasından ötürü fiziği model almak için bir neden bulunmamaktadır. Bu tarihsel olgu, fiziği küçük kardeşi olan biyolojiden daha fazla evrensel kılmaz. Bilimin birbirinden ayrı alanlar içerdiği (ki bunlardan biri fizik ve bir diğeri de biyolojidir) kabul edilmediği sürece bilimin birliğine ulaşılamaz. Bir yerel bilim olan biyolojiyi diğer bir yerel bi-

lim olan fiziğe "indirgemek" ya da tam tersini yapmak sonuçsuz bir çaba olacaktır.[5]

On dokuzuncu yüzyıl sonları ile yirminci yüzyılın başlarında bilimin birliği akımını destekleyenlerin çoğu olmasa da önemli bir kısmı bilim insanı değil, felsefeciydi ve bilimlerin farklılığından çok az haberdardılar. Bu farklılık, temel partikül fiziği, katı hal fiziği, kuantum mekaniği, görelilik kuramı, elektromanyetizma ve tabii jeofizik, astrofizik; oşinografi, jeoloji ile diğer dalları içeren fiziki bilimler için geçerlidir ve sayısı bir hayli çok olan yaşam bilimleri düşünüldüğünde gittikçe artar. Tüm bu alanları tek bir ortak paydaya indirgemenin olanaksızlığı, geride kalan yetmiş yıl boyunca tekrar tekrar gösterilmiştir.

Tekrarlamak gerekirse: Evet, biyoloji fizik ve kimya gibi bir bilimdir. Ancak biyoloji, fizik ve kimya benzeri bir bilim değildir; aynı şekilde bağımsız olan fiziki bilimler gibi eşit statüde bir bilimdir. Bununla birlikte, tüm bilimler biricik özellikleri ve bir dereceye kadar bağımsızlıklarına rağmen ortak özellikler taşıyor olmasalardı bilimden tekil olarak söz etmemiz olanaklı olmazdı. Biyoloji üzerine düşünenlerin görevlerinden biri biyolojinin diğer bilimlerle sadece metodoloji açısından değil, aynı zamanda ilke ve kavramlar açısından neleri paylaştığını da saptamaktır. Bu ortak özellikler, birleşmiş bir bilimi tanımlayacaktır.

Bilimin İlgi Alanları

Bilim insanının gerçeği aradığı söylenilegelmiştir, fakat bilim insanı olmayan birçokları da aynı şeyi iddia eder. Dünya ve dünyanın içindeki her şey yalnız bilim insanlarının değil, aynı zamanda din adamlarının, felsefecilerin, şairlerin ve politikacıların da ilgi alanına girer. Bunların ilgi alanları ile bilim insanlarının ilgi alanları arasına nasıl bir sınır çekilebilir?

Bilim dinbilimden ne şekilde ayrılmaktadır?

Bilim ile dinbilim arasındaki sınırın saptanması belki de en az zorluk çekeceğimiz konudur, çünkü bilim insanları doğal dün-

yanın işleyişini açıklamak için doğaüstü güçlere başvurmaz ve doğal dünyayı anlamak için ilahi vahiylere bel bağlamazlar. İlk insanlar, özellikle afetler gibi doğa olaylarını açıklamaya çalışırken her zaman doğaüstü varlıklara ve güçlere başvurmuşlardır ve bugün bile, birçok dindar Hıristiyan için ilahi vahiy gerçeğin kaynağına ulaşmada bilim gibi meşru bir yoldur. Şahsen tanıdığım neredeyse tüm bilim insanları kelimenin tam anlamıyla inançlıdırlar ancak doğaüstü nedenselliklere ya da ilahi vahye başvurmazlar.

Bilimi dinbilimden ayıran bir başka özelliği açıklığıdır. Dinler görece bozulmamışlıklarıyla tanımlanırlar; semavi dinlerde kurucu kutsal metindeki tek bir sözcüğün yorumundaki farklılık, yeni bir dinin ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu, neredeyse her kuramın farklı yorumlarının bulunduğu bilimin herhangi bir alanındaki durumla çelişmektedir. Bilimde sürekli yeni hipotezler ortaya atılır, öncekiler çürütülür ve her zaman hatırı sayılır bir entelektüel çeşitlilik söz konusudur. Doğrusu bilim, hipotezlerin oluşturulma ve sınanmasında Darwinci bir değişme ve seçilim süreciyle ilerler (bkz. V. Bölüm).

Bilim yeni olgular ve hipotezlere açık olmakla birlikte, şunu belirtmek gerekir ki, neredeyse tüm bilim insanları bir bakıma dinadamları gibi doğal dünyayı araştırmak için "ilk ilkeler" diyebileceğimiz birtakım öncüllere dayanırlar. Aksiyom niteliğindeki bu varsayımlardan birincisi, insan algılamasından bağımsız, gerçek bir dünyanın *var olduğudur*. Buna, nesnellik ilkesi (öznellik karşıtı) ya da sağduyu gerçekçiliği denilebilir (bkz. III. Bölüm). Bu ilke, tek tek bilim insanlarının daima "nesnel" oldukları ya da nesnelliğin insanlar arasında mutlak biçimde mümkün olduğu anlamına gelmez. Bu ilkeyle anlatılmak istenen, öznel insan algısının etkisi dışında, nesnel bir dünyanın var olduğudur. Tümü olmasa da, bilim insanlarının çoğu bu aksiyoma inanır.

İkinci olarak, bilim insanları dünyanın kaotik değil, bir şekilde yapılandırılmış olduğunu ve bu yapının tümüyle olmasa bile,

büyük bölümüyle bilimsel araştırmanın araçlarını dışlamayacağını kabul ederler. Bütün bilimsel etkinliklerde kullanılan birincil araç sınamadır. Her yeni olgu ve her yeni açıklama, mümkünse farklı yöntemler kullanan farklı araştırıcılar tarafından tekrar tekrar sınanmak zorundadır (bkz. III. ve IV. Bölüm). Her doğrulama, bir olgu ya da açıklamanın "gerçek" olma olasılığını güçlendirirken, her yanlışlama ya da çürütme de karşıt bir kuramın gerçeklik olasılığını güçlendirir. Bilimin en belirleyici özelliklerinden biri bu sorgulamaya açık oluşudur. Halihazırda kabul gören bir inancı yeni ve daha iyi bir diğerinin devreye girmesiyle terk etme arzusunun, bilim ile dini dogma arasında önemli bir ayrım olduğu savunulmaktadır.

Bilimde "gerçekliği" sınamak için kullanılan yöntem, bir olgunun mu yoksa bir açıklamanın mı sınandığına bağlı olarak değişecektir. Avrupa ile Amerika arasında bir Atlantis kıtasının varlığı, on beşinci yüzyıl sonları ile on altıncı yüzyıl başlarındaki keşifler döneminde, Atlantik Okyanusu'nun aşıldığı ilk yolculuklarda böyle bir kıta bulunmayınca kuşkulu hale geldi. Atlantik Okyanusu üzerine tüm oşinografik gözlemlerden ve hatta içinde bulunduğumuz yüzyılda daha da ikna edici sonuçlar veren uydu fotoğrafları çekildikten sonra, yeni kanıtlarla böyle bir kıtanın var olmadığı kesin bir biçimde ispat edildi. Bilimde çoğu zaman, bir olgunun mutlak gerçekliği ortaya konulabilir. Bir açıklama ya da kuramın mutlak doğruluğunun ispatı ise, çok daha zordur ve genellikle bunun kabulü daha uzun zaman alır. Doğal seçilim ile evrim "kuram"ının geçerliliği yüz yıldan fazla bir süre bilim insanlarınca tam kabul görmedi ve bugün bile bazı dini gruplarda bu kurama inanmayanlar bulunmaktadır.

Üçüncü olarak, bilim insanlarının çoğu, maddi evrendeki tüm olgular arasında tarihsel süreklilik ve nedensel bağ olduğunu ve bunların, bu evrende var olduğu ve gerçekleştiği bilinen her şeyin meşru bilimsel araştırma alanına girdiğini kabul ederler. Ancak, bilim insanları maddi dünyanın ötesini araştırmazlar. Din adamları da fiziksel dünya ile ilgilenebilirler, fakat bu-

na ek olarak her zaman ruhlar, cinler, melekler ya da tanrıların bulunduğu fizikötesi ya da doğaüstü bir dünyaya da inanırlar ve bu cennet ya da nirvananın, çoğunlukla, tüm inananların ölümden sonra huzur bulacağı yer olduğuna inanılır. Böyle doğaüstü yapılar, bilimin kapsamı dışındadır.

Bilim felsefeden ne şekilde ayrılmaktadır?

Bilim ile felsefe arasındaki sınırı saptamak, bilim ile dinbilim arasındaki sınırı saptamaktan çok daha zordur ve bu durum neredeyse tüm on dokuzuncu yüzyıl boyunca, bilim insanları ile felsefeciler arasında ateşli tartışmalara yol açmıştır. Eski Yunanlılar'da felsefe ile bilim uğraşı birbirinden ayrı değildi. İkisi arasındaki ayrım Bilimsel Devrim sırasında başladı, ancak Immanuel Kant, William Whewell ve William Herschel'e kadar bilimin gelişimine katkıda bulunan insanların çoğu aynı zamanda felsefeciydi. Ernst Mach ya da Hans Driesch gibi daha sonraki yazarlar bilim insanı olarak başlayıp sonra felsefeci oldular.

Acaba bilim ile felsefe arasında hiçbir sınır yok mudur? Olguların araştırılması ve keşfi kuşkusuz bilimin işidir, ancak başka yerlerde hatırı sayılır bir örtüşme alanı bulunmaktadır. Kendi alanları için kuramsallaştırma, genelleme yapma ve kavramsal çatının kurulması pek çok bilim insanı için kendi işlerinin bir parçası olarak kabul edilir ve doğrusu bunlar, araştırıcıyı gerçek bilim insanı yapan çabalardır. Ancak birçok bilim felsefecisi, kuramsallaştırma ve kavram oluşturmanın felsefenin uğraş alanına girdiğini düşünmektedir. Sonuç ne getirir kestirmek zor ama, son yıllarda bu çabayı artık büyük ölçüde bilim insanları devralmış durumdadır. Biyologlar tarafından geliştirilen bazı temel kavramlar ise daha sonra felsefeciler tarafından ele alınmış ve artık aynı zamanda felsefenin kavramları haline gelmiştir.

Bilim felsefecileri daha önceki temel uğraşlarını bırakıp, kuram ve kavramların oluşmasını sağlayan ilkeleri açıklamada uz-

manlaştılar. Bilim felsefecileri artık, bilim insanlarının karşılaştığı, "Ne?" "Nasıl?" ve "Niçin?" sorularının cevaplarını bulmak için yürüttükleri işlemleri belirleyen kuralları aramaktadır. Bugün felsefenin bilimle ilgili başlıca uğraşı, "açıklama mantığı" ve açıklama metodolojisini sınamaktır (bkz. III. Bölüm). Böyle bir felsefenin en kötü yanı, kuru mantık ve boş tartışmalarla asıl konudan uzaklaştırma tehlikesi, en iyi yanı ise bilim insanlarını sorumluluk almaya ve kesinliğe zorlamasıdır.

Bilim felsefecileri sıklıkla kendi metodolojik kurallarının buyurucu değil, sadece betimleyici olduğunu ifade etmekle birlikte, içlerinden çoğu, bilim insanlarının ne yapmaları *gerektiğini* belirlemeyi kendi görevleri kabul ediyor görünmektedir. Bilim insanları, bu kuralcı önerileri genellikle dikkate almazlar ve daha çok, kendilerini sonuca en çabuk ulaştıracağını umdukları yaklaşımı seçerler. Bu ise bir durumdan diğerine değişebilir.

Sadece birkaç yıl öncesine kadar, bilim felsefesinin belki de en büyük kusuru örnek bilim olarak fiziği almasıydı. Sonuç olarak bu sözde bilim felsefesi fiziki bilimlerin felsefesi olmanın ötesine geçemedi. Çoğu biyoloji felsefesinde uzmanlaşmış genç felsefecilerin etkisiyle bu durum artık değişmektedir. Bugün felsefe ile yaşam bilimleri arasında var olan yakın ilişkiyi *Biology and Philosophy* dergisinde yayınlanan makalelerde açıkça görmek mümkündür. Bu genç felsefecilerin çabalarıyla biyoloji bilimlerinde kullanılan kavramlar ve yöntemler artık bilim felsefesinin önemli bileşenleri haline geldi.

Bunlar, felsefe ve biyoloji için en çok arzu edilen bir gelişmedir. Doğa hakkmdaki görüşleri genelleyerek, bu görüşlerin bilim felsefesine katkıda bulunmasını sağlamak her bilim insanının görevi olmalıdır. Bilim felsefesi fiziğin yasaları ve yöntemleri ile sınırlı kaldığı sürece, biyologlar için böyle bir katkı sağlamak olanaksızdı. Neyse ki bu durum artık geçerli değildir.

Biyolojinin hesaba katılması bilim felsefesinde pek çok ilkesel değişikliği beraberinde getirdi. III. ve IV. Bölümlerde göreceğimiz gibi, katı belirlenimcilik ve evrensel yasalara güvenin

reddedilmesi, salt olasıcı tahmin yürütme ve tarihsel anlatıların kabulü, kuram oluşturmada kavramların önemli rolü olduğunun kabul edilmesi, popülasyon kavramı ile biricik bireylerin rolünün tanınması ve biyoloji temelli düşüncenin daha pek çok yönü bilim felsefesini temelinden etkiledi. Artık egemen olan olasıcılığın devreye girmesiyle tipolojik varsayımlara dayanan mantıksal çözümlemenin tüm yönleri zayıfladı. Descartes'ı izleyen bilim felsefecilerinin ideali olan tam kesinlik, bir amaç olarak önemini gittikçe yitiriyor görünmektedir.

Bilim beşeri bilimlerden ne şekilde ayrılmaktadır?

Bilim ile beşeri bilimler arasındaki sınır söz konusu olduğunda, geçmişte yazarların iki alanın farklılığını reddetme eğilimleri birçok yanlış anlamaya yol açtı. Her ikisi de bilimin dalları olan fizik ile evrimsel biyoloji arasında, bir bilim dalı olan evrimsel biyoloji ile bir beşeri bilim olan tarih arasında olduğundan daha fazla fark vardır. Edebiyat eleştirisinin diğer çoğu beşeri bilimle neredeyse hiçbir ortak yanı yoktur ve bilimle ortak yanı ise çok daha azdır.

C. P. Snow 1959'da *Two Cultures* (*İki Kültür*[*]) adlı eserini yazdığında, tanımladığı şey aslında fizik ile beşeri bilimler arasındaki farklılıktı. Dönemin diğer yazarları gibi Snow da naif bir biçimde fiziğin bir bütün olarak bilimi temsil edebileceğini kabul ediyordu. Snow'un haklı olarak işaret ettiği gibi, fizik ile beşeri bilimler arasındaki uçurum gerçekten de kapanmaz niteliktedir. Neticede, fizikte beşeri bilimcilerin uğraşı olan etik, kültür, akıl, özgür irade ve diğer konulara götürecek bir yol yoktur. Fizikte bu önemli konuların yokluğu, Snow'un kötülediği, bilim insanları ile beşeri bilimciler arasındaki yabancılaşmanın nedenlerinden biriydi. Oysa tüm bu konuların yaşam bilimleriyle önemli ilişkisi vardır.

Benzer şekilde, bir beşeri bilimci olan E. M. Carr (1961), tarih ile "bilimler" arasında karşılaştırma yaptığında bunların beş

[*] Çev. Tuncay Birkan, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1993. (ç.n.)

yönden farklı olduğunu gördü: (1) Tarih sadece biricik olanla, bilim ise genel olanla ilgilenir. (2) Tarih, ders öğretmez. (3) Tarih, bilimin aksine tahmin yürütemez. (4) Bilim nesnel olduğu halde, tarih zorunlu olarak özneldir. (5) Bilimin aksine tarih, dini ve ahlaki konulara değinir. Carr'ın göremediği nokta, bu farklılıkların sadece fiziki bilimler ve büyük ölçüde işlevsel biyoloji için geçerli olduğudur. Bununla birlikte, 1, 3 ve 5 numaralı önermeler tarih için olduğu kadar evrimsel biyoloji için de geçerlidir ve Carr'ın itiraf ettiği gibi bu savların bir kısmı (örneğin 2 numaralı önerme) tarih için bile tam olarak doğru değildir. Diğer bir deyişle, biyoloji bir kez bilim olarak kabul edildiğinde, "bilimler" ile "bilim olmayanlar" arasındaki derin çatlak ortadan kalkar.[6]

Bilim ile beşeri bilimler arasındaki yabancılaşma sıklıkla, bilim insanlarının araştırmalarını yaparken "insan unsuru"nun önemini takdir edememeleriyle ilişkilendirilir. Ancak, bundaki sorumluluk tümüyle bilim insanlarının omuzlarına yüklenmemelidir. Bilimin bulguları, özellikle de evrimsel biyoloji, davranış bilimi, insan gelişimi ve fiziksel antropolojinin belirli bulgularıyla ilgili temel bilgiler, beşeri bilimlerdeki pek çok çalışmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Bununla birlikte, pek çok beşeri bilimci böyle bir bilgiyi edinmemiş ve yazılarında bu konularla ilgili şaşırtıcı bir cehalet sergilemiştir. Çoğu ise bilimle ilgili anlayışlarının kıtlığına mazeretlerini, "matematiğe karşı yeteneğim yok" cümlesiyle ifade eder. Aslında, beşeri bilimcilerin en çok aşina olmaları gereken biyoloji konularında çok az matematik vardır. Örneğin, Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde ya da *Growth of Biological Thoguht* (1982) (Biyolojik Düşüncenin Gelişimi) adlı kendi kitabımda bir tane bile matematik formülü yoktur. İnsan biyolojisini anlamak, beşeri bilim çalışmaları için zorunlu ve bunların ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Önce beşeri bilimler arasında sınıflandırılan psikoloji artık bir biyoloji bilimi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, insan davranışı üzerine hatırı sayılır bir kavrayışa ulaşmadan, tarihte olsun

edebiyatta olsun, beşeri bilimlerde bir şeyler yazmak nasıl mümkün olabilir?

Snow, haklı olarak bu nokta üzerinde duruyordu. İnsanların çoğu en basit bilimsel gerçeklere karşı bile acınacak bir umursamazlık içindedir. Örneğin, hâlâ peş peşe birçok yazar, gözün bir dizi rastlantının sonucu olduğuna inanamadığını ifade etmektedir. Bu ifadenin ortaya koyduğu şey, rastlantısal olandan çok rastlantı-karşıtı bir süreç olan doğal seçilimin işleyişinden bu yazarların hiçbir şey anlamayışıdır. Evrimsel değişim ortaya çıkar çünkü bir türe ait bireylerin belirli özellikleri mevcut çevresel şartlara diğerlerinden daha iyi uyum gösterir ve daha iyi uyum gösteren bu nitelikler farklı hayatta kalma ve üreme oranları dolayısıyla, başka bir ifadeyle doğal seçilim yoluyla sonraki kuşaklarda toplanır. Darwin'in çok iyi bildiği gibi, evrimde rastlantının bir rol oynadığı kesindir; ancak doğal seçilim -evrimsel değişimin temel mekanizması- rastlantısal bir süreç değildir.

Beşeri bilimcilerin biyolojinin bulgularıyla ilgili cehaleti, özellikle küresel nüfus patlaması, bulaşıcı hastalıkların yayılması, yenilenemeyen kaynakların tükenmesi, zararlı iklim değişiklikleri, dünya çapında tarımsal ihtiyaçların artması, doğal yaşam alanlarının tahribi, suç davranışlarının çoğalması ya da eğitim sistemimizdeki yetersizlikler gibi siyasal sorunlarla yüzleşmek zorunda kaldıklarında kötü sonuçlar vermektedir. Bu sorunların hiçbiri, bilimin ve özellikle biyolojinin bulguları dikkate alınmaksızın, tatmin edici bir biçimde ele alınamaz; buna rağmen siyasetçiler genel olarak bu konulara kayıtsızlıklarını sürdürmektedir.

Bilimsel Araştırmanın Amaçları

Ne için bilimle uğraştığımız ya da bilimin ne işe yaradığı sıklıkla sorulur. Bu soruya oldukça farklı iki yanıt verilmektedir. İnsanoğlunun doymaz merakı ve yaşadığı dünyayı daha iyi anlama arzusu çoğu bilim insanının bilimle ilgilenmesinin temel nedenidir. Bu ilgi, felsefi ya da salt ideolojik kuramların hiçbiri-

nin, dünyayı anlamak adına bilimin ürettikleriyle uzun vadede rekabet edemeyeceğine ilişkin kanıya dayanır.

Dünyanın daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmak, bir bilim insanı için büyük bir tatmin kaynağıdır; gerçekten de bu, bir gönül rahatlığına neden olur. Çoğunlukla önem verilen şey, kimi zaman rastlantının rol oynadığı yeni buluşlardır; ancak, yeni bir kavramı geliştirmenin, önceleri tamamen farklı oldukları kabul edilen bir olgular yığınını bütünleştirebilen ya da bilimsel kuramların temeli olarak daha başarılı bir kavramı geliştirmenin zorlu entelektüel başarısına ulaşmak, belki de mutluluğun derecesini çok daha fazla artıran bir şeydir. Şüphesiz araştırma zevkini alıp götüren kuru veri toplama, kuramın geçersiz olmasının yarattığı (mahcubiyet olmasa bile) hayal kırıklığı, belirli araştırma konularının getirdiği güçlükler ve çok sayıda diğer düş kırıklıkları vardır.

Tümüyle farklı bir diğer amaç, bilimin dünyayı, dünyanın güçlerini ve kaynaklarını denetleme aracı olarak kullanılmasıdır. Bu ikinci amaç özellikle tıp, halk sağlığı ve ziraat gibi alanlara yönelik uygulamalı bilimlerle uğraşan bilim insanları, mühendisler, siyasetçiler ve sade vatandaşlar tarafından benimsenir. Ancak bir kısım politikacı ve seçmenin unuttuğu nokta, çevre kirliliği, şehirleşme, açlık ya da nüfus patlaması gibi sıkıntılar söz konusu olduğunda semptomlarla mücadele etmenin yetersiz olduğudur. Aspirinle sıtma tedavisi yapılamayacağı gibi, nedenler ortaya konulmaksızın sosyal ve ekonomik sıkıntılarla savaşmak da mümkün değildir. Irk ayrımcılığı, suç, uyuşturucu bağımlılığı, evsizlik ve benzer sorunlara yaklaşımımız ve bu sorunları ortadan kaldırmada göstereceğimiz başarı, önemli ölçüde bu sorunların biyolojik kökenlerini anlamamıza bağlıdır.

Merak giderme ve dünyada gelişmeler meydana getirmekten oluşan bilimin bu iki amacı birbirinden tümüyle farklı iki alan değildir; çünkü uygulamalı bilimler bile, özellikle toplumsal politikaya temel oluşturan tüm bilimler, temel bilimlere dayanır. Bilim insanlarının motivasyonu çoğu zaman, dünyamızda akli-

mızı kurcalayan olayların daha iyi anlaşılmasına yönelik samimi arzudan kaynaklanır.

Uygulamalı bilimlerde de temel bilimlerde de bilimsel araştırmanın amacına ilişkin herhangi bir tartışma her zaman değerlerle ilgili soruları beraberinde getirir. Elde edilmesi beklenen sonuçların ne kadar kısıtlı olduğu düşünüldüğünde, toplumumuz süperiletken-süperçarpıştırıcılar ya da uzay istasyonu gibi çok büyük bilimsel projeleri ne ölçüde destekleyebilir? Özellikle memeliler (köpekler, maymunlar, insansı maymunlar) üzerine yapılanlar olmak üzere belirli deneyler ne ölçüde etik dışı kabul edilmelidir? İnsan embriyonik malzemesi üzerinde yapılan çalışmaların etik dışı uygulamalara yol açma tehlikesi var mıdır? İnsan psikolojisi ya da klinik tıpta yapılan hangi deneyler deneklere zarar verebilir?

Fiziki bilimler baskın olduğu sürece, bilimin hep değer yargılarından bağımsız olduğu düşünülüyordu. 1960'lardaki öğrenci isyanları sırasında bu kibirliliğe kızan bazı gruplar tepkilerini, "Kahrolsun değer yargısı olmayan bilim!" sloganıyla dile getirdiler. Biyolojinin ve özellikle genetik ve evrimsel biyolojinin ortaya çıkışından bu yana bilimin ne derece değer üretebileceği belirsiz olsa da, bilimsel buluş ve kuramların değerler üzerinde bir etkisi olduğu açıklık kazandı (bkz. XII. Bölüm). Adam Sedgwick gibi Darwin'in bir kısım karşıtları, Darwinciliği ahlaki değerleri yıkmakla suçlamıştır. Bugün bile yaratılışçılar evrimsel biyolojiyle mücadele içindedirler; çünkü evrimsel biyolojinin Hıristiyan dinbiliminin değerlerini yıprattığına inanmaktadırlar. İçinde bulunduğumuz yüzyılda soy geliştirme (eugenics) hareketi, değerlerini insan genetiği üzerine yapılan çalışmalardan esinlenerek üretmiştir. 1970'lerde sosyobiyolojiye şiddetle saldırılmasının nedeni, bu bilime karşı olanların değerleriyle uyuşmayan belirli politik görüşleri destekliyor görünmesiydi. Hemen hemen tüm büyük dini ve siyasi ideolojiler, bilime dayandığı iddia edilen değerleri destekler, buna karşılık neredeyse tüm ideolojiler bilimin belirli bulgularıyla uyuşmayan başka bir takım değerleri savunur.

Paul Feyerabend (1970) başka bir kısım çağdaşlarının yaptığı gibi, bilimsiz bir dünyanın, "bugün içinde yaşadığımız dünyadan daha güzel olacağını" söyleme cesaretini göstermiştir. Ben, bunun doğru olduğundan pek emin değilim. Bilimsiz bir dünyada çevre kirliliği ve bunun neden olduğu kanser vakaları, kalabalık nüfus ve bunun sonucu olan olumsuzluklar belki daha az olacaktı. Ancak böyle bir dünya aynı zamanda, çocuk ölümlerinin yüksek, ortalama ömür uzunluğunun 35-40 yıl olduğu, yaz sıcaklarından kaçınmanın ve aşırı kış soğuklarından korunmanın mümkün olmadığı bir dünya olacaktı. Zarar getiren yan etkilerinden şikâyet ederken (ziraat ve tıp dahil) bilimin sağladığı çok büyük kazançlar kolayca unutulmaktadır. Bilim ve teknolojinin bu sözde fenalıklarının birçoğu ortadan kaldırılabilir; bilim insanları ne yapılması gerektiğini bilirler, ancak sahip oldukları bilginin, yasama ve yürütme diline çevrilmesi gerekmektedir. Siyasetçiler ve onlara oy veren seçmenlerin çoğu, gerekenlerin uygulamaya geçirilmesine bugüne kadar direnmişlerdir.

Bilimin sağladığı katkılar konusunda benim görüşüm daha çok, aşağıdaki cümlelerin sahibi Karl Popper'ınkine yakındır: "Müzikle sanatın yanında bilim, insan ruhunun en büyük, en güzel ve en aydınlatıcı başarısıdır. Şimdi entelektüeller arasında rahatsız edici bir modaya dönüşen bilimi karalama çabasından nefret ediyorum ve her şeyin ötesinde, günümüzde biyolog ve biyokimyacıların çalışmalarıyla başarılan ve tıp aracılığıyla güzel dünyamızda bütün acı çekenlere çare olacak muhteşem sonuçlara hayranlık duyuyorum."

Bilim ve bilim insanı

"Bilim bunu yapabilir" ya da "bilim şunu yapamaz" cümleleriyle sık sık karşılaşılır; ama hiç kuşkusuz, bir şeyi yapabilecek veya yapamayacak olan, bilim insanının kendisidir. En iyi koşullarda, bir bilim insanı kendini işine adamış, yüksek motivasyonlu, doğru sözlü, cömert ve işbirliğine açık olmalıdır. Ancak

bilim insanları da birer insandır ve bu mesleki idealleri her zaman tutturamayabilirler. Bilim dışından kaynaklanan siyasi, dinbilimsel ya da iktisadi hesaplar, her ne kadar sıklıkla tersi olsa da, bilimsel yargıyı etkilememelidir.

Bilim insanlarının bir akıl hocası, yaşlı bir meslektaş veya örnek aldıkları birinden öğrendikleri, kendilerine özgü gelenek ve değerleri vardır. Bunlar arasında sadece hile ya da sahtekârlıktan sakınmak değil, aynı zamanda bir buluşu kendisinden daha önce yapmış olan rakiplerine hak ettikleri saygıyı göstermek de vardır. İyi bir bilim insanı, kendi öncelik iddialarını inatla savunacaktır, ama aynı zamanda, kendi alanındaki öncüleri memnun etme konusunda isteklidir ve daha eleştirel olması gerektiği kimi durumlarda bile onların yetkelerine uyacaktır.

Herhangi bir hilekârlık ya da düzmeceyle elde edilen veriler, er ya da geç ortaya çıkar ve bir kariyerin sonu olur. Sırf bu nedenle sahtekârlık, bilimde varlığını sürdürebilir bir yol değildir. Daha yaygın bir zaaf ise tutarsızlıktır ve bundan tümüyle kaçınabilen bilim insanı hemen hemen yok gibidir. *Principles of Geology* (Jeolojinin İlkeleri) adlı eseriyle Darwin'in düşüncelerini etkileyen Charles Lyell, birörneklilik ilkesini telkin etmiştir, fakat yeni türlerin kaynağı üzerine kendi kuramının birörneklilikle bir ilgisi olmadığı bir kısım çağdaşlarınca bile fark edilmiştir. Darwin'in kendisi de tutarsızlığa düşmeye yatkındı; doğal seçilim aracılığıyla uyumu açıklarken popülasyon düşüncesine başvurmuş, ancak türleşme konusundaki bazı tartışmalarında tipolojiye dayanan bir dil kullanmıştır. Lamarck çok katı bir mekanikçi olduğunu yüksek sesle ilan ederek her şeyi mekanik nedenler ve güçlerle açıklamaya çalışmıştır, ancak evrimsel değişimle gerçekleşen kaçınılmaz mükemmellik tartışması modern okuyucuya, Lamarck'ın (mekanikçi olmayan) mükemmeliyetçi ilkeye karşı bilinçaltında bir bağlılığı olduğunu fark ettirir. Darwin taraftarlarının hiçbiri doğal seçilim konusuna A. R. Wallace kadar eğilmemiştir, ama sıra bu konuyu insanın evrimi açısından işlemeye gelince, Wallace'ın "gözü yememiştir".

Bilim insanlarının bazı bulgu ve hipotezlerindeki kusurlar, çok istenen bir şeyi varmış gibi farz etmekten kaynaklanır. İlk araştırıcılardan biri insan türünde 48 kromozom bulduğunda, bu buluş daha sonraki birçok araştırıcı tarafından doğrulandı; çünkü bu sayı bulmayı bekledikleri sayıydı. Doğru sayı olan 46 ise, üç farklı ve yeni tekniğin uygulanışına kadar bulunamamıştır.

Hata ve tutarsızlıkların bilimde yaygınlığını fark eden Karl Popper 1981'de, bilim insanının mesleki etiğiyle ilgili ilke niteliğinde bir dizi öneride bulundu. İlk ilke, otoritenin yokluğudur; bilimsel sonuçlar çıkarmak, uzmanlar da dahil herhangi bir kimsenin altından kalkabileceğinden öte bir çabayı gerektirir. İkinci olarak, her zaman, her bilim insanı hata yapar ve bu, kaçınılmaz görünmektedir. Hatalar araştırılmalı, bulunduğunda incelenmeli ve bunlardan ders çıkarılmalıdır. Hataların üstünü örtmek affedilmez bir suçtur. Üçüncü olarak, özeleştiri önemli olmakla birlikte bunun, başkalarının, hataların bulunup düzeltilmesine yardım edebilecek eleştirileriyle desteklenmesi gerekir. Hatalardan ders alabilmek için, başkalarının bu konudaki uyarılarını dikkate almak gerekir. Ve son olarak, başkalarının hatalarına dikkat çekerken kendi hatalarımızın da farkında olmamız gerekir.

Bir bilim insanının meslektaşları nezdindeki saygınlığı ona büyük bir ödüldür. Bu saygınlık, kaç tane önemli buluş yapıldığı ve bilim dalının kavramsal boyutuna ne ölçüde katkıda bulunulduğu gibi etkenlere bağlıdır. Birçok bilim insanı için meslektaşları arasında öncelikli olmak ve onlar arasında tanınmak niçin çok önemlidir? Sayıları az da olsa bazı bilim insanları kendi meslektaşlarını (ya da rakiplerini) niçin karalamaya çalışır? Bir bilim insanı başarılarıyla nasıl ödüllendirilir? Bilim insanları birbirleriyle ve toplumun diğer kesimiyle nasıl bir ilişki içindedir? Tüm bu tip sorular bilim sosyolojisi alanındaki araştırıcılar ve öncelikle bu alanın kurucusu Robert Merton tarafından sorulmuştur. Merton'un gösterdiği gibi, modern bilim büyük öl-

çüde, araştırma gruplarınca yapılan çalışmalara dayanmaktadır ve birlikler çoğunlukla belirli dogmaların bayrağı altında kurulmaktadır.[8] Bilim dünyasında kısmen çekişmeler yaşansa da, bu dünyanın dışındaki insanları en çok etkileyen şey, yirminci yüzyılın ikinci yarısında bilim insanları arasındaki olağanüstü fikir birliğidir.

Bu fikir birliği özellikle bilimin uluslararasılık yönünde kendini göstermektedir. İngilizce hızla ortak bilim dili haline gelmekte; İskandinavya ülkeleri, Almanya ve Fransa gibi bir kısım ülkelerde önde gelen bilimsel dergiler İngilizce isimle çıkmakta ve çoğunlukla İngilizce yazılmış makaleler yayınlamaktadır. Başka bir ülkeye seyahat eden bir bilim insanı, hatta Rusya ya da Japonya'yı ziyaret eden Amerikalı bir bilim insanı, gittiği ülkedeki meslektaşlarıyla birlikteyken kendini tamamen evinde hissetmektedir. Günümüzde bilimsel dergilerde yayınlanan çok sayıda makale, farklı ülkelerden bilim insanlarının ortak çalışması niteliğindedir. Yüz yıl önce çıkan bilimsel makale ve kitaplar genellikle ulusal bir havayı hissettirmekteydi, ancak bu hava giderek kaybolmaktadır.

Kaydadeğer hedefleri gerçekleştiren tüm bilim insanları, hırslı ve çok çalışkandırlar. Sabah 9:00 akşam 17:00 arası mesaiyle çalışan bir bilim insanından söz edemeyiz. Çoğu bilim insanı, en azından mesleğinin belirli dönemlerinde günde 15-17 saat çalışır. Yaşamöykülerinde görüleceği gibi, birçoğunun geniş ilgi alanları vardır; örneğin pek çok bilim insanı amatör müzisyendir. Bilim insanları başka açılardan da diğer insan gruplarında olduğu kadar çeşitlilik gösterirler. Bazıları dışadönük bazıları ise içedönük, utangaç kişilerdir. Bazıları aşırı derecede üretkenken, bazıları çok az sayıda temel kitap ya da makalenin üretimi üzerine yoğunlaşır. Tipik bir bilim insanı olarak tanımlanabilecek belirli bir mizaç ya da kişilik olduğunu sanmıyorum.

Geleneksel olarak, tıp eğitimi almakla ya da genç bir doğacı olarak yetişerek biyolog olunuyordu. Günümüzde bir gencin yaşam bilimlerine ilgi duyması, medya ve özellikle de televiz-

yondaki doğa filmleriyle, müze (genellikle dinozor salonu) ziyaretleri ya da ilham veren bir öğretmen aracılığıyla gerçekleşir. Aynı zamanda, daha sonra bazıları benim gibi profesyonel biyolog olacak binlerce genç kuş gözlemcisi vardır. En önemli unsur, canlı yaratıkların harikalarına duyulan hayranlıktır. Ve bu, çoğu biyologda ömür boyu kalıcı bir duygudur. Onlar, ister deneysel olsun ister kuramsal olsun bilimsel bir buluş yapmanın heyecanını, yeni fikirler, yeni görüşler ve yeni organizmalar peşinde koşma aşkını asla kaybetmezler. Ve biyolojide, kişinin kendi şartları ve kişisel değerleriyle ilişkili pek çok şey bulunur. Biyolog olmak bir iş sahibi olmak değil, bir yaşam tarzı seçmek demektir.[9]

Bilim Doğal Dünyayı Nasıl Açıklar?

Doğal dünyayı açıklamaya yönelik ilk girişimler doğaüstü güçlere başvuruyordu. En ilkel canlıcılıktan tektanrılı büyük dinlere görünüşte şaşırtıcı ve açıklanamaz olan her şey ruhlara ya da tanrılara atfediliyordu. Eski Yunanlılar farklı bir yaklaşım sergilediler. Dünyadaki olayları doğal güçler aracılığıyla açıklamaya çalıştılar. MÖ altıncı yüzyılda gelişen felsefe gittikçe artan bir ilgiyle dünyayı açıklama ve ideal "bilme"nin nasıl olması gerektiğini belirleme çabasına girdi. Doğaüstü güçlere başvurmak her zaman önemli bir rol oynamakla birlikte, Eski Yunanlılar açıklamalarını gözlem ve düşünceye dayandırıyordu. Bu ilk başlangıçlardan, aşamalı bir şekilde bugün bilim felsefesi olarak bildiğimiz şey gelişti.

Üçüncü tip açıklama çabası ise, Bilimsel Devrim sırasında ortaya çıkan bilimdir. Doğaüstü açıklamalar, felsefe ve bilim birbi-

rini izleyen üç aşama olarak değil, daha çok, bilme sorununa birbirini tamamlayıcı üç yaklaşım olarak en iyi şekilde değerlendirilebilir. Düşünce tarihi bu farklı çabaların keskin kopukluklar olmaksızın birbirinden evrimleştiğini göstermektedir. Örnek vermek gerekirse, büyük felsefecilerin çoğu ve hatta Kant, açıklama şemalarında Tanrı'ya yer vermiştir. Darwin'den önceki birçok biyolog da Tanrı'yı açıklayıcı bir etken olarak kabul ediyordu. Bilimin doğuşundan sonra felsefe var olmaya ve gelişmeye devam etti. Değişen şeyse felsefenin amacıydı. Bilim giderek felsefeden bağımsız hale geldikçe, felsefeciler bilim insanlarının çalışma alanından çıkmaya ve onların bilimsel etkinliklerinin incelenmesi üzerinde yoğunlaşmaya başladılar.

Bilimin nihai amacı, dünyayı kavrayışımızı geliştirmektir. Bu noktada, bilim insanlarıyla bilim felsefecileri fikir birliği içindedir. Bilim insanı bilinmeyen veya anlaşılmayanla ilgili sorular sorar ve bunları cevaplamaya çalışır. Verilen ilk cevap, bir tahmin ya da hipotez olarak adlandırılır ve geçici bir açıklama işlevi görür. Peki gerçek bir açıklama nasıl olacaktır? Günlük yaşamda kafa karıştırıcı bir olguyla karşılaşıldığında, bu, genellikle bilinenler ya da akla yatkın görünen düşüncelere dayanılarak "açıklanır". Örneğin, Ay tutulması Dünya'nın gölgesinin Ay'ın üzerine düşmesinden olsa gerektir ya da Galápagos Adaları'ndaki flora ve fauna, bu volkanik adaların Güney Amerika Kıtasıyla hiçbir ilgisi olmadığı için buraya deniz üzerinden gelmiş olsa gerektir. Ancak, akılcı bir açıklama tek başına yeterli değildir. Cevabın doğru olduğundan ya da en azından mevcut bilgilerin elverdiği ölçüde gerçeğe en yakın cevap olduğundan emin olunmak zorundadır. Bilim insanının bu amacı, aynı zamanda tam olarak bilim felsefecisinin de amacıdır.

Eski Yunanlılar'dan modern çağlara felsefeciler arasında, doğal dünyaya ilişkin bir açıklamanın nasıl oluşturulması ve bunun ne şekilde sınanması gerektiği tartışma konusu olmuştur. Birçok felsefeci dünyayı daha iyi kavramamızı ya da genellikle söylenildiği gibi, gerçeği bulmamızı sağlayacak ilkeleri kesin ve

açık bir şekilde anlatmaya çalışmıştır. Adları her zaman anılanlar arasında, Descartes, Leibniz, Locke, Hume, Kant, Herschel, Whewell, Mill, Jevons, Mach, Russell ve Popper sayılabilir. Ne gariptir ki tüm zamanların en büyük felsefecilerinden biri olmasına rağmen Darwin adı bu tarz listelerde çok seyrek yer alır.[1] Gerçekte modern biyoloji felsefesi geniş ölçüde Darwin tarafından temellendirilmiştir.

Bilim felsefecileri, bir felsefeci gözüyle göründüğü şekliyle bilimsel yöntemleri inançla açıklama çabası içinde midir, yoksa bilim felsefecilerinin görevi, bilim insanlarının buluşlarının gerçekten "iyi" bilimi tesis edebilmesi için, açıklamalarını ve deneylerini nasıl yapılandıracaklarını bilim insanlarına söylemek midir?[2] Eğer ikincisi geçerliyse, korkarım ki bunun etkisi bugüne kadar çok az olmuştur. Kuram oluşturma çabasında, bilim felsefecilerinin önerdiği normların etkisi görülen tek bir biyolog bile tanımıyorum. Bilim insanları araştırma yaparken, metodolojinin inceliklerine çok fazla dikkat etmezler. Bu genellemenin bir istisnası, Karl Popper'ın yanlışlama (bkz. aşağıda) üzerindeki ısrarıdır. Bu yaklaşım biyologlar arasında ilkesel olarak geniş kabul görse de pratikte çok az sonuç vermiştir.

Bilim felsefecileri bugün hâlâ bilim insanlarının açıklamalarını oluşturma ve sınama yolları konusunda neden bu kadar kaygılıdır? Sonuçta bilim Bilimsel Devrim'den bu yana neredeyse aralıksız bir başarılar dizisi gerçekleştirmektedir. Hiç kuşkusuz, ara sıra yanlış bir kuram geçici olarak kabul görebilmekte, fakat kısa süre içinde rakip kuramlar arasındaki yarış içerisinde çürütülmektedir. Temel bilimsel kuramlardan birinin çürütülmesi çok seyrek rastlanılan bir durumdur. Sonuçta, bilimin en temel savlarının güvenilirliği konusunda hiçbir kuşku yoktur. Giere (1988), Bilimsel Devrim sırasında Kartezyen şüpheciliğin mirasının felsefecilerin hiç bitmeyen kuşkularının nedeni olduğunu ileri sürmektedir.

Önemli yeni buluşlar ve mevcut kuramları sarsıcı gelişmelerle ilgili günlük sansasyonel yayınlar yapan medya, bilimin hiç-

bir şey hakkında kesin ya da "gerçek" olanı ortaya koyamadığı gibi, bilim dünyasının dışında kalan insanları yanlış inanışlara yönlendirme eğilimindedir. Oysa aksine, çoğu elli ya da yüz elli yıldır var olan temel bilimsel kuramlar tekrar tekrar doğrulanmaktadır. Evrimsel biyoloji gibi çok tartışmalı bir alanda bile Darwin'in 1859'da oluşturduğu temel kavramsal çerçeve olağanüstü bir biçimde güçlenmiştir. Son yüz otuz yıldır Darwinciliğin geçersizliğini göstermeye yönelik tüm çabalar başarısız oldu. Aynı durum, biyolojinin başka alanlarındaki birçok kuram için de geçerlidir.

Öte yandan, duyu organlarımızın ve onlardan da fazla uslamlamamızın yanıltıcı olabileceğini kabul etmek zorundayız. Dolayısıyla, bilim insanlarının bilgi edinme yöntemlerini dikkatle kontrol etmek, bilim insanlarına kuram oluşturmak ve bunu denemede en güvenilir yolu önermek felsefenin meşru görevidir. Neyi bildiğimiz ve nasıl bildiğimiz sorunuyla ilgilenen felsefe dalı bilgi kuramı ya da epistemoloji olarak adlandırılır. Günümüzde bilim felsefesini meşgul eden temel konu budur.[3]

Bilim Felsefesinin Kısa Bir Tarihi

Bilgi kuramına duyulan ilginin artışı şaşırtıcı olmayan bir biçimde Bilimsel Devrim dönemine denk gelir ya da bu dönemdeki gelişmelerin sonucu olarak başlamıştır. Astronomi ve mekaniğin en canlı bilim dalları olduğu bu dönemde gözlem ve matematiğe büyük önem verildi ve Sir Francis Bacon tümevarım Descartes ise geometri ile bu ikisinin havarisi oldu.

Bacon sayesinde tümevarım iki yüzyıl boyunca yerleşik bilimsel yöntem oldu. Bu felsefeye göre bilim insanı kuramlarını, önceden hiçbir varsayım ya da peşin hükme dayanmaksızın, sadece kayıt tutarak, ölçümler yaparak ve gözlemlerini betimleyerek oluşturur. Tümevarımın İngiltere'de revaçta olduğu on dokuzuncu yüzyılın başlarında Darwin, Bacon'ın gerçek bir takipçisi olduğunu ilan etti, ancak gerçekte benimsediği yöntem, aşağı yukarı varsayımsal-tümdengelimli yaklaşımdı (bkz. aşağı-

da).[4] Darwin daha sonra, bu tümevarıma inanan birinin aynı zamanda, "bir çakıltaşı yatağına girip çakıltaşlarını sayabileceğini ve bunların rengini tarif edebileceğini" söyleyerek bu yöntemle dalga geçmiştir.

Hiçbir bilim insanının Bacon'ın *Novum Organum*'da tanımladığı yöntemleri uygulamadığı ya da uygulayamadığını ikna edici bir biçimde savunan Liebig (1863), Baconcı tümevarımı yadsıyan bilim insanları arasında göze çarpan ilk isimlerden biriydi. Salt tümevarımla yeni kuramlar üretilemez. Liebig'in keskin eleştirisi tümevarımcılığın saltanatına son verdi ve bunun sonrasında, herhangi bir kimse için tümevarımcı (ya da pul koleksiyoncusu) demek küçültücü bir ifade olarak görüldü.[5] Ancak bu deneysel yaklaşımı eleştirenlerin çoğu, herhangi bir bilimsel çabanın temelini oluşturan verilerin her zamankinden daha çok vaz geçilmez hale geldiği gerçeğini gözden kaçırıyordu; eleştirilmesi gereken bizzat olguların toplanması değil, bunların kuram oluşturmada ne şekilde kullanıldıklarıydı. Özellikle biyoloji gibi tarihsel anlatılar kurmaya dayanan bazı bilim dallarında günümüzde kullanılan asıl bilimsel yöntem, temelde tümevarımcıdır.

Mantık, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında, özellikle Frege (1884) ve diğer mantıkçı ve matematikçilerin etkisiyle, matematik ve fizik felsefesi üzerinde etkili oldu. Bu, fiziki bilimlerde olduğu gibi, matematiksel olarak formüle edilebilen evrensel yasaların önemli rol oynadığı durumlarda özellikle aydınlatıcıydı. Evrensel yasaların neredeyse hiç olmadığı fakat çoğulculuk, olasıcılık ve salt nitel ve tarihsel olguların bolca olduğu biyoloji için ise bu daha az uygundu. Sonuç olarak fiziki bilimlerdeki duruma uygun bir bilim felsefesi gelişti, ancak bu, çoğu yönüyle biyoloji için uygun değildi.

Doğrulama ve yanlışlama

Bu yüzyılda Anglo-Amerikan bilimine uzun süre egemen olan felsefe, 1920'li ve 1930'lu yıllarda Viyana çevresine dahil olan

mantıksal olguculuğun (Reichenbach, Schlick, Carnap, Feigl) çalışmalarıyla ortaya çıkan mantıksal deneycilikti. Mantıksal deneycilik üç temel üzerine kuruldu: (1) Bir kısım yirminci yüzyıl matematikçi ve mantıkçısının çalışmaları; (2) Mill aracılığıyla Russell ve Mach'a aktarılan, Dawid Hume'un klasik deneyciliği; (3) Fiziki bilimler, özellikle de görelilik kuramı ve kuantum mekaniğinden önce anlaşıldıkları haliyle klasik fiziki bilimler.

Bilimsel ispat konusunda mantıksal olguculuğun onayladığı yaklaşım geleneksel varsayımsal-tümdengelimli yöntemdi ve bir kuramın iyi vasfını kazanması için en iyi ölçütün, tekrarlanan deneyler aracılığıyla doğrulama olduğu düşünülüyordu. Eğer deneyler bir kuramı doğruluyorsa, kuramın doğrulandığı söylenebiliyordu. Doğrulama, kuramları büyük ölçüde güçlendirir ve bazen yapısal değişikliklere kapı açar. Bununla birlikte, doğrulamayla bir kuramın geçerli olduğunun kesinlikle "ispat edildiği" farz edilmemelidir. Bazı durumlarda bu yöntemlerin, nihai olarak yanlışlığı anlaşılan bir kuramın doğrulanmasına yol açtığı da olmuştur.[6]

Popper, bir kuramın, "sınamadan geçerek geçerliliğini koruduğu birbirinden bağımsız deneylerin zorluğu ne kadar fazlaysa, o denli yeterlilik göstereceği" konusunda mantıksal olgucularla fikir birliği içindeydi, fakat yanlışlamanın geçersiz bir kuramı tamamen elemek için tek yol olduğu konusunda ısrar ediyordu. Bir kuram bir sınamayı geçemezse yanlışlığı ispatlanmış oluyordu. Ancak yanlışlama basit bit konu değildir ve 2+2'nin 5 etmediğini ispat etmeye benzememektedir. Yanlışlama özellikle olasıcı kuramların sınanması için uygun değildir ve biyolojideki kuramların çoğu olasıcıdır. Bir olasıcı kuram için istisnaların gerçekleşmesi zorunlu olarak yanlışlama oluşturmaz. Evrimsel biyoloji gibi belirli gözlemlerin açıklanabilmesi için tarihsel anlatıların kurulmasının zorunlu olduğu alanlarda geçersiz bir kuramın yanlışlanması olanaksız olmasa bile, çoğunlukla güçtür. Tek bir yanlışlama bir kuramın terk edilmesini gerektirir, şeklindeki koşulsuz bir önerme fiziki bilimlerin

evrensel yasalarına dayanan kuramlar için belki geçerli olabilir, fakat evrimsel biyolojideki kuramlar için çoğunlukla geçerli değildir.[7]

Yeni bilimsel açıklama modelleri

Modern bilim felsefesi 1948'de Carl Hempel ve Paul Oppenheim tarafından yazılan ve 1965'de Hempel'in yeniden ele aldığı bir makaleyle başlamıştır. Bu makalelerde Hempel genel yasalı açıklama (deductive-nomological) olarak adlandırdığı yeni bir bilimsel açıklama modeli önerdi. Bu tasarı 1950'li ve 1960'lı yıllarda en parlak günlerini yaşadı ve aynı zamanda "kabul edilen görüş" olarak tanındı.

Genel yasalı açıklamanın altında yatan fikir şudur: Bilimsel bir açıklama, açıklanacak olayı betimleyen bir önermenin, belirli olgular üzerine önermelerle (karşılık kuralları) uyum içindeki bir ya da birden çok geçerli evrensel yasadan çıkarsanan tümdengelimli bir akıl yürütmedir. Bu görüşe göre bilimsel bir kuram, öncülleri bir yasaya dayandırılan bir "aksiyomlu tümdengelimli sistem"dir.

Sunulan ilk genel yasalı açıklama modeli çok tipolojik ve belirlenimciydi ve kısa süre içinde olasıcı ve istatistiksel yasalara uyacak şekilde değiştirildi. Her yıl, kabul edilen görüşe ait gerçek veya görünürdeki çatlakları düzeltecek yollar ve araçlar öneren yeni makaleler ya da kitaplar yayınlanıyordu. Sonuçta Hempel'in modelinden çıkarılsalar da, bunların bir kısmı orijinal kuramlar olarak ileri sürüldü.

Bu değişikliklerden biri kuram yapısının anlamsal (semantik) tasarımı olarak bilindi.[8] Bu yeni modeli önerenlerden biri olan Beatty (1981, 1987) için kuram, bir sistemin tanımıdır ve bir kuramın uygulamaları ise kuramın örneklemeleridir. Bu uygulamalar zaman-mekân kısıtlamasına tabi olabilirler ya da kalıcıdırlar ve bu yüzden çoğul çözümler ve evrimsel değişimle uyumludurlar. Bu son nokta, zaman-mekân kısıtlamasının dışında çok az biyolojik genelleme bulunduğu gerçeği dikkate

alındığında önem kazanır. Anlamsal bakışın evrimsel kuram oluşturmayı güvenilir şekilde temsil etme yeteneği, Beatty, Thompson, Lloyd ve diğer felsefecileri bu modeli benimsemeye itmiştir.[9]

Bu kuram, kabul edilen görüşün zayıf pek çok yönünü taşımıyor olsa da, pratiğin içindeki bir biyolog açısından bakıldığında iki güçlükle karşılaşmaktadır. Bunların ilki, bu yaklaşımın tanımı sorulduğunda, anlamsal bakışı savunan farklı kişilerden birbirinden tamamen farklı cevaplar alınmasıdır. İkinci engelse pratiğin içindeki bir biyoloğun anlamsal bakışı nasıl uygulayacağıdır. Felsefecinin sunduğu şey, bilim insanı tarafından geliştirilen kuramların betimidir. Ancak söz konusu betimleme, biyoloğa *yeni* kuramları ne şekilde geliştireceğini gösterecek denli kural koyucu değildir. Bu en azından bana böyle görünmektedir. Bir kuram ne zaman anlamsal bir kuramın özelliklerini göstermekte başarısız olur? Kabul edilen görüşe göre belirgin üstünlükleri olsa da, anlamsal yaklaşımın biyolojide fazla kabul görmediği izlenimim, sanırım bu soruya verilen bir cevabın olmamasına dayanıyor (kabul edilen görüş bugün neredeyse demode bir yaklaşım olarak görülmektedir). Bir kuram oluşturmanın basit mantık kurallarıyla ilgili bir konu olmadığı ve rasyonelliğin tümdengelimli ya da tümevarımlı mantığın önerdikleri üzerine değil, daha geniş koşullar üzerine kurulması gerektiği fikri gittikçe daha fazla benimsenmektedir.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda çeşitli açıklama şemalarının her biri, on yıl ya da biraz fazla süre rağbet görmüş ve daha sonra ya aynı şemanın yeni bir yorumu ya da tamamen yeni bir şema ile yer değiştirmiştir.[10] 1980'ler bilim felsefesi açısından oldukça hareketli geçmiş olmakla birlikte bu hareketlilik, bilimsel açıklamaların en iyi şekilde nasıl yapılacağı ve sınanacağı konusunda felsefeciler arasında bir fikir birliği doğurmamıştır. Yakın geçmişe ait bir araştırmasında Salmon (1988) şunları söylüyordu: "Bana öyle geliyor ki şimdi en az üç tane güçlü düşünce

ekolü bulunmaktadır -pragmacılar, tümdengelimciler ve makanikçiler- ve bunlar, yakın gelecekte önemli bir fikir birliğine varacak gibi görünmüyor."

Keşif ve Doğrulama

Çoğu bilim insanı ve bilim felsefecisi bilimin iki aşamalı bir süreç olduğu konusunda anlaşmış görünüyor. İlk aşama, doğada yeni olgular, düzensizlikler, istisnalar ya da görünürdeki çelişkilerin *keşfi* ile bunları açıklamak için tahmin yürütmek, hipotez oluşturmak ya da kuramlar üretmektir. İkinci aşama olan *doğrulama* ise, söz konusu kuramların sınanarak değerlendirildiği işlemlerdir.

Çoğu felsefeci için yeni bir kurama giden yol, bir bilinmezi çözmek için tahmin yürütmek veya varsayımla başlar; sonra bu varsayım sıkı bir biçimde sınanır. Ancak, pratiğin içindeki bilim insanı için bunun öncesi de vardır. Bilim insanı keşif aşamasında büyük ölçüde, yalın gözlem ve olguların betimiyle uğraşır. Eldeki olgular arasında açıklanamayan bir düzensizlik ya da anomali ile karşılaşıldığında, söz konusu açıklanamayanın bulunması bilim insanını bir soru sormaya iter ve bu soru sonuç olarak bir tahmin ya da varsayıma götürür.

Herhangi bir gözlemin anlamı ya da açıklamasıyla ilgili her bilim insanının genellikle "önsezileri" olur. Ancak, bilimsel bir keşfi "doğruluk" derecesine yükseltecek tek şey, bu önsezilerin sınamadan başarıyla geçmesidir. Tahminler, varsayımlar ya da kuramların sınanmasına ne şekilde başlanacağı, doğrulama geniş ölçüde mantıksal çözümlemeye bağlı olduğu için bilim felsefecilerinin uğraşı oldu. Keşif çok ender hallerde önceki durumu "mantıksal olarak" izleyen bir seyirle gerçekleşir ve bu yüzden çoğu felsefeci geleneksel olarak, keşfin aşamalarını kendi uğraş alanları içinde görmez. Daha doğrusu, felsefeciler keşfi her zaman rastlantıya, psikolojik etmenlere, *zamanın ruhuna* (Zeitgeist) ya da daha da kötüsü baskın sosyoekonomik koşullara dayandırırlar.

Örneğin Popper (1968), "bir kişinin aklma yeni bir fikrin ne şekilde geldiği ... bilimsel bilginin mantıksal çözümlemesiyle ilgili değildir; bilimsel bilginin mantıksal çözümlemesi olguyla ilgili sorularla ilgilenmez... sadece doğrulama ve geçerlilikle ilgilenir" şeklinde yargılar öne sürmüştür. Oysa, pratiğin içindeki bilim insanı için yeni bir olgunun keşfi ya da yeni bir kuramın oluşturulması çoğunlukla en büyük öneme sahipken, yanlış bir varsayımı çürütmek için kullanılan yöntem çoğunlukla ilgi kaynağı değildir.[11]

Kuram oluşturmayı etkileyen iç ve dış etmenler

Hiçbir bilim insanı camdan yapılmış bir fanus içinde yaşamaz. Yaşadığı bilimsel ortamın yanı sıra onu çevreleyen entelektüel, tinsel, ekonomik ve sosyal bir ortam vardır. Bilim insanının geliştirdiği kuramların doğası üzerinde tüm bunlar nasıl bir etkide bulunmkatadır? Düşünce tarihi üzerine çalışanlar iç etmenlerin, yani bilimin içindeki gelişmelerin yeni kuram ve kavramlar oluşturmada birinci derecede etkili olduğunu kabul etmeye meyillidirler. Buna karşılık toplumsal tarihçiler dış etmenleri, yani toplumsal ve ekonomik ortamdaki bileşenleri araştırırlar. Toplumbilimciler, tümden bakıldığında bu konudaki çabalarında olağanüstü bir başarısızlık göstermişlerdir.[12] Tümüyle farklı toplumsal ve ekonomik koşullardan gelmiş olan Charles Darwin ile Alfred Russel Wallace'ın birbirinden bağımsız olarak neredeyse aynı evrim kuramına ulaşmış olmaları gerçeği, kuram oluşturma ile dış etmenler arasında bir bağ olmadığını gösterir. Doğrusu ben de toplumsal ve ekonomik bir etmenin biyolojide belirli bir kuramın oluşturulmasına etki ettiğine dair bir kanıt bilmiyorum.[13] Oysa kimi zaman bunun tersi gerçekleşir: Bilimsel ya da sözde bilimsel kuramlar, politik eylemciler tarafından kendi programlarını desteklemek amacıyla sıklıkla kullanılmıştır.[14]

Dış etmenler olarak anılan toplumsal ve ekonomik etmenler ile *zamanın ruhu* ya da entelektüel ortam arasında bir ayrım yapmak gerekir. Entelektüel ortam yeni kuramların önerilme-

sinde çok küçük bir rol oynamasına rağmen, yerleşik inançlarla çelişen entelektüel değişimlere karşı direnmede büyük bir rol oynamaktadır. Darwin'in doğal seçilim kuramının çok büyük bir dirençle karşılaşmasının nedeni budur. Cuvier ya da Agassiz'in kavramsal dünyasında evrim kuramının yerleşebilmesi mümkün değildi.[15]

Kuramın sınanması

Bilim insanı yeni bir hipotezinin geçerli olup olmadığını saptamaya çalışırken nasıl hareket eder? Kuramını belirli sınamalardan geçirerek. Bir kuramın iyi olup olmadığını belirlemek isteyen felsefeci de aynı şeyi yapar; ancak, bilim insanlarınca uygulanan sınamalar, pratiğin içindeki bilim insanınkinden çok daha katı kurallar kullanmaya meyilli olan felsefecilerin sınamalarından bazen tümüyle farklıdır.[16] Bununla birlikte hangi kurallar kümesinin uygulanacağı, felsefecinin bağlı olduğu ekole göre değişir.

Örneğin, mantıksal olguculuğun ortaya çıkışından beri bilim felsefecilerinin büyük önemle üzerinde durduğu nokta, kuramların tahmin yürütmeyi ne derece olanaklı kıldığıydı. Bir kuram ne kadar iyiyse mümkün kıldığı tahminler de o ölçüde doğrudur. Tahmin bu bağlamda mantıksal tahmindir: Şayet şu şu etmenler bir arada mevcutsa şu şu sonuçların gerçekleşmesi beklenir. Mantıkta tahminin bu kullanım biçimi, gelecekten haber verebilme anlamına gelen, günlük yaşamda kullandığımız "tahmin" sözcüğünün kullanımından farklıdır. Gelecekle ilgili kehanette bulunmak *kronolojik tahmindir*. Bu iki tahmin çeşidini geçmişte ben de dahil olmak üzere pek çok yazar birbiriyle karıştırmıştır. Bilimde ve hatta fiziki bilimlerde kronolojik tahmin nadiren mümkündür. Örneğin hiçbir konu, evrimin gelecekteki seyrinin tahmin edilemezliğinden daha tahmin edilemez değildir. Kretase Dönemi'nin başlarında karada yaşayan en başarılı omurgalı hayvan grubu dinozorlardı; öyle ki Dünya'ya çarpan bir göktaşıyla soylarının tükeneceği tahmin edilemezdi.

Fizikçi gibi biyolog da tahminlerle sınama yolunu izler ve istisnaları araştırır. Ancak onun için, yaptığı tahminin gerçekleşmemesi gibi bir durum daha az kaygılandırıcıdır; çünkü bilir ki biyolojik tekrarlar fiziksel yasalar gibi evrensel değildir. Biyoloji kuramlarının sınanmasında tahmin yürütmenin kullanışlılığı son derece değişkenlik gösterir. Özellikle işlevsel biyolojidekiler gibi bir kısım kuramlar, yüksek tahmin değerine sahip olmakla birlikte, diğer birçok biyoloji kuramı karmaşık etmenlerce denetlendiği için, tutarlı tahmin yürütmek mümkün değildir. Biyolojide tahminler, biyolojik olguların çoğunda görülen büyük değişkenlik, olayların akışını etkileyen beklenmedik olayların meydana gelişi ve etkileşim içindeki etmenlerin çokluğu nedeniyle en iyi şartlar altında bile olasıcıdır. Biyolog için, ortaya koyduğu kuramın tahminlerle yapılan sınamadan geçmesi aşırı bir önem taşımaz; önemli olan, kuramının problemlere çözüm getirmede başarılı olup olmadığıdır.[17]

İşlevsel bilimlerde kuramları sınamanın en iyi yolu deneylerden yararlanmaktır. Ancak, deney yapmanın olanaksız olduğu ve belirli bir hipotezi sınamada tahmin yürütmenin sınırlı bir değere sahip olduğu bilimlerde ek gözlemler yapma zorunluluğu vardır. Tarihsel bilimlerde durum hep böyledir. Söz gelişi ortak soy kuramı yakın jeolojik dönemlere ait bitki ve hayvanların daha eski jeolojik dönemlerin bitki ve hayvanlarından türediğini öne sürer. Örneğin, zürafa ve filler Tersiyer'in (Üçüncü Zaman'ın) ilk dönemlerindeki taksonlardan türemişlerdir. Eğer Kretase Dönemi'nin ilk zamanlarına ait fil ve zürafa fosilleri bulunmuş olsaydı, bu keşif ortak soy kuramının geçerliliğini sarsardı. Benzer şekilde, dinozorlar Mezozoik Zaman'da ortaya çıkmıştır ve dolayısıyla Paleozoik Zaman'a ait dinozor fosilleri bulunsaydı, bu da ortak soy kuramıyla çelişecekti.

Bir kuramı sınamanın diğer bir yolu, tümüyle farklı bir olgular kümesi kullanmaktır. Örneğin, eğer biçimbilimsel (morfolojik) kanıtları temel alarak belirli bir organizma grubunun soy gelişimini ve evrim geçmişini, yani filogenetik ağacını oluştur-

duysam, bağımsız bir filogeni oluşturabilmek ve böylece iki ağaç arasındaki yakınlık derecesini sınayabilmek için pek çok moleküler (biyokimyasal) kanıt tiplerinden birini kullanabilirim. Bu iki ağaç arasında bir uyuşmazlık görüldüğünde, daha ileri bir kontrol için bağımsız ek kanıtların kullanılması zorunludur. Biyocoğrafyada, yeryüzündeki eski kara bağlantıları ya da değişik taksonların yeryüzüne yayılma kapasitesi üzerine kuramlar çeşitli şekillerde sınanabilir. Böylece biyocoğrafi kuramlar çürütülebilir ya da güçlendirilebilir. Dinozorların Kretase Dönemi'nin sonunda gerçekten tümüyle ortadan kalktığını kanıtlamak için Dünya'nın birbirinden uzak bölgelerindeki Üçüncü Zaman'a ait tabakalarında ek gözlemler yapılması gerekir. Uzmanlar belirli bir alanda hangi sınama ya da gözlemlerin geçerli sayılması gerektiği konusunda genel bir fikir birliği içinde olmakla birlikte, gerekli gözlem ve sınamaların niteliği bir problemden diğerine farklılık taşımaktadır.

Pratiğin İçindeki Biyolog

Yirminci yüzyılda çok sayıda bilim felsefecisinin yasalara ya da mantığa dayandırarak yaptığı önerilerden hiçbiri evrimsel biyolojide kuram oluşturmaya uygun değildir. Bu kavrayış 1974'te Popper'ı, hatanın önerilen bilimsel yöntemde değil, "Darwinciliğin sınanabilir bir bilimsel kuramdan çok metafiziksel bir araştırma programı" niteliği göstermesinde olduğu yargısına götürdü. Aynı zamanda fizik ya da matematik konusunda birikimi olan başka felsefeciler de benzer önermeler dile getirdiler. Popper birkaç yıl sonra fikrini değiştirerek bu sözünü geri aldı ve yaklaşık kırk yıl boyunca egemen olan mantıksal deneycilik felsefesi, Kuhn, Lakatos, Beatty, Laudan, Feyerabend ve diğer felsefecilerin eleştirileri nedeniyle terk edildi. Mantıksal deneyciliğin yaşam bilimlerinde uzun vadede başardığı şey, birçok biyoloğun bilim felsefesine duyduğu güvensizliği beslemek oldu.

Her şeye rağmen bana öyle geliyor ki belirli bir anda bilim felsefesinde gidişatın ne olduğu konusu sıradan bir biyoloğu il-

gilendirmez. Popper'ın büyük rağbet gördüğü 1950 ve 60'larda, tanıdığım her biyolog Poppercı olduğu konusunda ısrar ediyordu ancak sonuçta her biri yapmak istediği neyse onu yaptı. Etiketler kimi zaman siyasi bakımdan kullanışlı olsa da, genellikle hiçbir anlam ifade etmez. (Bu durum bana eşyumurta ikizi iki oğlu olan bir babanın hikâyesini hatırlatır. Baba oğullarını hiç ayırt edemezmiş. Bu yüzden birini Harvard'a diğerini Yale'e göndermiş. Dört yıl sonra Harvard'dan mezun olanı tam bir Boston Brahmanı, diğeri ise tipik bir Yale buldoğu olmuş. Ama baba iki oğlunu hâlâ ayırt edemiyormuş.)

Pratiğin içindeki biyolog hangi felsefe ekolünün önerilerine uyup uymaması gerektiğini sorgulamaz. Bilimde çeşitli kuramların tarihi incelendiğinde, "Her şey olacağına varır" diyen Feyerabend'a (1975) sempati duymamak elde değildir. Bu tavır, gerçekten de biyoloğa kuramsallaştırma çabasında büyük ölçüde yol gösterici görünmektedir. Biyoloğun yaptığı, François Jacob'un (1977) doğal seçilimle ilgili olarak "seyyar tenekecilik" dediği şeydir. Biyolog içinde bulunduğu anda kendisini problemin çözümüne en doğru şekilde götürecek yöntemi kullanır.

Açıklamanın beş aşaması

Rastlantı, çoğulculuk, tarih ve biricikliğin oldukça önemli rol oynadığı biyolojide (bkz. IV. Bölüm) katı ilkeler yerine esnek bir kuram oluşturma ve sınama sistemi daha uygun görünmektedir. Böyle bir sistemi beş sözcükle açıklamaya çalışabiliriz. (1) Bilim insanları bozulmamış doğada ya da bazıları mevcut kuramlarca açıklanamayan veya genel kabul gören fikirlerle çelişen özgül deneyler sırasında *gözlemler* yapar. (2) Bu gözlemler bilim insanını "Nasıl?" ve "Niçin?" *sorularını* sormaya iter. (3) Bu soruları yanıtlamak için, araştırıcı deneme niteliğinde bir *tahminde bulunur* ya da bir çalışma hipotezi ortaya atar. (4) Bu tahminin doğru olup olmadığını belirlemek için onu zorlu *sınamalardan* geçirir. Bu sınamalar tahminin geçerli olma olasılığını ya güçlendirir ya da zayıflatır. Söz konusu sınamalar, dikkatle

tasarlanmış deneylerin yanı sıra, tercihen farklı strateji ya da yollar kullanılarak yapılan ek gözlemleri de içerir. (5) Sonuçta kabul edilen *açıklama*, sınama sürecinde en fazla başarı gösteren tahmin olacaktır.

Sağduyu gerçekçiliği

Felsefeciler duyu organlarımızca alınan uyarıların gösterdiği, bizim dışımızda gerçek bir dünyanın olup olmadığı ve bu dünyanın tam olarak duyu organlarımız ve bilimin bize anlattığı gibi olup olmadığı üzerine hiç durmadan düşünceler üretmişlerdir. Bu düşünceler arasında aşırı uçlardan biri, Psikopos Berkeley'in dış dünyanın basitçe bizim dışarıdaki bir izdüşümümüz olduğu yönündeki önermesinde görülür.[18] Tanıdığım biyologlar sağduyu gerçekçiliğini benimsemişlerdir. Bizim dışımızda "gerçek bir dünya"nın var olduğunu bir gerçek olarak kabul ederler. Artık, duyularımızla algıladıklarımızı aygıtlarla test etmenin pek çok yolu bulunuyor ve bu gibi gözlemlere dayanan tahminler şaşmaz bir biçimde doğru çıkmaktadır. Dolayısıyla, pragmatik veya sağduyu gerçekçiliğine biyologların normal araştırmalarını oturttuğu temele dayanarak itiraz etmek yarar getirecek gibi görünmüyor.

Mantığa fazlasıyla güvenmeyi tercih eden felsefeciler arasında sağduyu çok moda olan bir araç değildir. Buna karşılık mantık uzmanı olmayan birine mantık kıyaslarının çoğu neredeyse özdeş eşitlikler olarak görünür. Bu kişi, sağduyu ile kendisini daha rahat hisseder. Sağduyulu yaklaşım, nedenselliğin niteliğini saptarken bile genellikle en rahat ve üretken olan yaklaşımdır. Mantıkçının katı yaklaşımı evrensel yasalara uyan, belirlenimci ve özcü bir dünya için uygun olabilir, fakat olasılıklar ve rastlantının egemen olduğu ve biricik olguların sürekli açıklamu gerektirdiği olasıcı bir dünya için daha az uygundur. Beyaz, iki renkli ve kahverengi kuzgunların yanı sıra siyah renkli ve siyah boyunlu kuğular (bunların tümü yeryüzünde vardır!) mantığın üstünlüğünü göstermek için iyi birer örnek değildir.

Bilim dili

Her bilim dalının olgular, süreçler ve alana ait kavramlar için kendi terminolojisi bulunur. Bir terim bir nesne ya da bireye -mitokondri, kromozom, çekirdek, gri kurt, Japon böceği- işaret ettiğinde, genellikle bir sorun yaratmaz. Ancak daha heterojen olgu ya da süreçler, daha büyük terim sınıflarıyla karşılanırlar. Rekabet, evrim, tür, uyum, niş, melezleşme, varyete gibi terimler biyolojide kullanılanlardan bazılarıdır. Bu terimler bu alanda çalışanlar tarafından aynı şekilde anlaşıldığında yararlı olacaktır ve bunun böyle olması, aslında zorunludur.[19] Ancak, bilim tarihinin çoğunlukla gösterdiği gibi, durum böyle değildir ve sonuç yanlış anlama ve uyuşmazlıklardır.

Pratiğin içindeki bilim insanı dille ilgili üç tip sorunla karşılaşmaktadır. Birincisi, bir terimin anlamı konuyla ilgili bilgi arttıkça değişebilir. Anlamlarda bu gibi değişikliklerin olması şaşırtıcı değildir; çünkü bilimsel terimler genellikle günlük dilden ödünç alınmakta ve günlük kullanımın tüm belirsizlik ve eksikliklerini taşımaktadır. Modern fizikte kullanılan güç, alan, ısı vb. gibi terimler önceki dönemlerde işaret ettiklerinden tamamen farklı anlamlar taşımaktadır. Modern moleküler biyoloğun kullandığı baz çiftleri ya da nükleotitlerin sıralanışı, ekzon ile intron ve diğer ayrıntılarıyla birlikte karmaşık gen, ilk zamanlardaki "ipe dizili boncuklar" olarak ifade edilen gen kavrayışından ve hatta H. J. Müller'in çok daha kapsamlı olan gen kavramından tamamen farklıdır. Ancak, 1909'da Johannsen tarafından ilk kez ortaya atılan "gen" sözcüğü halen bu birimi tanımlamak için kullanılmaktadır. Hemen hemen tüm bilimsel terimler belirli ölçüde değişiklik geçirdiği için, anlamda küçük farklılık içeren yeni terimlerin ortaya atılması büyük karmaşaya neden olacaktır; bu nedenle yeni terimler gerçekten köklü değişiklikler için kullanılmalıdır. Aslında, teknik terimler yeni bulguları içermeyi mümkün kılacak biçimde, hatırı sayılır ölçüde "açıklık" taşımalıdır.

Pratiğin içindeki bilim insanı için ikinci sorun, belirli bir olgu ya da sürece ait bazı terimlerin farkında olunmadan tamamen

farklı bir olgu veya sürece aktarılmasıdır. T. H Morgan'ın De Veries'in "mutasyon" terimini genetik malzemede ortaya çıkan her çeşit ani değişim için kullanımı buna çok güzel bir örnektir. De Veries'e göre mutasyon bir anda yeni bir tür ortaya çıkaran evrimsel bir değişimdi ve genetik değil, evrimsel bir kavramdı. Morgan'ın mutasyonlardan anladığının De Veries'in mutasyonlardan anladığıyla aynı şey olmadığını kavramak, genetikçi olmayanların 30-40 yılını almıştır.[20] Belirli bir şeyi adlandırmada az ya da çok evrensel bir kullanımı olan bir terimin başka bir şey için kullanılmaması, bilim dilinin temel ilkelerinden biridir. Bu kuralın çiğnenmesi daima karışıklığa yol açar.

Belki de en çok kafa karıştıran ve en sık rastlanan durum, farklı birçok olgu için aynı terimin kullanılmasıdır. Felsefe literatüründe çok sık rastlanan bir şey, bazı terimlerin incelenmesinde fazlasıyla mantıksal bilgiçlik yapılması, ancak bir terimin olası heterojenliği üzerinde şaşırtıcı biçimde çok az durulmasıdır.[21] Örnek olarak, en az dört tane tümüyle farklı süreç için kullanılan "teleolojik" terimi, yine dört ayrı olayı anlatan "grup" terimi, çok farklı üç süreç ya da kavram için kullanılan "evrim" terimi ve anlamı sürekli değişen "Darwincilik" terimi verilebilir.[22]

Terminolojik belirsizlik, biyoloji tarihinde zaman zaman vahim sonuçlar doğurmuştur. "Varyete" teriminin zoologlar ve botanikçilerce farklı anlamlarda kullanılışını fark etmemesi Darwin'i, tür ve türleşmenin niteliğiyle ilgili tümüyle yanılgıya düşürdü.[23] Benzer bir yazgıyı Gregor Mendel de yaşadı. Çaprazladığı bezelye türlerinin doğasından emin değildi ve o da, birçok bitki ıslahçısı gibi heterozigotlara "melezler" dedi. Bulduğu yasaları gerçekte asıl tür melezleri olan "başka" melezleri kullanarak doğrulamayı denediğinde başarısız oldu. Sonuç olarak, birbirinden tümüyle farklı iki biyolojik olgu için aynı "melez" teriminin kullanımı, Mendel'in sonraki araştırma çabalarına engel olmuştur.[24]

Anlamları farklı olduğu halde söylenişi aynı olan bu gibi terimlere getirilen en pratik çözüm, farklı öğeler için farklı terimlerin benimsenmesidir. Terimlerde iki anlamlılığın karışıklık ya-

ratma olasılığının bulunduğu her durumda söz konusu her bir terim için kesin tanımlar önerilmelidir. Adlandırılan kavram ya da olgu anlam değişikliğine uğrarsa tanım gerektiği biçimde yeniden düzeltilmelidir. Bilimde kullanılan birçok terimin tanımı, bilginin artışına bağlı olarak sürekli değişikliğe uğramaktadır. Örneğin fiziki bilimlerdeki hemen hemen her temel terim tekrar tekrar tanımlanmıştır.[25]

Çoğu felsefeci tanım getirme konusunda oldukça isteksiz görünmektedir ve belki de bu, felsefe literatüründe çok sayıda iki anlamlı terim bulunmasını açıklar. Bu isteksizliğin nedeni, "tanımlama" (definition) teriminin klasik felsefe literatüründe, skolastik gelenekten kalan ve özcülüğün ilkeleriyle temellenen özgül bir anlama sahip olmasıydı.[26] Öyle görünüyor ki pek çok felsefeci "izah" terimini pratiğin içindeki bir bilim insanının tanımlama dediği şey için kullanmaktadır.

Açık tanımlamalara gereksinim öyle belirgindir ki, çok sayıda felsefecinin tanım yapmaya niçin bu kadar karşı olduğunu anlamış değilim. Tanım yapmaya en fazla karşı olanlardan biri olan Popper, *Unended Guest* (1974) (*Bir Entelektüelin Yaşamöyküsü: Bitmeyen Arayış**) adlı özyaşamöyküsünde, niçin bu görüşe sahip olduğuna açıklık getirdi. Gençliğinde çok erken bir dönemde, "sözcükler ve onların anlamları konusunda asla tartışmaya girmemek gerektiğini, çünkü bu gibi tartışmaların yanıltıcı ve anlamsız olduğunu" öğrendiğini söyler. Sonraki okumalarında "sözcüklerin, özellikle de tanımların önemine inanmanın neredeyse evrensel olduğunu" keşfettiğinde ise hayrete düştüğünü ifade eder. Popper bunun özcülüğün gücünün bir sonucu olduğunu belirtir. Spinoza'nın yazılarını okuduğunda ise bunları, "öznel, anlamsız ve dolambaçlı tanımlarla dolu" bulduğunu dile getirir. Popper bu noktada, karşı olduğu şeyi açıkça ortaya koymaktadır. Sözcüklerin tanımlarını ortaya serip bunları mantık kıyaslamalarında kullanmak, mantıkçıların oynadığı bir oyundur.[27]

* Çev. Mustafa Acar, Plato Film Yayınları, 2006. (ç.n.)

Popper, bilim insanının açık bir tanım talep ettiğinde tamamen farklı bir şeyden söz ediyor olduğunu gözden kaçırmaktadır. Bilim insanı, iki anlamlı sözcüklerin ayıklanmasını ister. Daha ileri bilimsel gelişmeler bir kavram ya da sürecin tanımının eksik veya yanlış olduğunu gösterirse bu tanım değişmek zorundadır ve değiştirilecektir. Bununla birlikte her zaman açık ve net tanımlar olmaksızın, kavram ve kuramların açıklığa kavuşmasında herhangi bir ilerleme mümkün değildir. Pratiğin içindeki bir bilim insanı olarak, felsefecilerin tanımlamalara duydukları nefreti bırakıp, kullandıkları terimlerin sadece bir nesneyi mi yoksa heterojen bir karışımı mı ifade ettiğini kusursuz tanımlarla sınamaları gerektiğini düşünüyorum. Bu, felsefe literatüründe mevcut çok sayıda çelişkiye son verecektir.[28]

Olguları, Kuramları, Yasaları ve Kavramları Tanımlamak

Hipotez, tahmin, kuram, olgu ve yasa gibi terimlerin anlamları üzerine geniş felsefi tartışmalar yapılmıştır. Örneğin felsefeciler hipotez ile kuram arasında bir ayrım yapılması konusunda ısrarlıdırlar, fakat özellikle yaşam bilimlerinde bu derece keskin bir ayrım yapılmasını sürekli olanaklı kılacak bir kuram tanımı bilmiyorum. Herhalde, sahada ya da bir laboratuvar masasının başında çalışan bilim insanı bu terimleri kullanırken, her zaman masasında çalışan felsefecinin arzu ettiği ölçüde hassas değildir. Bilim insanının aklına ne zaman parlak bir fikir gelip, "Tek kelimeyle yeni bir kuram geliştirdim (ya da ortaya çıkardım)" dediğinde aslında betimlediği şey, bir felsefeci tarafından bir tahmin ya da hipotez olarak değerlendirilebilir.

Son zamanlarda son derece popüler olan bir başka terim "model"dir. Bildiğim kadarıyla bu terim, yirmi yıldan fazla bir süre öncesine kadar evrim ya da sistematikle ilgili bilimsel literatürde bir kez bile kullanılmamıştır. Bir model, iş gören bir hipotezden tam olarak nasıl ayrılmaktadır? Bir model, matematiksel olmak zorunda mıdır? Bir model, bir algoritmadan ne şe-

kilde ayrılır? "Safdilce" yöneltilen bu soruları felsefecilerin açıklamalarına duyulan gereksinimi vurgulamak için özellikle soruyorum. Tahmin, hipotez, model, algoritma, kuram gibi terimlerin hepsi, pratiğin içindeki bilim insanlarınca açıklamalarını formüle ederken birbirinin yerine kullanılmaktadır. (Okuyucuyu "kuram" sözcüğünü benim de sık sık bu esnek bağlamda kullanıyor olduğum konusunda uyarmalıyım.)

Kuramlara karşı olgular

Bir kuram sağlam olabilmek için gerçeğe dayalı bir temele sahip olmak zorundadır, ancak bir kuram ile bir olgu arasındaki sınırı nereye çizmeliyiz? Evrensel kabul gören ve tekrar tekrar doğrulanan bir kuram ne zaman olgu olarak kabul edilecektir? Örneğin modern bir evrim biyoloğu, evrim kuramının artık bir olgu olduğunu söyleyebilir. Net bir şekilde ifade etmek gerekirse, elbette bir kuram bir olguya asla dönüştürülmez, kuram daha çok olgunun yerini alır. Dış gezegenler olan Uranüs ve Neptün'ün yörüngelerinde bir düzensizlik gözlendiğinde, kuram dokuzuncu bir gezegenin varlığını hesaba katacak şekilde geliştirildi ve gerçekten de zaman içinde Plüton keşfedildi. O andan itibaren Plüton'un varlığı bir kuram değil, bir olguydu. Benzer şekilde, DNA yapısının bulunmasının ve onun protein sentezi üzerindeki kontrolünün ortaya çıkarılmasının ardından, DNA'daki bilginin doğru aktarımını kontrol eden bir şifreyle ilgili kuramlar öne sürüldü. Oldukça hızlı bir şekilde bu kuramlardan birinin doğru olduğu ispatlandı ve şu an kabul edilen genetik şifre bir kuram olmaktan çıkıp bir olguya dönüştü. 1859'da Darwin'in türlerin değişkenliği ve ortak soy konusundaki fikirleri kuram olarak değerlendiriliyordu. Bu "kuramları" destekleyen kanıtların çokluğu ve o zamandan bu yana karşıt kanıtların bulunamamış olması, biyologları bu kuramları olgular olarak kabul etmeye yöneltti.

O halde olgular, tekrar tekrar doğrulanan ve hiç çürütülmeyen deneysel öneriler (kuramlar) olarak tanımlanabilir. Bunun-

la birlikte henüz olgulara dönüştürülmemiş ya da olguların yerini almamış kuramlar, mikroskobik ve biyokimyasal alanlar için olduğu gibi, duyu organlarının yetersiz kaldığı bilim dallarında ya da kozmoloji ve evrimsel biyoloji gibi geçmiş olayları açıklamak üzere tarihsel anlatıların kurulduğu bilimlerde anlama sınırlarımızı genişleten yararlı araçlardır.

Fiziki bilimlerdeki evrensel yasalar

Kuram ve olgular evrensel yasalarla nasıl bir ilişki içindedir? Yasalar, sonucu tahmin edilebilen süreçlerle ilgilidir, ancak, yerçekimi yasası ya da termodinamik yasaları gibi birçok fizik yasası aynı zamanda basitçe olgu olarak da adlandırılabilir. Bununla birlikte kuşların tüylerinin olması da evrensel bir olgu olmakla birlikte, bir yasa değildir.

Doğa yasalarına büyük saygı besleyenler, çoğunlukla doğada düzen olduğunu düşünenlerdir. Beşeri zaman çizelgelerimiz doğanın düzenini temel alır. Yaz mevsimindeyken biliriz ki bizi kış beklemektedir ve her yıl ağaçların gövdesine yeni bir büyüme halkası eklenir. Lyell'in birörneklilik kuramı bu gibi gözlemlere dayanıyordu. Geçmişte gerçekleşmiş bir şeyin bugün ve gelecekte gerçekleşeceği beklenebilir. Fizikçiler kuramlarını dayandırdıkları kesinliği savunmak istediklerinde, bunların istisnalar içermeyen ve zaman-mekân kısıtlaması olmayan evrensel yasaları temel aldığına vurgu yaparlardı.

Canlılar dünyasında da düzenlilikler yaygın olmakla birlikte, bunlar çoğunlukla evrensel ve istisnasız değildir; olasıcı ve zaman ve mekâna fazlasıyla bağlıdırlar. Smart (1963), Beatty (1995) ve diğer felsefeciler biyolojide evrensel yasalar varsa bile bunların çok az sayıda olduğunu ileri sürmüşlerdir. Hiç kuşkusuz pek çok kimya ve fizik yasası moleküler düzeyde biyolojik sistemler için de aynı şekilde geçerlidir ve biyolojide yaygındır. Ancak, eğer varsa, karmaşık sistemlerde gözlemlenen düzenin çok küçük bir kısmı fizikçiler ve felsefeciler tarafından benimsenen yasaların tanımına tamı tamına uyar.

"Yasa" sözcüğünü kullanan biyologların bu sözcükle anlatmak istediği şey çoğu zaman basitçe, doğrudan veya dolaylı olarak gözlemlerle doğrulanmaya veya yanlışlanmaya açık, genel bir mantıksal ifadedir ve açıklama ve tahminlerde kullanılabilir. Söz konusu "yasalar" herhangi bir bilimsel çözümleme ya da açıklamanın en temel bileşenidir. Ancak, eğer bir kimse "yasa" kavramını biyolojideki herhangi bir düzen ya da genellemeye uygulanabilecek şekilde değiştirirse, bu kavramın kuram oluşturmadaki yararı oldukça tartışmalı hale gelir. Bu gibi "sözde" yasalara dayandırılan olasıcı kuramlar, "yasa" sözcüğünü kullanan kimsenin amaçladığı türden kesinliği çok nadir içerir.

Yaşam bilimlerindeki kavramlar

Kavramlar biyolojide kuram oluşturmada yasalarınkinden fazlasıyla önemli bir rol oynar. Yaşam bilimlerinde yeni bir kuramın ortaya çıkarılmasına yardım eden iki temel etmen, yeni olguların bulunması (gözlemler) ile yeni kavramların geliştirilmesidir. Bir sözlüğü açıp "kavram" teriminin anlamına baktığımızda, çok geniş bir tanımla karşılaşırız. Bir kavram herhangi bir zihinsel imge olabilir. Bu tanıma göre, 3 sayısı, onu düşündüğümde bir kavramdır ve diğer tüm sayılar da öyledir; zihinsel bir imgesini oluşturabildiğim her nesne bir kavramdır. Ancak bir felsefeci kavramlardan söz ederken, çok daha dar bir tanım kullanır; oysa "kavram" terimine bu daha dar anlamlılık içinde iyi bir tanım bulmak zor görünmektedir. Bir biyolog kendi alanındaki önemli kavramların neler olduğu konusunda neredeyse hiç kuşku duymaz. Örneğin, evrimsel biyolojideki kavramlar arasında, seçilim, dişi seçimi, hâkimiyet alanı, rekabet, özgecilik, biyopopülasyon ve diğer pek çoğu bulunur.

Hiç kuşkusuz kavramlar biyolojiye özgü değildir; fiziki bilimlerde de kavramlar vardır. Gerald Holton'un (1973) tema olarak adlandırdığı şey, açık bir biçimde biyologların kavramlar olarak ifade ettiği şeydir. Bununla birlikte, fiziki bilimlerde ve yeni olguların keşfinin önemli olduğu fizyoloji gibi, işlevsel bi-

yolojinin bazı alanlarındaki temel kavramların oldukça kısıtlı sayıda olduğunu düşünüyorum. Gerçekten de bu alanların bazı önde gelenleri, kendi dallarındaki ilerlemenin, yeni olguların keşfine dayandığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan biyoloji bilimlerinin pek çoğunda kavramlar büyük bir rol oynar. Her yeni kavram evrimsel biyolojide doğal seçilim kavramı kadar devrimci bir etki yaratmamıştır, ancak ekoloji, davranış biyolojisi, evrimsel biyoloji gibi daha karmaşık biyoloji bilimlerindeki en son gelişmeler, yeni kavramların önerilmesine bağlı olarak ortaya çıkmıştır.

Klasik bilim felsefesi garip bir biçimde, kuram oluşturmada kavramların önemli bir rol oynadığına çok az değinmiştir. Bununla birlikte, kuram oluşturma üzerinde ne kadar çalıştıysam, fiziki bilimlerdeki kuramların genellikle yasalara, biyolojideki kuramlarınsa kavramlara dayanıyor olduğu gerçeği beni o derece fazla etkilemiştir. Görünüşteki bu çelişki, kavramların yasalar gibi formüle edilmesi, yasaların da kavramlar gibi ifade edilmesi gerektiği söylenilerek yumuşatılmaya çalışılabilir. Ancak, "yasa" ve "kavram" terimleri kesin bir şekilde tanımlandığında, böyle bir dönüştürme zorlaşmaya başlayacaktır. İşte burası, bilim felsefesinin fiziğe odaklanışıyla büyük ölçüde ihmal ettiği, sorunlu bir alandır.

Sonraki bölümde, canlılar dünyasına ilişkin açıklamalarını formüle etmek ve sınamak için biyologların dikkate alması gereken özel etmenleri daha yakından inceleyeceğiz.

Biyoloji Canlılar Dünyasını Nasıl Açıklar?

Bir biyolog, "Eskidünya'da neden arıkuşları yoktur?" ya da "*Homo sapiens* nerede ortaya çıkmıştır?" gibi biricik oluşumlarla ilgili sorulara cevap ararken evrensel yasalara güvenemez. Biyolog, belirli bir sorun hakkında bilinen bütün olguları incelemek, yeniden yapılandırılmış etmenler kümesinin her türlü sonucunu düşünmek ve bu özel durumla ilgili gözlenen olguları açıklayabilecek bir senaryo oluşturmaya çalışmak zorundadır. Diğer bir deyişle, biyoloğun, tarihsel bir anlatı kurması gerekmektedir.

Bu yaklaşım, yasalara-nedenlere dayanan açıklamalardan temelde farklı olduğu için, mantık, matematik ya da fiziki bilimlerden gelen klasik bilim felsefecileri bunun hiçbir şekilde kabul edilemez olduğunu düşündüler. Oysa, yakın geçmişteki yazarlar bu dar klasik görüşü güçlü bir şekilde çürüttüler ve sadece ta-

rihsel-anlatı yaklaşımının geçerliliğini göstermekle kalmayıp, aynı zamanda bunun biricik oluşumları açıklamada belki de bilimsel ve felsefî olarak geçerli tek yaklaşım olduğunu gösterdiler.[1]

Kuşkusuz bir tarihsel anlatının "doğru"luğunu kesin olarak ispatlamak asla mümkün değildir. Belirli bir bilimin üzerinde çalıştığı sistem ne kadar karmaşıksa, bu sistemin içinde o kadar çok etkileşim vardır ve bu etkileşimler genellikle gözlemle saptanamaz, sadece çıkarsanabilirler. Söz konusu çıkarsamanın niteliğinin, yorumcunun birikim ve önceki deneyimlerine dayanması beklenir ve bunun sonucunda, "en iyi" açıklama konusunda sıklıkla anlaşmazlıklar ortaya çıkar ki bu sürpriz değildir. Oysa her anlatı yanlışlanmaya açıktır ve tekrar tekrar sınanabilir.

Örneğin dinozorların sonu, bir dönem onların özellikle savunmasız olduğu yıkıcı bir hastalığa ya da jeolojik olayların neden olduğu sert iklim değişikliğine bağlanıyordu. Bununla birlikte bu varsayımların hiçbiri kayda değer kanıtlarla desteklenemiyordu ve her ikisi de farklı güçlüklerle karşılaştı. Nihayet 1980 yılında Walter Alvarez tarafından göktaşı kuramı öne sürüldüğünde ve özellikle de öngörülen göktaşı kraterinin Yucatán'da bulunmasının ardından önceki tüm kuramlar terk edildi; çünkü yeni olgular senaryoya gayet iyi uyuyordu.

Tarihsel anlatıların önemli rol oynadığı bilimler arasında evrenin başlangıcını inceleyen kozmogoni, jeoloji, paleontoloji, filogeni, biyocoğrafya ve evrimsel biyolojinin diğer alanları yer alır. Tüm bu alanlar, biricik olgularla tanımlanırlar. Her canlı türü ve genetik açıdan her birey biriciktir. Ancak biriciklik, sadece canlılar dünyasına özgü değildir. Güneş sistemindeki dokuz gezegenin her biri biriciktir. Yer yüzündeki her nehir sistemi ve her dağ silsilesi de biricik özelliklere sahiptir.

Biricik olgular felsefecileri uzun süre ümitsizliğe sürüklemiştir. Hume, "Bilim gerçekten tekil olan olguların nedeni konusunda tatminkâr bir şey söyleyemez" diyordu. Eğer Hume'un aklında biricik olguların nedenselliğe dayanan yasalarla tam olarak açıklanamayacağı fikri varsa, yanılmadığını söyleyebili-

riz. Bununla birlikte, bilim metodolojisini tarihsel anlatıları da kapsayacak şekilde genişletirsek, biricik olguları oldukça tatminkâr biçimde açıklayabilir ve hatta bazen sınanabilir tahminlerde bulunabiliriz.[2]

Tarihsel anlatıların açıklayıcı değer taşımalarının nedeni, tarihsel sıra içinde daha önce yer alan olayların, daima daha sonraki olaylara nedensel olarak katkıda bulunmasıdır. Örneğin Kretase Dönemi sonunda dinozorların yok oluşu, çok sayıda ekolojik nişin boşalmasına yol açmış ve dolayısıyla memelilerin bu boş nişleri istila etmesine bağlı olarak Paleosen ve Eosen boyunca dikkat çekici yayılış süreçlerini başlatmıştır. Bir tarihsel anlatının en önemli amacı, tarihsel sıra içinde daha sonraki olayların gerçekleşmesine katkıda bulunan etmenlerin neler olduğunu ortaya çıkarmaktır. Tarihsel anlatılar kurmak, hiçbir şekilde nedenselliğin terk edilmesi anlamına gelmez, fakat tam anlamıyla deneysel olarak ulaşılan özgün bir nedenselliktir. Tarihsel anlatı herhangi bir yasayla ilişkili değildir; daha çok basit, biricik bir olayı açıklar.[3]

Biyolojide Nedensellik

Bilimsel bir açıklama eğer gözlemlenen bir olgunun, özellikle de beklenmedik bir olgunun nedeninin keşfine dayanıyorsa, genellikle doğru kabul edilir.[4] Basit etkileşimler arasındaki nedensellik genellikle, büyük ölçüde tahmin edilebilirdir. Bu gibi durumlarda -örneğin, belirli kimyasal tepkimelerde- kesin bir sebep göstermek mümkündür. Felsefe literatüründe nedenselliğe yönelik standart yaklaşımlar, yerçekimi ve termodinamik gibi yasaların etkisinin, "...nın nedeni nedir?" sorusuna açık bir cevap verebildiği fiziğin problemlerini temel alır.

Oysa hücresel-moleküler düzey dışında, biyolojide böylesine kolay bir çözüm çok nadirdir. Biyolojide herhangi bir etki tüm bir olaylar zincirinin sonucu ise problem özellikle karmaşıklaşır. Sürecin başındayken bizi tahmin edilebilir nihai etkiyi üreten nedeni araştırmaya iten şey belki de teleolojik düşüncenin

bir kalıntısıdır. Ancak, bu yaklaşım biyolojide genellikle başarılı değildir ve aslında, çoğunlukla yanıltıcıdır. Karmaşık sistemlerdeki etkileşimin nedenini tam olarak saptamak imkânsız olmasa bile oldukça zor olabilir; çünkü karmaşık sistemlerde sonuçta ortaya çıkan etki, uzun bir tepkime zincirinin son basamağıdır. Bu noktada farklı bir düşünce tarzını benimsememiz gerekebilir.

İki birey arasındaki bir etkileşim, sonuçlanmadan önce tüm bir aşamalar dizisini izler ve iki birey için de bu aşamaların çoğunda pek çok seçenek bulunur. Bireyin bunlardan hangisini seçeceği, aşamanın başlangıcında kesin olarak belirlenmiş değildir; çok sayıda etmen ve olasılığa bağlıdır. Kesin bir neden-sonuç ilişkisi kurmak sadece olaylar zincirinin her basamağında seçilen seçeneğin geriye dönük olarak değerlendirilmesiyle mümkün olabilir. Aslına bakılırsa, geriye dönük değerlendirildiğinde sürecin bütününün (hatta rastlantısal bileşenlerinin) nedensellik arz ettiği düşünülebilir. O halde, bir bakıma paradoksal biçimde, karmaşık durumlardaki nedenselliğin, sonradan yapılan (*a posteriori*) bir yeniden kurma olduğu söylenebilir ya da diğer bir anlatımla nedensellik, basamaklardan oluşan bir dizidir ve bu basamaklar bir arada neden olarak adlandırılabilir.

Yakın ve nihai nedensellikler

Söz konusu nedensellik olunca biyolojide durumun daha karmaşık olduğu görülür. Canlı organizmalardaki her olay ya da süreç genellikle yakın (işlevsel) nedensellikler ve nihai (evrimsel) nedensellikler olarak adlandırılan iki ayrı nedenselliğin sonucudur. Bir programdan alınan direktifleri içeren bütün etkinlik ya da süreçler yakın nedenselliklerdir. Genetik ve somatik programlar tarafından denetlenen fizyolojik, gelişimsel ve davranışsal süreçler için durum özellikle böyledir. Bunlar, "Nasıl?" sorularının yanıtıdır. Nihai ya da evrimsel nedensellikler ise yeni genetik programların başlangıcına ya da mevcut programlar-

da değişikliklere yol açanlardır. Diğer bir deyişle bunlar, evrim süreci sırasında gerçekleşen değişikliklere yol açan tüm nedenlerdir. Genotipi değişikliğe uğratan geçmiş tüm olgu ya da süreçler bu kapsamdadır. Kimya ya da fiziğin yöntemleriyle araştırılamazlar, fakat tarihsel anlatıların sınanması üzerinden, tarihsel çıkarımlarla yeniden kurulmak zorundadırlar. Bunlar genellikle "Niçin?" sorularının yanıtıdır.

Belli bir biyolojik olgunun açıklaması olarak hem yakın hem de nihai bir nedenselliği göstermek hemen her zaman mümkündür. Örneğin, eşeysel dimorfizmin varlığı ya fizyolojik (hormonlar, cinsiyet belirleyen genler) ya da evrimsel (eşeysel seçilim, yırtıcı baskısı) olarak açıklanabilir. Biyoloji tarihinde bilinen birçok anlaşmazlığın nedeni, bir tarafın sadece yakın nedensellikleri, diğer tarafın ise sadece evrimsel nedensellikleri dikkate almasıdır. Canlılar dünyasının kendine özgü özelliklerinden biri, bu iki nedensellik kümesine sahip olmasıdır. Buna karşılık cansız dünyada sadece bir nedensellik kümesi vardır ki bu da genellikle rastlantısal süreçlerle birlikte işleyen doğa yasalarınca sağlanır.

Çoğulculuk

Biyolojik bir probleme dikkatle bakıldığında bunun genellikle birden fazla nedensel açıklaması olduğu görülür. Örneğin Darwin (IX. Bölüm'de göreceğimiz gibi) canlıların çeşitliliğini açıklamak üzere hem allopatrik (coğrafi) hem de simpatrik türleşmeye, evrimsel değişimi açıklamak için de doğal seçilim ve kazanılmış özelliklerin kalıtımına ve bunların yanı sıra tenecikli kalıtım (tekrar intikal) ile karışık kalıtıma inanmıştır. İnançlardaki bu çoğulculuk, doğrulama açısından da yanlışlama açısından da sorun yaratır. Doğal seçilim için kanıt bulmak, kazanılmış özelliklerin kalıtımını zorunlu olarak yanlışlamayacaktır ve kazanılmış özelliklerin kalıtımının yanlışlanması ise evrimsel değişimin diğer olası nedeninin sadece doğal seçilim olarak kalacağı anlamına gelmeyecektir.

Eski doğacıların biyolojik açıklamalarda çoğulculuğu modern uzmanlara göre daha fazla tercih etmiş olmaları ilginçtir. Zimmermann'dan (on sekizinci yüzyıl) bu yana biyocoğrafyacılar evrimsel kesintilerin, birincil (dağılarak sıçramalar) ya da ikincil (vikaryans) olabileceğini hakkıyla anlamış olmakla birlikte, günümüzdeki vikaryanistler vikaryansın mümkün olabilecek tek çözüm olduğunu düşünmenin yanı sıra bunu ilk düşünenlerin de kendileri olduğunu sanmaktadırlar! Son zamanlarda kesintili denge (punctuated equilibrium) kuramının fanatikleri, daha önceki yazarlar çoğulcu çözümleri benimsemiş olmalarına rağmen, bunun evrimsel değişim için mümkün olan tek kuram olduğunu yazmaktadırlar. Gerçekten de biyolojideki çoğu olgu ve sürecin çoklu kuramlarla açıklanması gerekebilir. Çoğulculuğun üstesinden gelemeyen bir bilim felsefesi biyoloji için uygun değildir.

Biyolojide nedensel etmenlerin çoğulluğu, olaylar zincirindeki olasılıklarla bir araya geldiğinde, belirli bir olgunun nedenini saptamayı imkânsız olmasa bile çok zor hale getirir. Örneğin, belirli bir adada bulunan organizmalar, o adanın anakaraya bağlı olduğu daha önceki bir dönemde oraya yerleşmiş olabileceği gibi, daha sonraki bir dönemde su üzerinde yüzerek de oraya yayılmış olabilir. Veya bunların her ikisi de mümkün olabilir. Yayılıştaki herhangi bir kopukluk başlangıçta sürekli olan bir dizideki ikincil bir kırılmaya (vikaryans) bağlı olabilir ya da elverişsiz bir arazi üzerinden yayılma söz konusu olabilir. Bir tür, bir başka türle rekabet sonucu, insan baskısı, iklim değişikliği, göktaşı düşmesi ya da bunların tümü nedeniyle ortadan kalkabilir. Pek çok ve hatta çoğu örnekte, jeolojik geçmişte hangi neden veya nedenler grubunun belirli bir türün soy tükenmesinden sorumlu olduğunu kesin olarak saptamak mümkün değildir.

Biyolojide klasik anlaşmazlıkların tümünde, karşıt taraflar söz konusu iki rakip görüşe üçüncü bir alternatif olabileceğini düşünmeyi reddetmişlerdir. Örneğin fizikselcilerin indirgemeci açıklamaları, sınırlı inorganik dünyada karşılığı bulunmayan biyolojik olguları açıklayamıyordu. Diğer taraftan, karşıt dirim-

selci öneriler de aynı ölçüde eksikti. Bu iki görüşün en iyi yönlerini bir araya getiren üçüncü görüş olarak organikçilik sonuçta başarılı oldu (bkz. I. Bölüm). Rastlantı ve zorunluluğu savunanlar arasındaki tartışmada doğal seçilim üçüncü bir çözüm olarak ortaya çıktı ve tartışmayı sona erdirdi. Eski ön oluşuma karşı sıralı oluşum tartışmasındaki anlaşmazlığa getirilen çözüm ise genetik program oldu. Biyolojide uzun sürmüş anlaşmazlıkların neredeyse tümü daha önce öne sürülen *her iki* açıklamanın reddi ve yeni bir görüşün benimsenmesiyle son bulmuştur.

Olasıcılık

Her şeyin tanımlanabilir bir nedenle açıklanabileceğine inanıldığı katı fizikselciliğin günlerinde, bir sürecin sonucunun aynı zamanda bir rastlantıyla ya da şans eseri etkilenebileceğini kabul etmek bilim dışı görülüyordu. Bundan ötürü fizikçi Herschel, rastlantıyla ilerlememesine rağmen büyük ölçüde rasgele zannedilen Darwin'in doğal seçilim sürecinden "karmakarışıklık yasası" olarak söz etmiştir. Aslında, rasgele süreçler Laplace'ın döneminde bazı bilim insanlarınca çoktan ele alınmaya başlamıştı.

Çok sayıda biyoloji kuramının olasıcı olmasının nedeni, sonucun eşzamanlı olarak, çoğunluğu rasgele olan çeşitli etmenlerden etkilenmesi ve bu çoklu nedenselliğin herhangi bir etmenin sonuç üzerinde 100 % sorumlu olmasını engellemesidir. Belirli bir mutasyonun rasgele olduğunu söylersek, bu, o noktadaki mutasyonun her olasılığa açık olacağı anlamına değil, sadece söz konusu mutasyonun organizmanın mevcut herhangi bir gereksinimiyle ilgili olmadığı ya da başka bir yolla tahmin edilebilir olmadığı anlamına gelir.

Biyolojik açıklamalara ilişkin bazı örnekler

Bilim felsefecilerinin bilimsel kuramların oluşturulmasını ele alırken gözden geçirdikleri hemen hemen tüm örnekler fiziki bilimlerle ilgilidir. Oysa gördük ki, biyolojide ve özellikle de ev-

rimsel biyolojide açıklama, fiziki bilimlerdekinden oldukça farklı olabilir. Dolayısıyla bu farkı daha net gösteren birkaç örneği incelemek yararlı olabilir.

Basit bir örnekle başlayalım. Deve familyası üyeleri sadece Asya (ve Kuzey Afrika) ile Güney Amerika faunasında bulunur. Kopukluğun söz konusu olduğu böyle bir yayılım örüntüsü nasıl açıklanabilir? Louis Agassiz kendi yaratılış kuramına başvurarak basitçe, Tanrı'nın devegilleri iki kez, gerçek develeri Eskidünya'da lamaları ise Güney Amerika'da yarattığını kabul etti. Bu öneri 1859 yılından sonra kabul edilemez hale geldiğinde, develerin daha önceki dönemlerde Kuzey Amerika'da var olması gerektiği, ancak daha sonra bu bölgede ortadan kalkmış olduğu hipotezi ortaya atıldı. Paleontoloji o zamandan bu yana Kuzey Amerika'da bulunan zengin deve fosilleriyle bu tahmini doğruladı.

Darwin'in çoktan farkında olduğu bir başka zor sorun, fosil kayıtlarındaki süreksizlikti. Süreklilik Darwin'in evrimsel örneklemede kullandığı daha önemli bileşenlerden biriydi. Evrim aşamalı değişimle ilerler. Oysa canlı doğaya bakıldığında görülen tek şey süreksizlikti. Bu durum özellikle fosil kayıtlarında göze çarpıyordu. Yeni türler ve daha önemlisi tümüyle yeni organizma tipleri, kendi aralarında ve olası ataları arasında hiçbir geçiş formu bulunmaksızın, fosil kayıtlarında aniden ortaya çıkıyordu. Elbette, nadiren de olsa, örneğin kuşlarla sürüngenler arasındaki *Archaeopteryx* gibi bir "kayıp halka" bulunmuştur; ancak bu fosil bile, sürüngen atalarından ve gerçek kuşlardan büyük boşluklarla ayrılmıştır. Darwin inatla (bizim de bugün haklılığına inandığımız şekilde) arada tam bir sürekliliğin olması gerektiği, ancak fosil kayıtlarının bunu göstermekten çok uzak olduğu konusunda ısrar etti. Vardığı sonuç, 1859'da *Türlerin Kökeni*'nin basımından sonraki yaklaşık yüz yıl boyunca yaygın kabul görmedi.

1953'te özelleşmiş evrim üzerine yazdığım bir makale, süreksizlik sorununun çözümüne bir katkı sağladı. Ben, çevrede

kalarak yalıtılmış bir kurucu popülasyonun önemli ölçüde ekolojik değişikliğe ve genetik yeniden yapılanmaya uğrayarak, yeni bir soy çizgisi için ideal bir başlangıç noktası olabileceği açıklamasını önerdim. Ancak, bu kadar küçük bir popülasyonun fosil kayıtlarında korunmuş olma olasılığı çok düşüktür. Bu coğrafi türleşme kuramı Eldredge ve Gould (1972) tarafından benimsenmiş ve onların önerdiği kesintili denge[6] kuramıyla geliştirilmiştir. Burada, kuramsal olarak özcülükten popülasyon düşüncesine kavramsal bir kaymayla karşılaşıyoruz. Benim izlenimim esasen, biyolojideki çok güçlü kuramsal değişikliklerin, kavramsal kaymalar sonucunda ortaya çıktığı yönündedir.

Birçok durumda, yeni kuram önemli yönleriyle eskisine büyük oranda benzer kalırken, tümüyle yeni bir nedensellik kabul edilebilir. Örneğin, Darwin 1839'da İskoçya, Glen Roy'daki "paralel yollar" olarak adlandırılan oluşumları eski kıyı şeritleri olarak açıkladı ve bunların nedenini karanın şiddetli bir biçimde yükselmiş olmasına bağladı. Darwin, And Dağları'nın yüksek rakımlarında deniz kabukları bulmuş olması, bir depremin ardından Şili kıyısındaki çarpıcı yükselmeyi gözlemlemesi ve diğer pek çok gözleme dayanarak ve ayrıca özellikle akla yatkın görünen başka bir kuram olmadığı için, İskoçya'nın bu bölgesindeki önemli yükselmenin olanaksız olmadığını düşünüyordu. Bununla birlikte, Darwin'in bu yayınından sadece birkaç yıl sonra Agassiz, Buzul-çağı kuramını öne sürdü ve paralel yolların bir buzul gölünün kıyı şeritleri olduğu iyice kesinleşti. Daha sonra kendi açıklaması için "büyük bir hata" dese de, Darwin'in açıklaması gerçek çözüme çok yaklaşmıştı. Temel kavrayış, paralel yolların kıyı şeritleri olmasıydı. Buzul-çağı kuramının önerilmesinden önce söz konusu kıyı şeritlerini açıklamanın tek yolu, onları okyanus kıyı şeritleri olarak kabul etmekti. Bunun da ötesinde, jeoloji literatüründe büyük çaplı kıyı yükselmeleri özellikle Darwin'in hocası Charles Lyell'in yazılarında güçlü bir biçimde kanıtlanıyordu. Aynı kıyı şeritlerinin buzul hareketleri-

ne dayandığının açıklanması aslında çok temel bir değişiklik sayılmazdı.

Benzer bir durum, doğal dinbilimcilerin plan üzerine yazdığı geniş ve bazı bakımlardan muazzam literatürde kendini gösterir. Bu literatürün neredeyse hepsini Darwincilik kapsamına almak mümkündü. Bunu yapabilmek için sadece nedensel etmeni değiştirmek ve planı mükemmel duruma getirenin Tanrı değil, doğal seçilim etkisi olduğunu söylemek yeterliydi. Hiç kuşkusuz, kuramın temel yapısına dokunulmaksızın, sadece nedensel etmenin değiştirileceği benzer çok sayıda örnek bulunabilirdi.

Bilişsel Evrimsel Bilgi Kuramı

Bilgi kuramı tümüyle ne bildiğimiz ve bunu nasıl bildiğimiz sorunuyla ilgilenir. Son yirmi beş yıl içinde, bilginin kazanılmasına yeni bir bakış açısı getirmeye çalıştığı varsayılan ve evrimsel bilgi kuramı adı verilen yeni bir akım ortaya çıktı. Bu akımın önde gelen temsilcilerinden biri, bunu "yeni Kopernikçi devrim" olarak abartılı bir biçimde nitelendirirken, karşıt görüştekiler bu iddianın yanıltıcı olduğunu ve evrimsel bilgi kuramının sunduğu katkıların önemsiz olduğunu düşünmektedir.

Evrimsel bilgi kuramı terimi, Darwinci evrimsel bilgi kuramı (V. Bölüm'de ayrıntılı olarak incelenmektedir) ve bilişsel evrimsel bilgi kuramı olarak adlandıracağım, birbirinden tümüylü farklı iki süreç için kullanılmıştır. Bilişsel evrimsel bilgi kuramı, bir Darwinci seçilim süreciyle evrilen beyindeki belirli "yapıların" insanların dış dünya gerçekliğiyle alış verişte bulunmasına olanak verdiğini ve insanların, beyinlerinde bu yapıya sahip olmasalardı dış dünya ile etkileşemeyeceklerini savunur. Bu yeteneği eksik olan bireyler, er ya da geç nesillerini devam ettiremeden elenirler.

Modern bilim insanları "gerçek dünya"yı pek çok algılama şekli olabileceğini ve insana ait duyuların bu dünyaya ait özelliklerin çok kısıtlı bir örneklemesini sağladığını tamamen anlamış durumdadırlar. Jennings'ten itibaren, tekhücreliler (Proto-

zoa) üzerinde çalışan bilim insanları, tekhücreli bir yaratık için dünyanın nasıl bir şey olduğunu bizlere göstermişlerdir. Von Uexküll bir köpeğin dünyasının bizimkinden ne kadar farklı olduğunu grafiklerle açıklamıştır. İnsanın geniş bir elektromanyetik dalga spektrumundan sadece kırmızı ile mor arasındaki renklerle temsil edilen dalgaboyu aralığındaki ışınları görebildiğini artık biliyoruz. Sıcaklıkta açığa çıkan kızılötesi ve morötesi ışınları biliyoruz. Bazı çiçeklerin, arılar ve başka bazı böcekler tarafından algılanan, ancak bizim gözümüzün algılayamadığı morötesi renklere sahip olduğunu biliyoruz. Bazı hayvanlar manyetik veriyi algılayıp ona göre hareket etmekte ya da insan kulağının duyabildiği ses eriminin altındaki veya üstündeki sesleri duymaktadır. Diğer memeliler ve kuşkusuz böceklerce algılanan fakat bizim algılayamadığımız çok geniş bir koku dünyası olduğunu biliyoruz.

Bir insan tarafından algılanabilen, bütün olarak dünyanın söz konusu belirli yönlerinin seçimini belirleyen nedir? Akla en yatkın görünen kuram, tüm organizmaların atalarının kendi çevrelerine ait, hayatta kalmak için söz konusu en önemli yönleri duyumsama kapasitesine sahip oldukları için hayatta kalıp üreyebildikleri ve bunun aynı şekilde insan türü için de geçerli olduğudur. Bu düşünce bize, aralarında sadece birinin bizim için erişilebilir olduğu çok sayıda dünyanın var olduğunu göstermektedir. Dünyanın insanlar ve insanların algıları için önemli olan kısmından bazen *orta dünya* (mezokozmos), yani arada bulunan boyutların dünyası olarak söz edilir. Orta dünya, moleküllerden Samanyolu Galaksisi'ne kadar uzanır. Bunun altında temel partiküller yer alırken, ötesinde Samanyolu'nun uzay-zamanının galaksilerarası dünyası bulunur.

Fizikçiler bize katı bir masanın "gerçekte" tümüyle katı olmayıp, birbirinden çok uzakta bulunan atom çekirdeği ile elektronlardan oluştuğunu hatırlatır. Tanıdığım biyologların çoğu bu açıklama ve genler ile kuarklardan kuasar, kara delikler ve karanlık maddeye, atomaltı partiküller dünyası ile ultragalaktik

kozmos dünyası arasındaki özel ilişkilere uzanan diğer konularla ilgili açıklamaların gerçekliğini kabul eder. Bu olgular insanların duyu organlarınca algılanamaz. Bu görüşü savunanlar, yani bazen anıldıkları biçimiyle bilimsel gerçekçiler, bir kuramın başarısının varsayılan kuramsal bir mevcudiyetin varlığına inanmak için geçerli bir neden oluşturduğuna ve böyle bir mevcudiyetin gözlenebilenler kadar gerçek olduğuna inanırlar. Tanıdığım tüm bilim insanları bilimsel gerçekçilik denilen bu yaklaşımı paylaşmaktadır.

Ancak, doğrusunu söylemek gerekirse fizikçilerin çoğu da dahil olmak üzere birçok insan günlük yaşamda bir masayı bu şekilde anlamaz. Bundan başka, en küçük ya da en büyük dünyaları anlayışımızla ilgili hiçbir ilerleme orta dünyayı, yani insanların algıladığı haliyle "gerçek dünyayı" kavrayışımıza herhangi bir şekilde katkı sağlamaz. Fizikçi ve mühendislerin geliştirdiği aygıtlar, büyüleyici atomaltı dünya ile birlikte galaksiler ötesi dünyaya pencere açmış olsa da, bu diğer dünyaların hiçbiri bizim normal duyu dünyamızın parçası değildir ve hiçbiri sağduyu gerçekçiliğimize katkıda bulunmaz. Bunları anlamak, hayatta kalışımız için zorunlu da değildir.

O halde nasıl oluyor da, doğrudan doğruya algılayamadığımız zaman ve uzay gibi temel evrensel özellikler hakkında fikir sahibi olabiliyoruz? Bu noktada, Kant'ın felsefesi bir kısım bilgi kuramcılarının düşüncelerini büyük ölçüde etkilemiştir. Eğer doğru anlıyorsam Kant, insan beyninin fazlasıyla yapılandırılmış olduğuna, öyle ki evrenin bu özellikleriyle ilgili bilgiyle dünyaya gelindiğine inanıyordu. Unutulmamalıdır ki Kant, fikirlerinin çoğunda özcüdür ve değişken olgular dünyasının, kendinde şey (*Ding an sich*) dediği her bir değişken olgu sınıfı için düşüncemizdeki bir biçimle (eidos) temsil edildiğini düşünüyordu. Bu *a priori*, herhangi bir deneyimden önce olan, dolayısıyla doğumdan önce gelen bir şeydi.

Konrad Lorenz, Königsberg'de Kant'ın koltuğuna oturduğunda, Kant'ın, "insanın algı ve düşüncesi bireysel deneyimden

önce var olan işlevsel yapılara sahiptir" fikrine dayanan bir evrimsel bilgi kuramı geliştirdi. Lorenz, tıpkı yeni doğmuş bir balina yavrusunun yüzmek için yüzgeçlere sahip olduğu gibi, yeni doğmuş bir bebeğin de dünyaya uyum sağlayabilmesi için beyninde çeşitli bilişsel yapılara sahip olması gerektiğini söylüyordu. İnsansı atalarımız bir uyum bölgesinden diğerine geçerken uygun zihinsel yapılar, yapısal uyumların seçiliminin geçtiği sürecin tam olarak aynısıyla seçilmiştir. Lorenz, algı ve düşüncemize ait doğuştan gelen bu yapıların, morfolojik ya da tüm diğer uyum çeşitlerinin eşdeğeri olduğunu belirtir. Bana öyle geliyor ki Lorenz'in önerisi, gözlerin görmek için kullanılabilmesinden çok daha önce embriyoda oluşmaya başladığı gerçeğiyle temelde aynıdır.[7] En basit protistler bile karşılaştıkları tehlikeleri ve fırsatları algılayan ve bunlara tepki veren bir yapıya ve yaşam alanlarına uyum sağlayacak techizata sahiptirler. Bir milyar yılı aşkın bir zamandan beri süregelen doğal seçilim insan türünün genetik programını basit tekhücrelilerden insana kadar ince ince işlemiştir. Böylece, genetik programların doğasına ilişkin yeni biyolojik anlayış, felsefeciler için yüzyıllarca büyük bir gizem oluşturan şeye açıklık getirdi.

Ben, insanların primatlardan evrimleşmesi sırasında beynin, bir şempanzenin beyin kapasitesinin çok daha ötesinde problem çözme yeteneğine sahip olacak biçimde, hızla evrimleştiği fikrinin kabul edilmesi gerektiğine inanıyorum. Buna rağmen, "Modern insan beyninin yapısı nasıl özgülleşmiştir?" sorusu hâlâ cevapsız durmaktadır.

Kapalı ve açık programlar

İnsan beyninin mevcut fiziksel kapasitesine günümüzden yaklaşık yüz bin yıl önce, atalarımızın kültürel olarak çok ilkel oldukları bir zamanda ulaştığıyla ilgili çok sayıda kanıt bulunuyor (bkz. XI. Bölüm). Yüz bin yıl önceki beyin, bugün bilgisayarları tasarlayabilen beyinle aynıdır. Bugün insanlarda gördüğümüz son derece özelleşmiş zihinsel etkinlikler, belli bir amaç

ya da gereksinim için tasarlanarak seçilen bir beyin yapısını gerektirmiyor görünmektedir. İnsan zekâsının bütün başarıları, Darwinci bir süreçle özel olarak bu görevler için seçilmiş olmayan beyinlerin ürünüdür.

Şüphesiz, insanın farklı yetenekleri beynin farklı kısımları tarafından denetlenmektedir. Ancak, insan beyninin işleyişi konusunda mevcut bilgisizliğimizden ötürü, insanın dünyayı bilme ve tanımasını olanaklı kılan beyin yapıları hakkında ayrıntılı kestirimler bizi yanlış sonuçlara götürebilir. Ancak şu anki bilgilerimiz ışığında, beyinde üç tür bölgenin tanımlanması mümkün görünmektedir.

İlk olarak, beynin, en baştan beri katı bir biçimde programlanmış bölgeler içerdiği görülmektedir. Omurgasızlardaki içgüdüler ile omurgasızlarda da omurgalılarda da bulunan refleks ve kendiliğinden hareket örüntüleri bu "kapalı programlar"a örneklerdir. Ancak, insan türünün daha karmaşık davranışlarının bu kategoriye dahil olup olmadığı (ve dahilse bunların hangi davranışlar olduğu) bilinmiyor. Bebeklerin davranış ve mizaçları üzerine yapılan araştırmalar, düşündüğümüzden daha katı bir biçimde programlanmış davranışların bulunabileceğini göstermektedir. [8]

Beyin, aynı zamanda "açık programlara" uygun bölgeler içerir görünmektedir. Bu bilgi, içgüdüsel davranışlar gibi katı bir biçimde programlanmış değildir; fakat beyindeki belirli bölgeler, genç organizmanın çevresinde böyle bir bilgi varsa, bunu kabul etmeye hazır halde bir kenarda beklemektedir. Dil öğrenme veya etik kurallar edinme yeteneği gibi bilişsel araçlarımızın pek çok bileşeni anlaşılan o ki ilk yaşlarda kazanılır ve bir kez edinildiğinde kolayca unutulmaz ya da değiştirilemez. Bu öğrenme kategorilerinin, davranış bilimcilerin basitçe "doğal tanıma" dedikleri şeyle ortak pek çok nokta içerdiği görülüyor. Yavru ördek, duyarlı olduğu ilk dönemde annesinin geştaltının etkisi altında "doğal tanıma" sürecinden geçer. "Takip-edilecek-hedef" bilgisi, ördek yavrusunun beyninde bunu

kabul etmeye hazır olduğu anlaşılan bir bölgeye yerleşir. Benzer şekilde, büyüme çağındaki bir insanın her yeni deneyimi beyindeki uygun bölgeye kaydedilmekte ve daha önce beyin tarafından kaydedilmiş deneyimler bütününü güçlendirmektedir.[9] Kant'ın yanı sıra Lorenz ve diğer evrimsel bilgi kuramcılarının betimlediği biçimiyle, doğarken yanımızda getirdiğimiz dünya bilgisinin bileşenleri belki de en iyi şekilde açık programlar olarak anlaşılabilir.

Son olarak, beynin, yaşam boyu edinilen her çeşit bilgiyi depolamasına (bellek) olanak veren genel bölgeler içerdiği görülmektedir. Halen bu genel bilginin farklı kategorileri için beyindeki olası alt bölümlerle ilgili neredeyse hiçbir şey bilmiyoruz. Kısa-dönemli ve uzun-dönemli hafıza bu alt bölümlerin örnekleri olabilir.

Bilişsel evrimsel bilgi kuramı özellikle bu listedeki ikinci sınıfla, yani yeni doğan bebeğe önemli ve kesin bilişsel bilginin depolandığı elverişli açık programlar sağlamak üzere, seçilim yoluyla evrilen beyin bölgeleriyle ilgilenmektedir. Söz konusu beyin bölgelerinin metafiziksel veya özcü bir tarafı yoktur; bunlar, açık bir şekilde Darwinci evrimin ürünüdürler. Bu konuda hâlâ geniş ölçüde bilinmezliğini koruyan nokta, bu beyin bölgelerinin belirlilik derecesidir. Belirliliğin çoğunun doğumdan sonra kazanılıyor olması olası görünmektedir. Genç bir bireyde hasara uğramış beyin bölgelerine ait birçok işlevin diğer bölgeler tarafından nispeten kolayca üstlenilmesi buna işaret etmektedir.

Tüm bunlar, bilişsel evrimsel bilgi kuramı üzerine yapılacak bir değerlendirmeye ne şekilde katkıda bulunur? Benim vardığım sonuca göre, dünyamızın algılanması ve anlaşılması için son derece özel beyin yapıları gerekli değildir. Genelde, merkezi sinir sisteminin evrimsel gelişiminin zorunlu olarak son derece özelleşmiş sinirsel yapılara değil, sürekli gelişen genel bir beyin yapısına yöneldiği görülüyor. Bunun sonucunda beyin, sadece ilkel insanların karşılaştığı gerçek zorlukların üstesinden gel-

mekle kalmaz, aynı zamanda örneğin bu gelişmeler seçilime uğradığında gereksinim duyulmayan, satranç oynama gibi yetenekler için gerekli özelliklere de sahip olur. Bir bütün olarak bakıldığında, bana öyle geliyor ki bilişsel evrimsel bilgi kuramı devrimsel bir gelişme değil, Darwinci evrim düşüncesinin nöroloji ve bilgi kuramına uygulanmasının doğal bir sonucudur.

Kesinlik Arayışı

Bilimin amacı çoğunlukla gerçeğin aranışı olarak tanımlanır, ama gerçek nedir? Darwin'in Hıristiyan karşıtları İncil'deki her sözcüğün gerçekliğini asla sorgulamamış olduklarından, dünyadaki her şeyin Tanrı tarafından yaratılmış olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğünü söylemek gibi, daha önceki devirlerde genel inançlara uymayan cüretkâr düşünceler artık mutlak gerçekler olarak kabul edilmektedir. Daha önce inanılanın aksine, Dünya'nın düz değil, yuvarlak olduğunu artık aklı başında kimse inkâr etmez. Bilim tarihçileri, daha önceki devirlere ait pek çok "sorgulanmamış gerçeğin" sonradan nasıl da yanlışlandığını gayet iyi bilirler. Kepler'den önce, astronomlar tüm gökcisimlerinin tam dairesel yörüngelerde hareket ettiğini kabul ediyordu. Darwin'den önce çoğu felsefeci türlerin değişmez olduğundan emindi. 1880'li yıllara kadar, bireyin yaşam boyu kazandığı özelliklerin kendi çocuklarına geçebileceği evrensel olarak kabul görüyordu. Bizim kuşağımızın sessiz kabullenmelerinden hangilerinin daha ileride bilimsel gelişmelerle çürütüleceğini bilmiyoruz.

Bilim insanları yeryüzü tabakalarındaki fosil dizilerinin evrimi belgelediğini artık reddedilemez bir gerçek olarak kabul ediyorlar. Ancak, bilimin başka pek çok bulgusu hâlâ tam kesinliğe ulaşmış değildir. Bunlar, yüksek derecede bir kesinlik taşıyabilirler, fakat bunların sonuçta asgari düzeyde ya da radikal bir biçimde farklılık gösteren alternatif bir kurama yerlerini bırakmasından büyük bir rahatsızlık duymayız. Bilim insanları artık, "mutlak gerçek" konusunda çok ısrarcı değiller. Bir kuram tüm

yanlışlama girişimlerinin üstesinden gelip açıklaması beklenen her şeyi açıklıyorsa, bilim insanlarını tatmin etmektedir. Asırlar boyunca Newton'un eşitliklerinin nihai gerçek olduğuna inanıldı. Ancak, normal yeryüzü koşullarında ne kadar doğru olursa olsunlar, bu eşitliklerin belirli koşullar altında doğru olmadığı Einstein'ın görelilik kuramlarıyla gösterilmiştir.

Öyle görünüyor ki aklıselimle varılan fikir birliği, bilimin vardığı sonuçların çoğunun kesin kabul edilebilecek kadar sağlam temellendirilirken, diğerlerinin değişen kesinlik dereceleriyle, sadece nihai-olmayan-gerçekleri oluşturduğunu göstermektedir. Laudan (1977), eğer iki kuram arasında bir rekabet varsa ve hangisinin "daha geçerli" olduğuna kesin olarak karar verilemiyorsa, problem çözmede daha çok başarı gösteren veya en fazla sayıda probleme çözüm getiren kuramın benimsenmesini önermektedir.

Bununla birlikte, açıklamaların doğruluğu çoğunlukla saldırıya açıktır. "Kuşlar tüylerini doğal seçilim yardımıyla kazanmıştır" önermesi neredeyse kesinlik derecesinde doğrudur, ancak çok uzak geçmişte cereyan etmiş birçok olay gibi bu da büyük olasılıkla kesin bir biçimde saptanamaz; yani ispat edilemez. Tüylenmenin *niçin* seçici avantaj sağladığını ispatlamaksa bundan daha güçtür: Sıcakkanlı bu omurgalılarda soğuğa karşı bir korunma mı yoksa aşırı güneş ışınlarına karşı bir korunma mı bu seçilime neden olmuştur?[10]

Her bilim dalında hâlâ hiç açıklanamamış gözlemler mevcuttur. Aynı faunadaki benzerleri ya ortadan kalkmış ya da radikal bir evrime uğramışken, bazı omurgasızların (özellikle sözde canlı fosillerin) fenotipi yüz milyon yıldan fazla bir süreden beri niçin hemen hemen hiç değişmeden kalmıştır? Birisinde erkek eş, yavrunun bakımında aktif olarak görev aldığı halde, diğerinde erkeğin böyle bir görev üstlenmediği iki kuş türü niçin eşit ölçüde başarılı olabilmektedir? (Bunun cevabı yavrunun, meyve ya da böcek, neyle beslendiğine bağlı olabilir.) Çözülemeyen böylesi muammaların sayısı elli ya da yüz yıl önce çok

daha fazlaydı ve aradan geçen süre zarfında bu gibi gözlemlerin büyük bir bölümü tatminkâr bir biçimde açıklanmıştır. Örneğin sosyal böceklerdeki kısır bireylerin, kraliçenin yavrularını büyük bir sadakatle büyütmelerinin cevabı verilmiştir.[11] Biyokimya, fizyolojinin açıklamakta güçlük çektiği konuların hemen hepsini açıklığa kavuşturmuştur. Açıklama bekleyen konuların en önemlileri, döllenmiş yumurtanın ergin evreye kadar geçirdiği gelişim aşamaları ve merkezi sinir sisteminin işleyişi gibi organik yaşamın çok daha karmaşık süreçleriyle ilgili olanlardır. Bu iki önemli alanda en fazla bireysellik gösteren süreçlerin çoğu hatırı sayılır ölçüde anlaşılmıştır, fakat bu süreçlerin bütünleşmeleri ve denetimi hâlâ kavrayamadığımız noktalardır.

Bilim dünyasının dışından kimi çevreler geriye kalan bu belirsizliklerle ilgili olarak bilimin bulduğu *hiçbir şeyin* kesinlik taşımadığı gibi aşırı iddialarda bulunmuştur. Hatta herhangi bir şey hakkında nihai gerçeği bulup bulamayacağımızı sorgulayan felsefeciler de olmuştur. Bu belirsizlik V. Bölüm'de ele alacağımız "Bilim ilerler mi?" sorusunu doğurmuştur.

Bilim İlerler mi?

Neredeyse tüm faal bilim insanları ve bilime ilgi duyan insanların çoğu, dünyanın nasıl işlediğine dair "gerçek" hikâyeye birbirini izleyen bilim insanı kuşakları tarafından yeni kısımlar eklendikçe, doğa kavrayışımızda sürekli bir ilerleme gerçekleştiğine inanmıştır. Bu görüşe göre, asla cevaplayamayacağımız bazı sorular ("Dünyamız niçin vardır?", "Dünyamız niçin bu şekilde yapılandırılmıştır?") bulunabilir, ancak her bilim dalında hâlâ, daha ileri düzeyde araştırmalarla cevaplarının mümkün hale gelebileceği çok sayıda soru saptanabilir.

Bununla birlikte bilimin ilerlediği ve ilerlemeye devam edeceği fikrini istisnasız herkesin paylaştığını söylemek mümkün değildir. Son elli yılda bilim felsefesinde katı belirlenimcilikten ve mutlak gerçeğe inançtan, gerçeğe (ya da varsayılan gerçeğe)

doğru *yaklaşma* fikrinin geçerli olduğu bir duruşa yönelişin kabulü bazı yorumcular tarafından bilimin ilerlemediğine ilişkin bir kanıt olarak değerlendirilmiştir. Bu gelişme, bilimin beyhude bir etkinlik olduğu, çünkü dünyamız hakkında hiçbir nihai gerçeğe götürmediği fikrini savunan bilim karşıtı akımı doğurmuştur.

Mevcut biyoloji literatürüne bakıldığında, böylesine olumsuz bir görüşün nasıl ortaya çıkabildiği belki anlaşılabilir. Dışarıdan bakanlara tartışmalı gibi görünen kesintili denge, ekosistemlerde rekabetin rolü, biyocoğrafi yayılış, biyolojik çeşitliliğin kontrolü, uyuma yönelik program ve tür tanımı gibi, ilerideki bölümlerde ele alınacak konuların birkaçı bile, manzarada bir fikir birliği olmadığı, dolayısıyla gerçek bir ilerleme için umut olmadığı sonucunu düşündürtebilir. Hatta sayıları az da olsa bazı bilim insanları, bilim tarafından cevaplandırılabilecek soruların sınırlarına ulaşıldığına inanmaktadır.[1]

Bilim felsefesinde genel olarak, Kitcher'in (1993) "Efsane" olarak söz ettiği, bilimde ilerleme kavramına yaygın bir karşıtlık gözlenmektedir. Efsaneye göre, bilim "hedeflerine" ulaşmada çok başarılı olmuştur. "Birbirini izleyen bilim insanı kuşakları dünyanın bütün olarak gerçek hikâyesinin gittikçe daha fazla parçasını gün yüzüne çıkarmıştır... Efsanenin savunucuları ... doğruya gittikçe daha fazla yaklaşıldığına dair genel bir eğilim görüyorlardı." Efsaneyi desteklediğimi itiraf etmem, şüphesiz demode fikirlere sahip biri olduğum yönünde eleştirilere yol açacaktır. Ancak, bu tarz eleştirileri yöneltenler için bilimin ne anlama geldiğini bilmek isterdim. Şunu söylemeliyim ki, bildiğim kadarıyla bilimlerdeki gelişmeler Efsane'ye olağanüstü bir uyum göstermektedir.

Örneğin, Werner ve Lyell'le başlayıp, modern plaka tektoniğine kadar uzanan jeoloji tarihi, Lamarck'la başlayıp 1940'ların evrimsel sentezine ulaşan organik evrim tarihiyle birlikte ele alındığında, dünyanın değişmez olduğuna dair önceki inanışa göre hiç kuşkusuz bir gelişme olarak değerlendirilmek zorundadır.

Ptolemaios'tan Copernicus, Kepler, Newton ve modern astrofiziğe uzanan ilerleme, evreni kavrayışımızda sürekli bir gelişimin öyküsüdür. Bilimsel düşüncede Aristoteles'ten Galileo, Einstein ve kuantum mekaniğine kadar gerçekleşen değişimler sürekli ilerlemenin bir başka öyküsüdür.

Bunlara benzer gelişim aşamalarından morfoloji, fizyoloji, sistematik, davranış biyolojisi ve ekoloji için de söz edilebilir. 1940'lardan başlayarak moleküler biyolojideki gelişme kesintisiz bir başarılar zinciridir. 1940'lardan önce neredeyse hiçbir bilgi söz konusu değilken, bugün karşımızda büyük kaynakların seferber edildiği, yerleşik bir bilim durmaktadır. Tıp alanındaki büyük ilerlemelerin tümü biyoloji ya da diğer temel bilimlerdeki gelişmelere dayanmaktadır. Biyolojideki problemleri teker teker ele alıp, birbiri ardına eklenen kuramların bilinen olguları açıklamada gittikçe ne kadar güçlendiğini gösterebilirim.

Ancak, "bilimsel ilerleme" ya da "bilimsel gelişme" sözleriyle tam olarak neyi ifade etmek istiyoruz? Bunlarla anlatmak istediğimiz şey, öncekilerden daha iyi, daha açıklayıcı ve çürütülmeye daha dayanıklı bilimsel kuramların oluşturulmasıdır. Çoğu bilim dalında daha iyi kuramlar daha iyi tahminlerde bulunmayı olanaklı kılar ve bu tahminlerin diğerleriyle yer değiştirme olasılığı daha azdır. İki ya da daha fazla kuramdan hangisinin "daha iyi" olduğu çoğunlukla bir bilimsel anlaşmazlığın konusudur. Bununla birlikte bilim tarihi, belirli bir sorunla ilgili çelişkilerin zaman içinde çözüldüğünü ve sonuçta rakip kuramlardan birinin diğerlerinden daha iyi olduğunun genel olarak kabul edildiğini göstermektedir. Tarihi anlaşmazlıkların önemli bir kısmının çözüme kavuşturulması, birbirine karşıt *her iki* kuramın reddi ve bunların yerini üçüncü bir kuramın almasıyla sağlanmıştır.

Sıklıkla görülen durum, bir kuramın çok başarılı olması ve sonunda, artık ona rakip olabilecek başka kuram kalmamasıdır. Ancak, belirli bir kuramın belirli bir zamanda bir süreci ya da olguyu açıklayan tek kuram olması gerçeği, bunun mutlaka son

söz olduğu anlamına gelmez. Çok sayıda kuramın bir zamanlar evrensel kabul gördüğü halde sonradan tümüyle çürütülmesi ve günümüzde geçersizliğinin herkesçe kabul edilmesi bilimsel gelişmenin bir başka kanıtıdır. Kelimenin gerçek anlamıyla sayısı yüzlerce olan bu kuramlardan en çok bilinen birkaçını örnek olarak verebiliriz: Schwann'ın yeni hücrelerin çekirdekten kaynaklandığına ilişkin kuramı, karışımsal kalıtım, kazanılmış özelliklerin kalıtımı ve fizyolojide sözü edilmeyen pek çok kuram. Günümüzde geçerliliğini yitirmiş olan bu kuramlar ortaya çıktıkları dönemde, ait oldukları alandaki mevcut bilgi ve kavramsal çerçeveye dayanan, olası en iyi açıklamalardı. Ancak, bilim insanları nadiren bir kuramı tatmin edici bulur ve sürekli geliştirmeye ya da daha iyi ve kapsamlı bir başkasıyla değiştirmeye çalışırlar. Kalıcı olabilmiş kuramlar, çok sayıda çürütme girişimine karşı koyabilmiş olan ve günümüze kadar elde edilmiş kanıtlarla tutarlılık gösterenlerdir.

Bazı yazarlar kuramlarının başarısı konusunda yüksek isabet ortalamasına sahiptir. Bunların en önde geleni belki de Darwin'di. Ancak Darwin bile daha sonra çürütülmüş kuramlar önermiştir. Bunlar arasında pangenez ve farklılaşma ilkesinin sebep olduğu simpatrik türleşme vardır. Genetik biliminin tarihi, bilimdeki birçok gelişmenin yanlış kuramların çürütülmesinden ibaret olduğu çıkarımını destekleyen çok güzel örnekler sunmaktadır.

Elbette, bilimdeki her kuram değişikliği, zorunlu olarak gelişimin kanıtı değildir. Örneğin 1890'ların sonlarında "nüklein"in genetik madde olduğuna ilişkin kuram terk edilerek proteinlerin genetik malzeme olduğu kabul edildi. Ancak daha sonra bunun bir geri adım olduğu anlaşıldı. Aynı şey, Darwin'in popülasyon temelli aşamalı evrim kavramını reddeden, Mendelci Bateson ve DeVries'in tipolojik sıçramalı evrim kuramları için de söylenebilir. Biyolojide tarihyazımı, geçici geriye gidişler gösteren bu tarz gelişmelerin örnekleriyle doludur. Tüm bu örnekler bize, görünürde çürütülmüş bir kuramı etraflıca sınayıp, yanlış-

lığı kuşku bırakmayacak şekilde gösterilene kadar kuramı tümden terk etmenin yanlış olduğunu öğretmektedir.

Yeni anlayışlara götüren yol asla doğrusal olmak zorunda değildir. Bu yol çoğunlukla karşıtlıkları göz önünde bulunduran zikzaklı bir yaklaşımı gerektirir.

Büyük ya da küçük her bilimsel sorunun çözümü yeni sorulara yol açar; açıklığa kavuşmamış bir tortu, sözümona kara kutular her zaman bulunur. Bunlar hâlâ daha etraflı inceleme ve açıklama gerektiren, bir bakıma öznel varsayımlardır. Bu bağlamda, bilimin bir sonu olmayacaktır.

Bilim insanlarının zaman ve emek harcadığı her türlü etkinliğin mutlaka bilimsel ilerleme sağlaması beklenemez. Her bilim dalında listeler ve derlemeler hazırlamaktan keyif alan, veri-bankaları oluşturmayı seven ve alandaki diğer araştırıcılara yardımcı olacak işlerle meşgul olmakla birlikte alanda kaydadeğer ilerleme sağlamayan, yazman zihniyetli kişiler vardır. Çoğu araştırıcı, belki de haklı nedenlerle kendi alanlarının çözülmemiş büyük problemlerine el atmaktan korkar. Bunun yerine, temelde daha önce başkalarınca yapılmış çalışmaların benzerlerini ortaya çıkarırlar. Örneğin *Drosophila melanogaster*'de (sirke sineği) önceden ortaya çıkarılmış sonuçları, *Drosophila viridis* üzerinde denerler. Bazıları da bol miktarda yeni olgu saptadıkları halde, bunlardan bir genelleme çıkarmayı başaramazlar.

Bazı araştırıcılar kendilerini son derece özel bir problemle kısıtlayarak, yakın bilim dallarında çalışan araştırıcılarla entelektüel ve özellikle kavramsal ilişkiler kurmakta başarısız olurlar. Bilimsel açıklamalar yapılırken sıklıkla yakın bilim alanlarındaki bilgi ve kavramlardan yararlanılır ve bir alandaki kuramsal gelişmenin, ilgili diğer pek çok alanda yansımaları olur. Bazı durumlarda bilimsel gelişme sadece bir başka kuramın çürütülmesiyle değil, çeşitli bilimsel disiplinleri bir araya getiren ya da sentezleyen açıklayıcı temelin genişletilmesiyle kendini gösterir.

Bilimsel gelişme fikrine saldıranların çoğunun, anlayışımızda gerçek bir ilerleme olup olmadığını değerlendirebilecek deneyime sahip olmayan felsefeciler ya da bilim dünyasının dışındaki kişiler olduğu açıktır. Bilim hakkında bildiğim her şey beni, bu eleştiricilerin iddialarına karşı çıkmaya itmektedir. Günümüz bilimindeki çoğu ilke ve kuramlar 30, 50, 100 ve hatta 200 yılı aşkın sürelerden beri sarsılmadan varlığını sürdürmüştür. Dünyayı kavrayışımız temelde, artık çok daha güçlüdür.

Beynin işleyişi ve genotip kaynaşması gibi az sayıda önemli istisnalar bulunmakla birlikte, bunların istisna olduklarının altı çizilmelidir. Ancak, bilimin çeşitli alanlarındaki ve özellikle biyolojideki sürekli gelişmeyi gösteren daha ileri kanıtları dengeleme amacı güden, bilimsel ilerlemeyle ilgili şüphecilik bilim dışı çevrelerde hâlâ yaygınlığını sürdürmektedir. Gerçek gelişme iddiasını kanıtlamak için somut bir örneği ayrıntılı olarak inceleyeceğim.

Hücre Biyolojisinde Bilimsel İlerleme

Gerçek gelişme iddiasını kanıtlamak için örnek olarak hücrebilimi incelemek özellikle yerinde olacaktır.[2] Bu bilim dalının ortaya çıkışı mikroskobun icadıyla mümkün oldu. Hücrebilimdeki ilk çalışma 1667'de Robert Hooke tarafından *Micrographia* başlığıyla yayımlanan ve "hücre" sözcüğünün ilk kez kullanıldığı eserdir. Sonraki yüz elli yıl içinde, önde gelen mikroskopçular Grew, Malpighi ile Leeuwenhoek tarafından çok sayıda mikroskobik obje tanımlanmış olsa da, mikroskobik objeler üzerinde yapılan ilk çalışmalar ciddi bilim olmaktan çok eğlencelik iş niteliğindeydi. 1740 ile 1820 yılları arasında yeni denilebilecek çok az şey tanımlanmıştır. Ara ara hücrelere değinilmiş olsa da bu konudaki kaynakçalarda hücrelerden çok ipliksi ya da diğer uzunluğu olan yapılar üzerinde durulduğu görülmektedir.

1820 ile aşağı yukarı 1880 ya da 1890'lı yıllar arasındaki büyük gelişmeler, en önemlisi Abbe tarafından gerçekleştirilen merceklerdeki teknik ilerlemeler ve yağa batırmanın keşfiyle

mümkün oldu. Dokuları ve canlı malzemeyi sabitleme yöntemleri ve nihayet hücre duvarı, sitoplazma, çekirdek ve hücre organelleri arasında kontrast yaratmak için her çeşit boya kullanımı yanı sıra objeleri aydınlatma tekniklerinde sürekli ilerleme sağlandı. Brown, Schleiden ve Schwann gibi araştırıcıların yaptığı ilk ve en önemli buluşların bir kısmı kendi yaptıkları son derece ilkel mikroskoplarla gerçekleştirildi. Bununla birlikte, on dokuzuncu yüzyılın başlarında bazı optik firmaları bir hayli gelişmiş mikroskoplar üretmeye başladılar ve bu, hücreler üzerinde çalışmayı önemli ölçüde kolaylaştırmanın yanı sıra hücrebilime olan ilginin artmasını da sağladı. İlk araç-gereçlerin yetersizliği sıklıkla yanlış gözlemlere yol açıyordu ve bu durum hücrebilimdeki ilk anlaşmazlıkların nedenlerinden biri oldu.

Biyolojinin tarihini anlatan kitapların çoğu, hücre araştırmalarının Schleiden ve Schwann'la başladığı izlenimini vermektedir. Oysa, F. J. F. Meyen (1804-1840), Schleiden ve Schwanndan çok daha önce, bitki hücreleri üzerine son derece kesin ve doğru bilgilerle dolu, kapsamlı bir monografi yayımlamıştır.[3] Hücrelerin bölünerek çoğalmasını betimlemiş, bitki hücreleri içindeki nişasta tanelerini boyamak için iyot kullanmış ve doğru bir kloroplast tanımı vermiştir. Meyen, genç yaşta ölmeseydi kuşkusuz biyoloji tarihinin meşhur isimleriyle birlikte anılacaktı. Ancak Meyen yalnız değildi; bu dönemde ayrıca, hücrelerin doğru tanımlanmasına katkıda bulunan yaklaşık yarım düzine başka araştırıcıdan söz edilebilir.

1831 yılı Kasım ayında, Robert Brown hücrelerin içinde çekirdek (nucleus) adını verdiği bir cisim bulduğunu ilan etti. Ancak bu bulgunun önemi konusunda kestirimde bulunmaktan kaçındı. M. J. Schleiden, yeni hücrelerin çekirdeğin büyümesiyle oluştuğunu iddia ettiği 1838'de yayınlanan makalesinde Brown'ın kaçındığı şeyi yapmış oldu. Bundan ötürü, Brown'ın çekirdek adını verdiği yapıya yeni bir adlandırmayla hücre çekirdeği (cytoblast) dedi. Schleiden çekirdeğin, hücre içindeki sıvıdan yeniden oluşturulduğunu söylüyordu. Bu, gayet açık

biçimde, her türlü ön oluşum düşüncesinin yadsındığı entelektüel bir oratama uygun olarak, hücrelerin kaynağı üzerine sıralı oluşum düşüncesine dayanan bir kuramdı. Ne var ki Meyen hiç vakit kaybetmeden yayımladığı cevabında, Schleiden'e belki de ön oluşumu çağrıştıran, yeni hücrelerin eskilerin bölünmesiyle oluştuğuna ilişkin gözlemini yeniden dile getirdi. Bu, Meyen'in, Schleiden'in hücre çekirdeği konusunda oldukça yanlış diğer fikirleri savunduğu tezine yardımcı olmadı.

Bir botanikçi olarak Schleiden, hücrebilim araştırmalarını hücre duvarları iyi biçimlendirilmiş olan bitki hücreleri üzerinde yapmıştı. Schleiden esasen Meyen'in çoktan varmış olduğu sonucu, yani bitkilerin, bazıları fazlasıyla değişikliğe uğramış olsa da hücreler dışında başka bir şey içermediği sonucunu doğruladı. Peki hayvanlarda durum nedir? Onlar da hücrelerden mi oluşmaktadır? Bu sorunun cevabı, birbirinden ne kadar farklı görünse de incelediği tüm hayvan dokularının, değişmiş hücrelerden ibaret olduğunu göstermeyi başaran Theodor Schwann tarafından 1839'da verildi. Ancak Schwann, aynı zamanda çok ayrıntılı bir inceleme sonucunda, Schleiden'in yeni hücrelerin çekirdekten oluştuğunu ileri sürdüğü hatalı kuramını teyit etmiş de oldu. Eklediği şey sadece, yeni çekirdeklerin henüz biçimlenmemiş hücre içi malzemeden kaynaklanabileceğine dair başka bir süreçti.

Biyolojide çok az yayın, Schwann'ın bu konuları derinlemesine ele aldığı monografi çalışması kadar heyecan yaratmıştır. Bu çalışmada bitki ve hayvanların aynı yapıtaşlarından -hücrelerden- oluştuğu, dolayısıyla tüm organik dünyada bir uyum olduğu gösteriliyordu. Bunun da ötesinde, hem hayvanlar hem de bitkilerin hücreli oluşları, hücrelerin organizmaların temel bileşenleri olduğunu kanıtlıyordu. Bu, indirgemeci düşüncenin güçlü bir şekilde doğrulanışıydı.

Schleiden daha sonra tümevarıma sağlam bir vurgu yapan ve o dönemde moda olan Schelling ve Hegel'in bilim kuramlarına şiddetli bir eleştiri içeren kendi bilim kuramının ayrıntılı bir su-

numunu yayınladı. Oysa, Schleiden'in, kendisini düşündüğü kadar tümevarımcı ve deneyselci olmadığı çok açıktır ve vardığı nihai sonuçların tümü teleolojiktir. Kendi bilim kuramını açık bir biçimde Fries üzerinden Kant'a dayandırmıştır. Benzer teleolojik bir dünya görüşü, koyu bir katolik olan Schwann için de geçerliydi.

Yeni çekirdeklerin sitoplazmadan ya da diğer biçimsiz organik maddelerden kaynaklandığını ileri süren Schleiden-Schwann kuramı yalnızca embriyologların sıralı oluşum düşüncesine değil, aynı zamanda o dönemde hâlâ geniş ölçüde kabul gören kendiliğinden oluşum* kuramına da tamamen uyuyordu. Bu, ideolojilerin kuramların kabul edilebilirliği üzerine etkisinin bir başka örneğidir. Yeni çekirdek ve hücrelerin biçimlenmemiş organik malzeme içinde serbestçe oluşabileceğini savunan bu kuram Robert Remak tarafından 1852'de tümden çürütüldü. Remak, gelişen bir kurbağa embriyosunda, ilk hücre bölünmesinden başlayarak, her dokuya ait her hücrenin daha önce var olan bir hücrenin bölünmesiyle ortaya çıktığını gösterdi. Remak 1855'te, Schleiden-Schwann kuramının iyiden iyiye çürütüldüğü, daha kapsamlı ve iyi resimlenmiş diğer bir monografi yayımladı. Aynı yıl Virchow, Remak'ın vardığı sonuçları benimsedi ve meşhur "bütün hücreler başka hücrelerden gelir" (*omnis cellula e cellula*) sloganını ortaya attı. Virchow'un aynı zamanda kendiliğinden oluşum kuramının ateşli karşıtlarından biri olması sürpriz değildir.

Hücrelerin kaynağını açıklamaya çalışan kuramların değişmesine bunlardan hangisinin neden olduğunu saptamak yine de kolay değildir. Muhtemelen mikroskop ve mikroskop tekniklerinin gelişimi yanı sıra Remak'ın özellikle uygun bir malzeme olarak gelişen kurbağa embriyosunu seçiminin bunda rolü vardır. Diğer taraftan bu yeni kuram, o dönemde hâlâ çok yaygın olan sıralı oluşum ile kendiliğinden oluşum kuramlarına belirgin bir karşıtlık barındırıyordu. Ele aldığımız örnekte en azın-

* Canlı sistemlerin kökeninin cansız madde olduğunu ileri süren görüş. (ç.n.)

dan şu görülmektedir: Deneysel bulgular, geniş kabul gören fikirlerin dokunulmaz olduğuna yönelik yargıları kolayca süpürüp götürmüştür.

Çekirdek yapısının anlaşılması

Remak çekirdek bölünmesinin hücre bölünmesinden önce gerçekleştiğini açıkça göstermiş olsa da yeni hücre kuramı ilk zamanlar çekirdeğin anlaşılmasında faydalı olmadı. Bu gözlem, başka pek çok konuda öncü olan Hofmeister'in de aralarında bulunduğu diğer araştırıcılar tarafından kati surette reddedildi ve sonuçta, Flemming'in "her bir çekirdek diğer çekirdeklerden gelir"(*omnis nucleus e nucleo*) sloganını ortaya atmasına kadar otuz yıl daha geçmesi gerekti.

Sonuca götüren en önemli ipuçlarını aslında döllenme süreci sağlıyordu. Kölliker'in yumurta, Gegenbaur'un ise sperma üzerinde sunduğu kanıtlarla bu iki üreme unsurunun hücre olduğu açıklık kazandı. Bununla birlikte, yumurta ve spermanın döllenme ve gelişimde nasıl bir rol oynadığı başlangıçta oldukça tartışmalıydı. Fizikselcilere göre döllenme, spermanın yumurta hücresiyle temasıyla ortaya çıkan uyarımın aktarımından oluşan fiziksel bir olaydan başka bir şey değildi. Onlar için döllenme, yumurta hücresinin bölünmesini başlatan basit bir sinyaldi. Fizikselcilerin karşıtlarına göreyse döllenmenin asıl önemli yönü, spermanın yumurtaya getirdiği "mesaj"dı.

Karşıt görüşün nihai zaferi kazanmasından önce, gelişimle ilgili birçok yanlış fikrin ortadan kaldırılması gerekti. Bunlar arasında en önemlisi ön oluşum inancıydı ki buna göre, yumurta veya sperma minyatür bir organizma içeriyordu. Blumenbach'la başlayarak bu fikir öylesine acımasızca alaya alındı ki sonunda yerini gelişimin bazı dışsal güçlerle biçimlendirilen tümden biçimsiz bir kitleden başladığı inancına, yani sıralı oluşum (epigenez) kuramına bıraktı.

Kabul etmek zorunda kalınan ikinci fikir, yumurta ve spermanın gelişen embriyonun özelliklerine eşit katkıda bulunması,

başka bir deyişle, döllenmenin genetik yönlerinin değerlendirilmesiydi. Buna ilişkin ilk kanıtı 1760'larda yaptığı melezleştirme deneyleriyle kesin sonuca ulaşan Koelreuter sağladı. Koelreuter'in bulguları birçoklarınca reddedilse de, sonraki yıllarda çok sayıda araştırıcı benzer sonuçlara ulaştı ve sonunda spermanın döllenmiş yumurtanın bölünmesine yol açmaktan çok daha önemli görevleri olduğu fikri kabul edildi. Şaşırtıcı şekilde, 1870'ler gibi geç bir tarihte, nükleik asidi keşfeden Miescher hâlâ fizikselci açıklamaya sıkıca bağlı bulunuyordu.[4]

Spermanın yumurta içine girmesi ve hatta ara ara, erkek çekirdeği ile yumurta çekirdeğinin kaynaşması 1850'ler ile 1876 yılı arasında tekrar tekrar gözlemlenmişti; ancak bu gözlemler araştırıcının kavramsal çerçevesinin yanlışlığından ötürü hatalı şekilde açıklandı. Döllenmenin spermanın yumurta içine girmesinden oluştuğunu, spermanın yumurta çekirdeği ile kaynaşan bir erkek çekirdeği sağladığını ve böylece oluşan zigot çekirdeğinin bölünmesiyle embriyonun gelişmeye başladığını açık olarak gösteren kişi Oskar Hertwig (1876) oldu. Bu gözlemler H. Fol tarafından 1879'da tümüyle doğrulanıp genişletildi.

Daha önceki yıllarda yaygın olan, hücre çekirdeğinin her hücre bölünmesinden önce çözündüğüne ilişkin görüş artık en azından döllenme süreci açısından kesin bir biçimde çürütülüyordu ve gelişmiş mikroskop teknikleri, çok geçmeden her hücre bölünmesinin hücre çekirdeğinin mitozuyla başlatıldığını gösterdi.

O dönemde tam olarak anlaşılmayan nokta, spermanın döllenmede iki yönlü rol oynamasıydı. Sperma babaya ait genetik malzemeyi yumurta içine aktarıyordu, fakat aynı zamanda zigotun gelişmeye başlaması için sinyal veriyordu. Bunların birbirinden tümüyle farklı roller olduğu, fizikselciler tarafından anlaşılmadı. Loeb döllenmemiş yumurtaların gelişimini kimyasal yollarla başlatmayı başardığında, yapay döllemsiz çoğalmanın (partenogenez) var olduğunu iddia etti. Bu iddia onun döllenmenin genetik rolüyle ilgili hiçbir bilgisi olmadığını gösteriyordu.

Bu alanın önde gelen araştırıcıları için 1870'lere gelindiğinde, sperma çekirdeği ile yumurta çekirdeğinin kaynaşmasının genetik bir anlamı olduğu açıklık kazandı. Yalnız bu anlamın ne olduğu ve iki çekirdeğin ebeveynlere ait genetik özellikleri nasıl aktardığı hâlâ tümüyle belirsizdi. Bir sonraki adımda, olgunlaşmakta olan üreme hücrelerinin mayozu sırasında gerçekleşen indirgenme bölünmesinin keşfi ile doğru bir biçimde açıklanışı ve çekirdeğin esas bileşeninin kromozomlar olduğunun anlaşılması gerekiyordu. Tüm bunlar Weismann, Beneden ve Boveri tarafından gerçekleştirildi.

Olağanüstü mikroskobik çalışmalar yürüten deneyselciler, sırf uygun bir kuramsal temelden yoksun olmaları nedeniyle, bulgularıyla ilgili çoğunlukla doğru yoruma ulaşamadılar. Bir şeyin niçin gerçekleştiği sorusunu genellikle sormuyorlardı. Bu noktada Roux bir örnek teşkil etmektedir. Roux, son derece keskin bir kavrayışı yansıtan şu soruyu soruyordu: Karmaşık mitoz süreci niçin gereklidir?

Bu süreç zaman kaybına neden olmaktadır ve görünüşe bakılırsa gereksiz bir karmaşıklık içermektedir. Çekirdek niçin basitçe ikiye bölünerek bir yarısı yavru hücreye diğer yarısı diğer yavru hücreye verilmemektedir? Roux gayet doğru bir biçimde, mitoz sürecinin ayrıntılı oluşunun sadece çekirdek malzemesinin niteliksel olarak son derece heterojen olması durumunda makul olabileceği ve her bir yavru çekirdeğin orijinal çekirdeğin niteliksel olarak farklı bileşenlerinin her birinden payını aldığından emin olmak için bir yöntemin kullanılmak zorunda olunduğu sonucuna vardı.

Bu dönemle ilgili diğer ilginç bir nokta, çok sayıda doğru gözlem ve kuramın, sonradan yeniden keşfedilmek üzere, reddedilerek ihmal edilmiş olmasıdır. Belki de, ancak sonradan "tam anlamıyla" keşfedilmek üzere demeliyim. Örneğin Roux kendisine ait geçerli mitoz kuramını, gelişen yumurtalar üzerine bazı gözlemlerle çelişkili göründüğü için terk etmiştir. Benzer şekilde Mendel'in bulgularına temel oluşturan, van Bene-

den'in sperm çekirdeğindeki kromozomların yumurta çekirdeğindekilerle kaynaşmadığına dair tümüyle doğru gözlemleri 1900 yılının sonrasına kadar çoğunlukla görmezden gelinmiştir.

Bilim felsefesi literatüründe kuram oluşturma üzerine yapılmış kestirimlerin hiçbiri, yanlış gözlemler ve hatalı tahminler de dahil olmak üzere, bu dönemde sağlanan son derece girift gelişmeler için geçerli değildir. İlerlemeler, bazen yeni buluşlar bazen de yeni kuramlarla sağlanmıştır. İlerlemeyi olanaklı kılan şey, bazen Oskar Hertwig'in deniz kestanesi yumurtası veya Remak'ın kurbağa yumurtası gibi bir organizmadan alınmış yeni malzeme, bazen de daha sonraki hücrebilimciler tarafından büyük bir başarıyla kullanılan anilin boyaları gibi yeni teknolojilerdir. Gayet açık olan nokta, gereksinim duyulan şeyin Darwinci bir seçilim sürecinin işleyebileceği oldukça fazla sayıda yeni gözlem ve kuramın varlığıydı. Belirli bir gözlem ya da açıklama er ya da geç doğruluğundan şüphe edilmeyecek hale gelecek ve "geçerli" kabul edilecekti. Hatta bunlar, belki de nihai olarak reddedilebileceklerdi. Tıpkı, 30-40 yıl boyunca bir şekilde doğruluğu kabul edildiği halde, proteinlerin kalıtım malzemesi olduğu varsayımının sonunda reddedilişi gibi. Protein hipotezi o kadar sağlamdı ki, sonunda yerini DNA hipotezine bıraktığı halde Goldschmidt gibi önde gelen bazı araştırıcılar yeni hipoteze inanmayı reddettiler.

1880'den sonraki kırk yıl boyunca mikroskopla ilgili ilerlemeler, çekirdeklere ilişkin tanımların, mitoz ve mayoz döngüleri sırasında çekirdekteki değişimlerin ve bunların ne anlam ifade ettiğinin çok daha doğrulukla açıklanmasına olanak verdi. Bu anlayışa ulaşılması, hem olgunlaşma hem de döllenme süreçlerinin çeşitli yönlerini mükemmel bir biçimde tanımlayan süper teknisyenler ve parlak kuramcıların katkılarının olduğu, son derece karmaşık bir hikâyedir.[5]

Kromozom yapısının anlaşılması

Bu gelişmeleri izleyen diğer açıklama çabalarının çıkış noktası, daha sonra kromozom olarak adlandırılan, iyi biçimlenmiş

kromatin cisimlerinin hücre bölünmesi (mitoz) sırasında gözlemlenmesi, fakat çekirdeğin, dinlenme aşamasında yerini görünüşte granüler bir kitle ya da bir ağ yapısına bıraktığı gözlemiydi. Sorun, özellikle her türün belirli sayıda mitotik kromozoma sahip olduğunun kanıtlanmasından sonra, düzensiz kromatin malzemesinin iyi biçimlenmiş kromozomlara dönüşürken gerçekleşen olayların anlamını bulmaktı. Başlangıçta bu konuda bir kuram geliştirmek oldukça güçtü. Çünkü, kromatinin biyolojik rolünün ne olabileceği konusunda hiç kimse bir fikir sahibi değildi. Her ne kadar daha önce kromatinin nükleinden başka bir şey olmadığı saptanmış olsa da, bu sonuç hiçbir şekilde kabul görmedi ve nükleinin işlevinin ne olduğunu kimse bilmediğinden, daha fazla kesinlik taşıyan bu tanımlamanın da bir yararı olmadı.

Bu aşamada, genetik malzemenin kromozomlarda yerleştirilmiş olduğunu ısrarla vurgulayan kişi Weismann'dı. Weismann, geliştirdiği kalıtım kuramının ayrıntıları yanlış olmakla birlikte, dikkatleri doğru yöne çekmeyi başarmıştır. Kromozomların anlaşılmasına en fazla katkıda bulunan kişiyse Boveri olmuştur. Boveri, mitoz sırasında kromozomların sabit sayıda olduğuna ilişkin yalın gözlemle işe başladı ve uygun bir malzeme içinde bu kromozomların birbirlerinden ayrı oluşlarını, yani her bir kromozomun belirli tanımlayıcı özelliklere sahip olduğunu gösterebildi. Boveri, bu kromozomların dinlenme aşamasında çekirdek maddesi içinde "erime"sinin ardından, bir sonraki mitotik döngü sırasında, tam olarak önceki mitotik döngüde gözlemlenen sayıda kromozomun yeniden oluşturulduğunu ve buna ek olarak hepsinin bir önceki döngüdeki aynı bireysel özelliklere sahip olduğunu kanıtlayabildi. Bu gözlem Boveri'yi kromozomların çekirdeğin dinlenme aşamasında kendi kimliklerini asla kaybetmediğini ve hücrenin tüm yaşam süresi boyunca koruduğunu savunan süreklilik kuramına yöneltti. Hertwig'in de dahil olduğu önde gelen diğer hücrebilimcilerin şiddetli saldırılarına rağmen bu kuram, Sutton-Boveri kromozomal kalıtım kuramının temelini oluşturdu.

Boveri'nin kuramı, çıkarıma dayanıyordu. Kromozomların sürekliliği doğrudan doğruya gözlemlenemiyordu. Boveri'ye haklı olduğuna ilişkin güçlü kanıyı veren, temelde daha derin bir kavram ya da ideoloji var mıydı? Karşıtları, onları Boveri'nin tümüyle hatalı olduğundan emin olmaya iten, temelde başka bir kavram ya da ideolojiye sahip miydiler? Ne yazık ki mevcut literatüre dayanarak bu sorulara cevap bulmam mümkün olmadı. Ancak Boveri ve Hertwig'i keskin görüş ayrılığına iten, arkaplanda kavramsal bir neden olması gerektiği konusunda oldukça şüpheliyim. Her ikisinin de kendi fikirlerini desteklemek için herhangi bir yasaya başvurmadığını söylemeye bile gerek yok. Vardıkları sonuçlar gözlemlere dayanıyordu ve her birinin ortaya koyduğu düşünceler gözlemlere dayanan mantıksal çıkarımlardı. Bu anlaşmazlık bugüne kadar, felsefecilerin kuram oluşturma konusundaki tartışmalarına ışık tutabilecek şekilde açıklanamadı. Çekirdeğin dinlenme evresi sırasında kromozomların sürekliliği konusundaki tartışma acaba ön oluşum-sıralı oluşum (Hertwig ön oluşumcuların yanında, Boveri sıralı oluşumcuların yanında) anlaşmazlığının bir kalıntısı mıydı?

1900'den sonra hücrenin anlaşılması konusundaki ilerleme hız kaybetmeden sürdü. İlk büyük katkılar genetik ve hücre fizyolojisi alanında yapılan çalışmalarla gerçekleşti. Daha sonra bunları elektron mikroskopu yardımıyla hücrenin ince yapısının keşfi izledi ve son olarak, moleküler biyoloji alanında sitoplazmanın tüm bileşenleri üzerine yapılan çalışmalar geldi. Yeni gelişmelerin başlangıç noktası neredeyse istisnasız şekilde gözlemler olsa da, kuram oluşturma basit bir tümevarımın sonucu değildi. Söz konusu olan şey daha çok gözlemlerin, yalnışlanan ya da doğrulanan ve nihai olarak yeni kuram ve açıklamaları doğuran çetrefilli sorulara yol açmasıydı.

Hücrebilim tarihi, bilimdeki aşamalı ilerlemeyi, yanlış kuramların iflasını, rakip kuramlar arasındaki çekişmeyi ve halihazırda en yüksek açıklayıcı değere sahip kuramın nihai zaferini en canlı şekliyle örneklemektedir. Hücre ve hücre bileşenleri

hakkında günümüzde kabul edilmiş açıklamaların, yüz elli yıl önce yaygın olan hücre kavramından çok daha üstün olduğu tartışma götürmemektedir.

Bilim Devrimlerle mi İlerler?

Yukarıda ele aldığımız ve diğer örneklerin ışığında bilimin doğa hakkındaki bilgimizi sürekli geliştirdiği sonucunu çıkarabiliyorsak, bir sonraki adımda, bu gelişmelerin nasıl gerçekleştiğini sormamız gerekmektedir. Çok tartışmalı olan bu konunun çağdaş bilim felsefesi literatüründe çok önemli bir yeri vardır. Bu konuda iki ana ekol ayırt edilebilir: (1) Thomas S. Kuhn'un bilimsel devrimler karşısında normal bilim kuramı ve (2) Darwinci evrimsel bilgi kuramı.

Bilim felsefesinde çok az sayıda yayın Kuhn'un *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* (1962) adlı eseri kadar heyecan yaratmıştır. Kuhn'un kitabın ilk basımındaki orijinal tezine göre bilim, uzun "normal bilim" dönemlerinden ayrılan ve zaman zaman ortaya çıkan bilimsel devrimler aracılığıyla ilerler. Bilimsel devrim sırasında bir disiplin tümüyle yeni bir "paradigma" benimser ve bu da takip eden normal bilim dönemine hâkim olur.

Devrimler (paradigma kaymaları) ve normal bilim dönemleri Kuhn'un kuramının sadece iki yönüdür. Diğer yönlerden biri, yeni ve eski paradigmaların birbirleriyle bağdaşmaz olduğu varsayımıdır. Kuhn'u eleştirenlerden biri, kitabın ilk basımında onun "paradigma" terimini en az yirmi farklı şekilde kullandığını iddia etmiştir. Bu kavramların en önemlisi olan "disipliner matris" terimini Kuhn daha sonra önerdi. Disipliner matris (paradigma), yeni bir kuramdan daha fazlasıdır ve Kuhn'a göre bir inançlar, değerler ve simgesel genellemeler sistemidir. Kuhn'un disipliner matrisi ile diğer felsefecilerce kullanılan "araştırma geleneği" gibi terimler arasında hatırı sayılır bir benzerlik görüyoruz.[6]

Birçok yazar Kuhn'un sonuçlarını doğrulayabilmiştir, ancak belki de daha fazlası bunu yapamamıştır. Kuhn'un ileri sürdüğü

tezin birçok yönü, somut olaylara bakılmaksızın ve kuram değişikliğinin onun genellemelerine uyup uymadığı sorgulanmaksızın, verimli bir biçimde tartışılamaz. Bu nedenle, biyolojideki bazı temel kuram değişikliklerini bu soruyu göz önünde bulundurarak inceledim.

Sistematikteki ilerleme

Hayvan ve bitkileri sınıflandırma biliminde (sistematik, bkz. VII. Bölüm) on altıncı yüzyıldaki şifalı ot toplayıcılardan Linnaeus dönemine kadar uzanan, sınıflandırmanın çoğunlukla mantıksal gruplamayla yapıldığı ve bir sınıflandırmadan diğerine yapılan değişikliklerin niteliğinin sınıflandırılan türlerin sayısına ve farklı türde özelliklerin ağırlığına bağlı olduğu bir ilk dönemi betimleyebiliriz. Bu tip metodoloji *aşağıya doğru sınıflandırma* olarak adlandırılır.

Zamanla, aşağıya doğru sınıflandırmanın gerçekten bir tanımlama yöntemi olduğu fark edildi ve birbiriyle ilgili çok daha geniş tür gruplarının hiyerarşik bir şekilde düzenlenmesinden oluşan ve *yukarıya doğru sınıflandırma* adı verilen çok farklı bir yöntemle desteklendi. Aşağıya doğru sınıflandırma yöntemi tüm taksonomik revizyonlar ile monografi anahtarlarında ve arazi tanımlama kılavuzlarında, yukarıya doğru sınıflandırma yöntemiyle birlikte varlığını sürdürdü. Yukarıya doğru sınıflandırma önce bazı ot toplayıcılarınca, daha sonra ise Magnol (1689) ve Adanson (1763) tarafından kullanıldı, ancak bu yöntem on sekizinci yüzyılın son çeyreğine kadar yaygın olarak kullanılmaya başlamadı. Her iki yöntem de artık farklı amaçlarla da olsa birlikte varlıklarını sürdürdükleri için, bir paradigmanın devrimsel bir biçimde diğerinin yerini alması söz konusu değildi.

Darwin'in 1859'da ileri sürdüğü ortak soy kuramının kabul edilmesinin taksonomide büyük bir devrim yaratmış olduğu beklenebilir; ancak durum böyle değildir. Yukarıya doğru sınıflandırmada en fazla sayıda ortak özelliğe sahip olanlar aynı grup altında toplanır. Bu şekilde sınıflandırılan taksonların, bir-

birine en yakın ortak atadan türemiş olan grupları içermesi sürpriz değildir. Dolayısıyla Darwin'in kuramı yukarıya doğru sınıflandırma için bir kanıt sağlamış, ancak sistematikte bilimsel bir devrim yaratmamıştır.

Bir yüzyıl sonrasında, 1950'den sonra makrotaksonomide iki yeni ekol, nümerik fenetik ve kladistik ortaya çıktı. Bunlar bir devrim niteliğinde miydi? Fenetik, ürettiği sınıflandırmalar oldukça yetersiz olduğu için büyük bir etki yaratmamıştır. Ayrıca, yeni bir metodolojiyi olanaklı kılsa da, gerçekten yeni bir kavram getirmemiştir. Buna karşılık mevcut literatürün hacmine bakılacak olursa, kladistiğin gerçek anlamda bir devrim yarattığını söylemek zor olmayacaktır. Aslına bakılırsa taksonları tanımlarken birlikte gelen özelliklerin dikkate alınması, bizzat Hennig'in (1950) işaret ettiği gibi daha önceleri de geniş ölçüde denenmişti. Bununla birlikte, kladistik incelemenin güçlü ve tutarlı uygulamalarının büyük bir etki yarattığı kuşku götürmemektedir.

Eğer bu bilimsel bir devrim olarak tanımlanacak olsaydı bile, Kuhn'un belirttiği biçimde bir yolu izlemeyecekti. Bir paradigmanın birdenbire diğerinin yerini alması söz konusu değildi; çünkü iki sistem yan yana varlığını sürdürüyordu: Hennig'in sıralama sistemi (kladistik sınıflandırma) ve geleneksel Darwinci metodoloji (evrimsel sınıflandırma). Bu iki sistem yalnız metodoloji yönüyle değil, hedefleri açısından da birbirinden farklıdır. Kladistik sistem, sadece filogeninin ortaya çıkarılması ve tanımlanmasıyla ilgilenirken, evrimsel sistemin uğraşı, birbirine en çok benzeyen ve en yakın akraba türleri taksonlar halinde gruplamaktı. Bu, özellikle ekoloji ve yaşam döngüsü çalışmalarında faydalı bir yaklaşımdı. Amaçları birbirinden tamamen farklı olduğundan ötürü bu iki yaklaşım yan yana varlıklarını sürdürebilmektedir.

Evrimsel biyolojideki ilerleme

Evrimsel biyoloji, bilimsel devrim kuramı için başka bir sınama zemini sunmaktadır. Kutsal Kitap'taki yalın yaratılış resmi,

on yedinci yüzyıl sonlarında inandırıcılığını yitirmeye başladı. Jeolojik ve astronomik zamanın çok uzun bir süreyi kapsadığının anlaşılmaya başladığı, dünyanın farklı bölgelerinin biyocoğrafi farklılıklarının tespit edildiği ve bolca fosilin betimlendiği on sekizinci yüzyılda, tekrarlanan yaratılışlar da dahil olmak üzere yeni senaryolar üretildi. Ne var ki bunların hepsi yeni köken açıklamaları getiriyordu. Bu yeni kuramlar geniş çoğunluğun hâlâ savunduğu, Kutsal Kitap'taki yaratılış hikâyesiyle birlikte varlığını sürdürdü. Bu görüşleri ciddi bir biçimde ilk kez sarsan kişi, çoğu fikirleri döneminin özcü-yaratılışçı dünya resmiyle taban tabana zıt olan Buffon'du. Diderot, Blumenbach, Herder, Lamarck ve diğerlerinin evrimci düşüncesi esasen Buffon'un fikirlerinden kaynaklanmıştır. Lamarck 1800'de ilk gerçek aşamalı evrim kuramını önerdiğinde küçük kıpırdanmalar oluşturmuş, ancak bilimsel bir devrimi başlatmamıştı. Bundan başka, Geoffroy ve Chambers gibi Lamarck'ı izleyenler birçok açıdan hem Lamarck'tan hem de birbirlerinden oldukça farklı düşünüyorlardı. Lamarck, bir paradigmanın bir yenisiyle değiştirilmesinde kesinlikle etkili olmamıştı.

Buna karşılık, Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nin gerçek bir bilimsel devrim yarattığı inkâr edilemez. Gerçekten de bu, sıklıkla tüm bilimsel devrimlerin en önemlisi olarak anılmaktadır. Bununla birlikte Darwin'in kuramı Kuhn'un açıklamalarına hiçbir şekilde uymamaktadır. Darwinci devrim incelenmek istendiğinde, ciddi güçlüklerle karşılaşılır, çünkü Darwin'in paradigması esasen, içlerinden beşinin en fazla önem arz ettiği tüm bir kuramlar paketinden oluşuyordu (bkz. IX. Bölüm).[7] Darwin'in birinci ve ikinci bilimsel devrimleri şeklinde ele alacak olursak, konu daha fazla açıklık kazanacaktır.

Birincisi, ortak soydan evrimleşmenin kabul edilmesinden ibaretti. Bu kuram iki açıdan devrimsel nitelikteydi: İlk olarak, doğaüstü bir açıklama olan yaratılış kavramının yerine doğal ve maddi bir açıklama olan aşamalı evrim kavramını koydu. İkinci olarak, ilk dönem evrimcilerin benimsediği doğrusal ev-

rim çizgisi modelinin yerine, sadece tek bir yaşam kökeni gerektiren, dallanan evrim modelini koydu. Bu, en azından Linnaeus'tan (ve öncesinden) beri "doğal" bir sistem bulmaya çabalamış pek çok yazar için ikna edici bir çözümdü. Kuram, tüm doğaüstü açıklamaları reddediyordu. Ayrıca insanı ayrıcalıklı konumundan mahrum bırakıyor ve onu hayvanların sırasına katıyordu. Ortak soy fikri olağanüstü bir hızla benimsendi ve Darwin'den hemen sonraki dönemde en etkin ve belki de en başarılı araştırma programını şekillendirdi. Morfoloji ve sistematiğin ilgilendiği araştırma alanlarına bu kuramın gayet iyi uymasının nedeni, Linnaeus'un hiyerarşisi, Owen ve von Baer'in arketipleri gibi daha önce bulunmuş deneysel veriler için kuramsal bir açıklama getirmesiydi. Bu, büyük bir paradigma kayması içermiyordu. Bunun yanında, Buffon'dan (1749?) *Türlerin Kökeni*'ne kadar geçen süre normal bilim dönemi olarak kabul edildiği takdirde, yine bu dönemde gerçekleşen bir dizi daha küçük devrimi bu statülerinden yoksun bırakmak zorunda kalınacaktır. Bunlar arasında dünyanın çok yaşlı olduğunun, soy tükenmesinin, doğa cetvelinin (*scala* naturae) morfolojik tipler üzerinden yenilenmesinin ve biyocoğrafi bölgelerin ve diğerlerinin keşfedilmesi bulunur. Bunların hepsi, Darwin'in kuramı için gerekli önkoşullardı ve ilk Darwinci devrimin başlangıcını 1749 yılına kadar geriye kaydıran bileşenler arasında sayılabilir.[8]

Darwin'in ikinci devriminin kaynağı doğal seçilim kuramıydı. Bu kuram, 1859'da öne sürülüp tümüyle açıklandığı halde, o dönemde egemen olan beş farklı ideolojiye (yaratılış, özcülük, teleoloji, fizikselcilik ve indirgemecilik) ters düşmesinden dolayı o denli itirazlarla karşılaştı ki, 1930'lu ve 40'lı yılların evrimsel sentezine kadar genel olarak kabul görmedi. Günümüzde bile Fransa, Almanya ve başka bazı ülkelerde bu kurama karşı önemli bir direnç söz konusudur.

1859 ile 1940'lı yıllar arasındaki süreyi bir normal bilim dönemi olarak değerlendirebilir miyiz? Bu dönemde biyolojide

çok sayıda daha küçük devrim gerçekleşti. Örneğin, kazanılmış özelliklerin kalıtımı kuramının çürütülmesi (Weismann, 1883), karışımsal kalıtımın reddi (Mendel, 1866 ve sonraki çok sayıda makale), biyolojik tür kavramının geliştirilmesi (Poulton, Jordan, Mayr), genetik varyasyonun kaynaklarının (mutasyon, genetik rekombinasyon, diploitlik) keşfi, evrimde rasgele süreçlerin önemli olduğunun anlaşılması (Gulick, Wright), kurucu ilke, evrimle ilgili sonuçlar doğuran çok sayıda genetik işlemin önerilmesi ve diğerleri bu dönemde olmuştur. Bunların birçoğunun evrimcilerin düşünceleri üzerinde gerçekten önemli devrimsel etkileri olmuştur, ancak Kuhn'un tanımladığı bilimsel devrimin niteliklerine sahip değildirler.

Sentetik kuramın 1950'den itibaren genel kabul görmesinin ardından, sentez paradigmasının neredeyse tüm yönleriyle ilgili değişiklikler önerilmiş ve bunların bazıları benimsenmiştir. Bununla birlikte, evrimsel biyolojide 1800'den günümüze, hiç şüphesiz görece durgun dönemlerin yanı sıra, oldukça hareketli değişme ve çekişme dönemleri yaşanmıştır. Diğer bir deyişle, ne Kuhn'un iyi tanımlanmış kısa süreli devrimler ve araya giren uzun normal bilim dönemleri fikri ne de yavaş, sürekli ve dengeli gelişme fikri doğrudur.

Biyolojinin diğer alanlarındaki atılımlara bakmak ve bunların ne ölçüde devrim olarak nitelendirileceğini, bir paradigmanın diğeriyle yer değiştirip değiştirmediğini ve değişikliğin ne kadar zamanda tamamlandığını görmek ilginç olurdu, ancak bu henüz yapılmamıştır. Örneğin, Lorenz ve Tinbergen tarafından öne sürülen etolojinin* başlangıcı ya da Schwann ve Schleiden'in hücre kuramı bilimsel devrim miydi? Yirminci yüzyılda biyolojideki en devrimci gelişme, belki de moleküler biyolojinin doğuşudur. Bu gelişme, yeni bilim insanları, yeni problemler, yeni deneysel yöntemler, yeni dergiler, yeni ders

* Bir canlı türünün doğuştan gelen, kendine özgü davranışlarını inceleyen bilim dalı. (ç.n.)

kitapları ve yeni kültür kahramanlarıyla yeni bir alanı ortaya çıkardı. Ancak, bu yeni alan, kavramsal olarak 1953'ten önce genetikte yaşanan gelişmelerin bir devamından başka bir şey değildir. Burada, mevcut bilimin reddedildiği bir devrim söz konusu olmamıştır.[9] Birbiriyle bağdaşmayan paradigmalardan bahsedemeyiz. Gerçekleşen şey, daha kabaca diyebileceğimiz incelemelerin yerini çok daha ayrıntılı incelemelerin alması ve tümüyle yeni yöntemlerin geliştirilmesidir. Moleküler biyolojinin doğuşu devrimci bir niteliğe sahipti, ancak bu Kuhncu bir devrim değildi.

Biyolojideki ilerlemelerde aşamalı gelişim

Kuhn'un tezini biyolojideki kuram değişikliklerine uygulamaya çalışan hemen hemen bütün yazarlar, bu tezin bu alanda uygulanabilir olmadığını görmüşlerdir. Oldukça devrimci bir değişimin söz konusu olduğu durumlarda bile, söz konusu değişim Kuhn'un betimlediği gibi gerçekleşmemiştir. Öncelikle, devrimler ile "normal bilim" arasında kesin bir ayrım bulunmuyordu. Bu değişikliklerde görülen şey tamamen, küçük ve büyük kuram değişiklikleri arasındaki aşamalılıktı. Kuhn'un normal bilim olarak tanımlayabileceği herhangi bir dönemde bile çok sayıda küçük devrim yer alır. Bir noktaya kadar Kuhn da bunu itiraf ediyor olsa da, bu farkındalık onun devrimler ile normal bilim arasındaki ayrım fikrinden vazgeçmesine neden olmamıştır.[10]

Yeni bir paradigmanın başlaması, asla eski olanın hemen değiştirilmesiyle sonuçlanmaz. Neticede, yeni devrimci kuram eskisiyle birlikte varlığını sürdürebilir. Gerçekten de üç ya da dört paradigma aynı anda birlikte bulunabilir. Örneğin, Darwin ve Wallace'ın evrimin işleyiş mekanizması olarak doğal seçilimi önermelerinin ardından sıçramalı evrim, ortogenez ve Lamarckçılık sonraki seksen yıl boyunca doğal seçilim kuramıyla rekabet etmiştir.[11] Bu rakip paradigmalar 1940'ların evrimsel sentezine kadar inanılırlıklarını kaybetmediler.

Kuhn yeni buluşların neden olduğu kuram değişiklikleri ile tümüyle yeni kavramların geliştirilmesi sonucunda ortaya çıkan kuram değişiklikleri arasında ayrım yapmaz. Yeni buluşlardan kaynaklanan değişiklikler, bir paradigma üzerinde büyük kavramsal değişikliklerden çok daha az etkiye sahiptir. Örneğin, ikili sarmal yapının bulunmasıyla moleküler biyolojinin ortaya çıkışı, küçük kavramsal sonuçlar yaratmış ve dolayısıyla genetikten moleküler biyolojiye geçiş sırasında gerçekte bir paradigma değişimi olmamıştır.

Aynı yeni kuram, bazı bilimlerde diğerlerine göre çok daha fazla devrimci niteliğe sahip olabilir. Plaka tektoniği bu duruma iyi bir örnektir. Bu kuramın jeoloji üzerine etkisi, bir devrim niteliğinde olmuştur, öyle ki bu etkiyle jeoloji alanında yer yerinden oynadı denilebilir. Peki ya biyocoğrafya üzerindeki etkileri? Kuşların yeryüzüne yayılışları açısından bakacak olursak, plaka tektoniğinin benimsenmesinden önce çıkarsanan tarihsel anlatı, bu fikrin kabulünün sonucunda neredeyse hiçbir değişikliğe uğramak zorunda kalmamıştır. (Tersiyer'in başlarındaki Kuzey Atlantik bağlantısı tek istisnadır).[12] Şüphesiz, kuşların Avusturalya'ya ve kıta çevresindeki adalara yayılışı, plaka tektoniğini temel alan yeniden kurma şemalarına uyum göstermiyordu, ancak sonraki jeolojik araştırmalar, jeolojik yeniden kurma şemalarının yanlış olduğunu kanıtlamıştır; diğer taraftan yenilenen yeniden kurma şemaları biyolojinin varsayımlarıyla tutarlılık göstermiştir.[13] Şöyle ki, plaka tektoniğinin önerilmesinden çok önce paleontologlar Permiyen ve Trias dönemlerinde bir Pangeae olması gerektiğini varsaymışlardır. Diğer bir deyişle, yeryüzündeki yaşamın tarihi üzerine değerlendirmeler, plaka tektoniğinin kabul edilmesinden jeolojinin kabul edilmesinden olduğu kadar etkilenmemiştir.

Yeni bir paradigmanın başlamasının en önemli etkisi söz konusu alandaki araştırmaların büyük bir hız kazanması olabilir. Ortak soy kuramının Darwin tarafından önerilmesinin ardından filogenetik araştırmalardaki patlama buna çok güzel bir örnek oluşturmaktadır.

Paleontolojiyle birlikte karşılaştırmalı anatomide 1860'tan sonra yapılan araştırmaların pek çoğu, belirli taksonların, özellikle de ilkel olan ve tipik olmayanların filogenetik durumlarının saptanmasına yönelmiştir. Olağanüstü buluşların, alanın kuramsal yapısı üzerine görece az etkide bulunduğu diğer pek çok örnek bulunmaktadır. Meyen ve Remak'ın yeni hücrelerin çekirdeğin hücreye dönüşmesiyle değil, eski hücrelerin bölünmesiyle oluştuğunu bulmaları şaşırtıcı derecede küçük bir etki yaratmıştır. Benzer şekilde genetik kuram söz konusu olduğunda, genetik maddenin proteinler değil nükleik asitler olduğunun bulunması da büyük bir paradigma kaymasına yol açmamıştır.

Yeni kavramların geliştirilmesine gelince, durum biraz farklıdır. Darwin'in kuramı insanı *ortak soy* ağacına dahil etmeye zorladığında gerçekten ideolojik bir devrime neden oldu. Buna karşılık Popper'ın (1975) haklı olarak vurguladığı gibi, Mendel'in yeni kalıtım paradigması böyle bir sonuç yaratmadı. Kavramlardaki değişikliklerin yeni buluşlardan çok daha etkili olduğunu söylemek bir aşırıya kaçma sayılmamalıdır. Örneğin, özcülüğün yerini popülasyon düşüncesine bırakması, sistematik, evrimsel biyoloji ve hatta bilimin dışındaki (politika) alanlarda devrimci bir etki yaratmıştır. Bu kaymanın aşamalı evrim, türleşme, makroevrim, doğal seçilim ve ırkçılığın yorumlanması üzerinde çok büyük bir etkisi oldu. Kozmik teleolojinin ve Kutsal Kitap'ın otoritesinin reddinin evrim ve uyumun yorumlanması üzerine aynı ölçüde güçlü etkileri oldu.

Biyolojideki kuram değişikliklerini incelemenin sonucunda, Kuhn'un tezini doğrulayan neredeyse hiçbir şeyin bulunmaması bizi, Kuhn'un tezini önerme nedenini sorgulamaya itmektedir. Doğrusu, fizikteki açıklamaların çoğu, bizim biyolojide sahip olmadığımız evrensel yasaların etkileriyle ilgili olduğundan, evrensel yasaları ilgilendiren açıklamaların Kuhncu devrimlere konu olması olasıdır. Ancak, hatırlamamız gerekir ki Kuhn, bir fizikçiydi ve en azından ilk yazılarında sunulduğu kadarıyla tezi, fizikçiler arasında çok yaygın olan özcü ve sıçramalılığı sa-

vunan (saltationistic) düşünce biçimini yansıtmaktadır. O dönemde Kuhn'a göre her paradigma Platoncu bir *eidos* ya da öz niteliğindeydi ve ancak yeni bir *eidos*'un onun yerini almasıyla değişebilirdi. Bu kavramsal çerçevede aşamalı evrim düşünülmez olacaktı. Bir *eidos*'taki değişiklikler, skolastik felsefecilerin dediği gibi sadece birer "kaza" idi ve bu nedenle, paradigma kaymaları arasındaki dönemde ortaya çıkan değişiklik temelde önemsizdir, sadece normal bilimi temsil etmektedir.

Bilim Darwinci Bir Süreçle mi İlerler?

Kuhn'un kuram değişikliğiyle ilgili 1962'de çizdiği resim, fizikselcilerin özcü düşüncesiyle uyumluydu, ancak bir Darwincininkiyle bağdaşmıyordu. Bu nedenle, Darwincilerin biyolojide kuram değişiklikleri için çoğunlukla Darwinci evrimsel bilgi kuramı şeklinde ifade edilen, tümüyle farklı bir kavramsallaştırmayı tercih etmeleri şaşırtıcı değildir. Feyerabend'ın (1970) işaret ettiği gibi aslında bu çok eski bir felsefi kavramdı: "Bilginin alternatif görüşler arasındaki mücadeleyle ilerleyebileceği ve bunun çoğalmaya bağlı olduğu fikri ilk olarak Sokrates'ten önceki felsefeciler tarafından öne sürülmüş (bunu bizzat Popper vurgulamaktadır) ve Mill tarafından özellikle *On Liberty*'de (*Özgürlük Üstüne**) genel bir felsefeye dönüştürülmüştür. Bilim için seçenekler arasındaki mücadelenin belirleyici olduğu fikri, temelde yine Darwinciliğin etkisinde, Mach (*Erkenntnis und Irrtum***) ve Boltzmann (*Popularwissenschaftliche Vorlesungem****) tarafından ileri sürülmüştür."

Darwinci evrimsel bilgi kuramının temel savı, bilimin canlı dünyanmkine çok benzer biçimde, Darwinci bir süreçle ilerlediğidir. Bu şekilde, bilgi kuramsal ilerleme, değişiklik ve seçilimle tanımlanır. Daha doğru ifadeyle, "Daha güçlü, gerçeğe yakınlığı daha fazla, açıklayıcı gücü daha yüksek ya da problem çözme yeteneği daha fazla vb. olan fikirler, kabul edilme müca-

* John Stuart Mill, *Özgürlük Üstüne*, çev. Alime Ertan, Belge Yayınları, 1986. (ç.n.)
** Ernst Mach, *Bilgi ve Hata*, çev. Sabri Esat Ander, MEB, 1935. (ç.n.)
*** Alm. Popüler bilim dersleri. (ç.n.)

delesinde, bir kuşaktan diğerine daha başarılı bir şekilde varlıklarını sürdürür" (Thompson 1988:235). Bu süreç örneğin, Darwin'in kendisine ait kuramsallaştırmada belgelenebilir. Darwin gençlik yıllarında, sonunda doğal seçilim yoluyla ortak soydan evrim fikrine ulaşana dek, sonuçta daima birini reddedip diğerine geçtiği evrim kuramları önermiştir.[14] Ya da Darwin sonrası dönemde doğal seçilim kuramıyla rekabet halindeki evrim kuramlarının (Lamarckçılık, sıçramalı evrim kuramı, ortogenez kuramı) çokluğu ve geriye sadece doğal seçilimin kalması betimlenebilir. Biri ya da diğerinin en azından geçici olarak galip geldiği, bilgi kuramsal bir sorunla ilgili tahmin ya da hipotezler arasındaki rekabette gerçekten de doğal seçilimle büyük bir benzerlik bulunmaktadır. Yüzeyde, bilimsel kuramların tarihsel ilerleyişinin Darwinci evrimsel değişim sürecine büyük benzerlik gösterdiğinde şüphe yoktur.

Bununla birlikte, daha yakından incelendiğinde, bilgi kuramsal değişimin birçok bakımdan gerçek evrimsel değişimden farklı biçimde cereyan ettiği görülür.[15] Örneğin, farklı kuramlar arasındaki varyasyonun kaynağı genetik varyasyonda olduğu gibi rastlantı değil, bu kuramları öne sürenlerin akıl yürütmeleridir. Bu, doğru olmasına karşın, çok fazla önemli bir sav değildir; çünkü değişikliğin kaynağının Darwinci süreç için çok az önemi vardır. Söz gelişi Darwin, "kullanma ve kullanmama" ile yeni varyasyon kaynağı olarak çevrenin doğrudan etkisi gibi, sonradan çürütülen sözde Lamarckçı süreçleri kabul etmiştir. 1940'ların sentetik kuramında bile mutasyon, rekombinasyon, taraflı varyasyon, yatay transfer, melezleşme ve çok sayıda diğer mekanizma, değişikliğin kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bundan ötürü değişikliğin rastlantıyla ortaya çıkıp çıkmadığı konu dışıdır.

Evrimsel bilgi kuramında söz konusu olan kuşaktan kuşağa aktarım, diğer pek çok farklılıktan sadece birini belirtmek gerekirse, genetik aktarımdan çok farklı bir şey olan kültürel aktarımdır. Bunun yanı sıra, büyük kuramsal ilerlemeler ("Kuhncu

devrimler") biyolojik popülasyonların doğasına uygun olan genetik değişimlerden belki de çok daha etkilidir.

Bilgi kuramsal değişimlerin Darwinci evrimsel değişimlerle eşbiçimli olmadığı açık olmakla birlikte, bunların temel Darwinci varyasyon ve seçilim modellerine uygun bir şekilde meydana geldiği bir gerçektir. Birbiriyle yarışan bir grup kuram arasında neticede kalıcı olan, en az güçlükle karşılaşan ve en fazla sayıda olguya tatmin edici açıklama getirebilen, diğer bir deyişle "en uygun" olan olacaktır. Bu, Darwinci bir süreçtir. Biyolojik popülasyonlarda olduğu gibi bilgi kuramında da sürekli olarak yeni varyasyon üretimi, yani yeni tahminler söz konusudur. Bunların bazıları koşullara diğerlerinden daha iyi uyum sağlar, yani daha başarılı ve çok daha iyi açıklamalara yerlerini bırakana ya da değişikliğe uğrayana kadar kabul edilecektir. Değişimlerin boyutlarında büyük bir çeşitlilik vardır; çoğunluğu bir hayli küçük, diğerleri ise devrim olarak nitelendirilmeyi hak edecek denli büyüktürler. Dallanan soylar, doğal seçilim, genetik bilginin proteinlerde değil nükleik asitlerde olduğunun bulunuşu, en büyük devrimsel etki yaratan ilerlemeler arasındadır.

Tüm bu gözlemlerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

(1) Biyoloji tarihinde gerçekten büyük ve küçük devrimler vardır. Ancak en büyük devrimler bile mutlaka ani ve büyük paradigma kaymalarını temsil etmez. (2) Önceki bir paradigma ile onu izleyen paradigma uzun süreler boyunca bir arada var olabilirler. Bunlar bağdaştırılabilir olmak zorunda değildirler. (3) Biyolojinin aktif dalları "normal bilim" dönemleri geçiriyor görünmemektedir. Büyük devrimler arasında daima bir dizi küçük devrim yer alır. Bu gibi devrimlerin olmadığı dönemler sadece biyolojinin aktif olmayan dallarında bulunur, ancak bu sessiz dönemleri "normal bilim" olarak adlandırmak pek uygun değildir. (4) Darwinci evrimsel bilgi kuramı biyolojideki kuram değişimlerine, Kuhn'un bilimsel devrim tanımlarından çok daha uygun görünmektedir. Biyolojinin aktif alanlarında sürekli olarak yeni öneriler (Darwinci varyasyon) ortaya çıkar ve bunla-

rın bir kısmı diğerlerinden daha başarılıdır. Bunların daha iyi olanlara yerlerini bırakana kadar "seçildikleri" ya da önemsiz veya değersiz tahmin ve kuramların elendiği, böylece sonunda geriye kalanın açıklamada en başarılı kuram olduğu söylenebilir. (5) Yeni kavramlar, başarılı bir paradigmayı yeni buluşlardan daha kuvvetli biçimde etkiler.

Bilimde fikir birliğine ulaşmak niçin çok zordur?

Bilim dünyasının dışındaki kişiler, naif bir şekilde çoğunlukla, yeni bir bilimsel açıklama veya kuramın öne sürülür sürülmez hemen kabul edileceğini varsayarlar. Esasen, birden ortaya çıkan yeni bir görüşün söz konusu alanda hemen devrimsel bir aydınlanma ortaya çıkardığı durumlar çok seyrek gerçekleşir. Modern bilimin en temel doktrinleri, hem bilim dünyasının içinde hem de bilim dünyasının dışında yıllarca süren bir direnişi kırmak zorunda kalmıştır. Daha önce gördüğümüz gibi, Darwin ve Wallace'ın doğal seçilim kuramı bilim insanlarının çoğunluğunca 1859'dan 1940'lara kadar benimsenmemiştir. Kıtasal sürüklenme fikri daha önceleri de öne sürülmüş olmasına rağmen, ilk olarak Wegener tarafından 1912'de geliştirilmiştir. Jeofizikçilerin hemen hepsi, ne tüm anakaraları harita üzerinde hareket ettirebilecek bir gücün olduğunu ne de bu kuramın okyanus tabanının jeolojisini açıklayabileceğini iddia ederek bu kurama karşı çıkmışlardır. Sürüklenme fikrini desteklemek üzere değinilen bazı biyocoğrafi örnekler (Pleistosen'e ait yayılış modelleri) kötü birer seçimdiler ve kolayca çürütüldüler. Ancak, neticede kıtasal sürüklenmeye ilişkin kanıtlar, özellikle paleontologlarm araştırmaları sonucunda arttı ve böylece 1960'ların başlarında deniz tabanının yayılışı ve bununla ilişkili manyetik olgular bulunduğunda, kıtasal sürüklenme fikri birkaç yıl içinde kabul edildi.[16]

Kabul edilmesinden çok daha önce önerilmiş bir başka kuram coğrafi türleşmedir (türlerin çoğalması). Darwin, Galápagos'ta bulduğu kanıtlara dayanarak, başlangıçta (1840'larda), ödünsüz

bir şekilde coğrafi türleşmeyi savundu. Ancak, daha sonra (1850'lerde) simpatrik türleşmeyi de kabul etti ve sonunda bu türleşme şeklinin daha sık rastlanan ve daha önemli bir süreç olduğunu düşündü.[17] Moritz Wagner'in türleşmenin genellikle coğrafi olduğuna ilişkin görüşü (1864, 1889), 1942'ye kadar bir azınlık görüşü olarak kaldı.[18] 1859'dan sonraki seksen yıl içinde kuşların, memelilerin, kelebeklerin ve salyangozların alttürleri, başlangıç türleri ve yakın akraba türlerinin yayılış haritalarının çıkarılması, coğrafi türleşmenin eşeysel olarak çoğalan organizmalarda temel ve belki de neredeyse tek türleşme biçimi olduğu, hemen hemen evrensel olarak kabul edildi. O zamandan beri, simpatrik ve coğrafi olmayan diğer türleşme biçimlerini destekleyen çok sayıda yeni fikir ileri sürüldü; öyle ki, bu diğer türleşme biçimlerinin gerçekleşip gerçekleşmediği ve gerçekleştiyse bunun ne derece söz konusu olduğu sorusu hâlâ tartışılmaktadır. Belli görüşler bu tartışmayla açıkça ilişkilendirilmekte, bazı yazarlar bu probleme popülasyan coğrafyası açısından yaklaşırken, diğerleri kendi yargılarını yerel ekolojiye dayandırmaktadır.

Bazı kuramların kabul edilmeden önce neredeyse bir yüzyıla yakın bir süre mücadele etmesi gerekirken, pek az yeni fikrin hemen başarılı olmasının çok sayıda nedeni vardır; bunlardan altı tanesini sıralayacağım.[19]

Fikir birliğine ulaşmanın uzun zaman almasının nedenlerinden biri, farklı kanıt kümelerinin farklı sonuçlara yol açmasıdır. Örneğin, coğrafi türleşme üzerine çalışan bir uzman sürekli, türleşme sürecinin aşamalı niteliğinin etkisi altındadır ve bunun aşamalı evrim için güçlü bir kanıt olduğunu düşünür. Buna karşılık birçok paleontolog da türlerin yanı sıra daha üst taksonlara ait fosil kayıtları arasındaki boşlukların evrensel olarak yaygınlığından aynı şekilde etkilenerek, bunun sıçramalı evrim için aynı ölçüde ikna edici bir kanıt olduğunu düşünür. Sonuçta ortaya çıkan güçlük, kesintili fosil kayıtlarının aşamalı türleşme süreciyle nasıl bağdaştırılacağını göstermektir. Bu konu Mayr, Eldredge ve Gould ile Stanley tarafından çalışılmıştır.[20]

Fikir birliğine ulaşmanın zor olmasının ikinci nedeni, karşıt fikirlere sahip bilim insanlarının farklı ideolojilere bağlı olmaları, bunun belli kuramları bir grup için kabul edilebilir kılarken, diğer bir grup için kabul edilemez kılmasıdır. Örneğin, doğal seçilim kuramı, 1859'da (ve sonraki yıllarda) yaratılışçılar, doğal dinbilimciler, teleologlar ve belirlenimci fizikselciler için kabul edilemez nitelikteydi. İdeolojilerin ("derin paradigmalar") değişmesi, hatalı kuramların değişmesinden çok daha büyük dirençle karşılaşır. Dirimselcilik, özcülük, yaratılışçılık, teleoloji ve doğal dinbilim gibi görüş açıları bunlara sahip olanların dünya görüşlerinin en temel parçasıydı ve bu görüşlerden kolayca vazgeçmek mümkün değildi. Dolayısıyla, karşıt kavramların yayılışı, yeni taraftarların sağlam dünya görüşüne sahip olmaması nedeniyle çok yavaş gerçekleşmektedir.

Üçüncü neden, belirli bir zamanda aynı olgular üzerine getirilen çeşitli açıklamaların, aynı derecede başarılı görünebilmesidir. Güneşin konumu, manyetizma, koku alma duyusu ve diğer bazı etmenlere dayandırılan kuşlardaki uzak mesafeden yön bulma özelliği buna bir örnektir.

Bazı durumlarda gerçekten de olası cevaplarda çoğulculuk söz konusudur. Örneğin, türleşmeye çiftleşme öncesi ya da çiftleşme sonrası yalıtım mekanizmalarının kazanılmasıyla ulaşılabilmesi gibi, kurucu veya relikt* popülasyonlarda oldukça hızlı bir coğrafi türleşme de gerçekleşebilir, ya da tür statüsü kromozoma ait yeniden düzenlemeyle kazanılabilir.

Bazı durumlarda bir biyoloğun yakın nedenselliklerle diğerinin ise evrimsel nedenselliklerle ilgilenmesinden ötürü fikir birliğine ulaşılamaz. T. H. Morgan'a göre eşeysel dimorfizm** cinsiyet kromozomları ve hormonlarla (yakın nedensellikler), evrimcilere göre ise üreme başarısının seçilmesi ile (evrimsel nedensellikler) açıklanır.

* Çok eski devirlere ait olup, bugüne kadar varlığını devam ettirebilmiş bir bitki, bir cins, bir tür için kullanılan sıfat, kalıt. (ç.n.)
** Çift cinsiyete sahip olma. (ç.n.)

Yeni fikirlerin kabul edilmesini engelleyen bazı etmenler tam olarak bilimsel nedenlere dayanmamaktadır. Bir yazarın sevilmemesi ve hatta mevcut kuramsal yapıya aykırı görüşleri nedeniyle suçlanması ya da sonradan çürütülmüş bir kurama sahip bir diğerinin güçlü bir kliğe üye olmasından ötürü beklenmeyen bir başarıya ulaşması mümkündür. Söz konusu bilim insanlarının farklı ekollere ya da farklı açıklama modellerinin gelenekselleştiği ülkelerden olmaları durumunda, fikir birliğine ulaşmak çok daha zor olabilir. Bu gibi durumlarda yukarıda listelenen beş nedenden birinin muhtemelen temel etkisi olmuştur, ancak gelenek bir kez yerleşince, tüm karşıt kanıtların varlığına rağmen inatla korunur. Diğer ülkelerde doğal seçilim zafer kazanmış olduğu halde, çok sayıda Fransız yazarın Lamarckçı evrim yorumunu kalıcı bir biçimde yeğlemiş olmaları buna iyi bir örnektir. Bir ülkenin bilim ortamı, genellikle ulusun içinden çıkan ya da en azından o ülkenin dilinde yayın yapan yazarların çalışmalarını yabancı yazarların eserlerinden daha çabuk kabullenir. Rusça, Japonca ve hatta İngilizce dışındaki Batı Avrupa dillerinde yayınlanan önemli çalışmalar tümüyle yadsınmasalar bile, geniş ölçüde ihmal edilme olasılığıyla karşı karşıyadırlar. Bu şekilde ihmal edilmiş yayınların içerdiği fikirler daha sonra benimsenmiş olsa bile bunun nedeni genellikle bir başkasının onları yeniden bulmuş olmaları ve daha önceki yayının önceliğinin unutulmasıdır.

Bilimin Sınırları

DuBois-Reymond 1872'de yazdığı ünlü denemesi *Ignoramus, ignorabimus*'ta ("Bilmiyoruz, asla bilmeyeceğiz"), bilimin hiçbir zaman çözemeyeceğine emin olduğu bir dizi bilimsel problemi listeledi. Ancak 1887'de bunların bir kısmının çoktan çözümlenmiş olduğunu itiraf etmek zorunda kaldı. Gerçekten de onu eleştirenlerin bir kısmı, DuBois-Reymond'un saydığı problemlerin *tümünün* ilkesel olarak çözülmüş veya çözüme yakın olduğunu iddia etmiştir.

Bilimin bütün problemlerimize çözüm getirebileceğini söyleyen abartılı cümlelerle sık sık karşılaşırız. Her iyi bilim insanı bunun doğru olmadığını bilir.[21] Bilimin önündeki sınırlardan bazıları uygulamayla bazıları ise ilkelerle ilgilidir. İnsan deneklerle yapılan belli deneylerin ilkesel olarak aykırı nitelikte olduğu konusunda genel bir fikir birliği vardır. Bunlar ahlaki değerlerimizi ve belki de ahlak yetimizi bozmaktadır. Diğer taraftan belli "büyük fizik" deneyleri desteklenemeyecek kadar masraflıdır. Burada, uygulamayla ilgili olsa da kesin bir engel söz konusudur.

Bilimin önünde uygulamayla ilgili önemli bir engel, son derece karmaşık bir sistemin işleyişini ayrıntılarıyla açıklama güçlüğüdür. Eminim ki zaman içinde, beynin ve bir ekosistemin gelişmesindeki mekanizmayı ilkesel olarak öğreneceğiz. Ancak, örneğin beyindeki bir milyardan fazla nöronu hesaba katınca, belli bir düşünce sürecinin tam bir ayrıntılı incelemesi daima karmaşık kalabilir.

Son derece karmaşık ve anlaşılmasının hâlâ çok zor olduğu genomun düzenleyici mekanizmaları için de uygulamayla ilgili aynı zorluklardan bahsedilebilir. Çok sayıda bulunan ve kodlama yapmayan farklı DNA tiplerinin işlevi (eğer varsa) nedir? Bazı organizmalarda bu DNA'lar kodlayıcı genlerin toplamından daha fazla miktarda bulunmaktadır. Bütün bu DNA'yı basitçe çeşitli moleküler süreçlerin istenmeyen yan-ürünü ("süprüntü") olarak değerlendirmek bir Darwinci için pek akla uygun bir çözüm değildir. Darwinci olmayan bazı öneriler yapılmış olmakla birlikte, bunlar ikna edici olmamıştır. Burada açıkça, tamamlanmamış bir bilim söz konusudur. Tahminimce, bu DNA'larm bir kısmı gerçekten moleküler bir sürecin seçilmemiş (ya da henüz karşı-seçilime maruz kalmamış) yan-ürünüdür, ancak diğer bileşenler genomun denetiminde görev alan karmaşık mekanizmanın bir parçasıdır.

"Ne?" ve "Nasıl?" sorularıyla ilgili problemlerin çoğu en azından ilkesel olarak bilimsel açıklamaya uygundur. "Niçin?"

sorularında ise durum farklıdır. Sonrakiyle ilgili olanlar ve özellikle de moleküllerin temel özellikleriyle ilişkili olanları cevaplanamaz niteliktedir. Altın niçin altın rengindedir? Niçin belirli dalgaboyundaki elektromanyetik dalgalar gözlerimizde kırmızı renge ait bir duyum oluşturur? Niçin yalnızca rodopsin molekülleri ışığı sinir uyarılarına çevirme yeteneğine sahiptir? Cisimler yer çekimine niçin tepki verir? Niçin atom çekirdeği temel partiküllerden oluşur?

Bunların bir kısmı belki de kimya, kuantum mekaniği ve moleküler biyoloji tarafından çözülebilir niteliktedir. Ancak özellikle değerlerle ilgili asla cevaplanamayan başka "temel sorular" bulunmaktadır. Genellikle bilim dünyasının dışındaki kişilerce sorulan cevaplanamaz nitelikteki sorular bu kapsamdadır. "Ben niçin varım?", "Dünyanın amacı nedir?" ve "Evrenin başlangıcından önce ne vardı?" Bilimin alanı dışında kalan problemlerle ilgili olarak, bunlara benzer sonsuz sayıda soru vardır. Sayıları sınırsız olan tüm bu sorular bilimin alanı dışındaki sorunlarla ilgilidir.

Ara sıra bilimin geleceği üzerine de soru sorulur. İnsanoğlunun bilgiye susamışlığı, mevcut bilgimizin eksikliği ve bilime dayanan teknolojinin büyük başarısını göz önünde tutunca, ben bilimin son iki yüz elli yılda olduğu gibi serpilip gelişmeye devam edeceği konusunda hiç kuşku duymuyorum. Vannevar Bush'un çok haklı olarak söylediği gibi, bilim aslında sonsuz bir sınırdır.

Yaşam Bilimleri Nasıl Bir Yapıya Sahiptir?

Bugünkü haliyle biyoloji, uğraştığı konular açısından olağanüstü çeşitlilik gösteren bir bilimdir. Bunun bir nedeni, biyolojinin virüs ve bakterilerden mantarlar, bitki ve hayvanlara kadar uzanan çok çeşitli organizmalarla ilgilenmesidir. Biyoloji bilimi aynı zamanda, organik makromolekül ve genlerden hücre, doku, organ ve tüm bir organizmaya, organizmalar arasındaki etkileşimlere, organizmaların familya, komünite, sosyete, popülasyon, tür ve biyota gibi çok sayıdaki hiyerarşik organizasyon düzeylerini de kapsayan bir ilgi alanına sahiptir. Her bir etkinlik ve organizasyon düzeyi kendi adını taşıyan bir uzmanlık alanıdır; hücrebilim, anatomi, genetik, sistematik, etoloji, ekoloji bunların sadece birkaçıdır. Ayrıca, biyolojinin çok geniş bir uygulama alanı vardır ve tıp, toplum sağlığı, tarım, ormancılık, bitki ve hayvan ıslahı, zararlılarla müca-

dele, balıkçılık, biyolojik oşinografi vd. gibi çok sayıda uygulamalı alanı ortaya çıkarmış ya da en azından buna katkıda bulunmuştur.

Modern bir bilim olarak başlangıcı on dokuzuncu yüzyılın ortaları gibi yakın bir geçmişe tarihlense de, daha önce belirtildiği gibi biyolojinin kökleri Eski Yunanlılar'a kadar uzanmaktadır. İki bin yıl önce ortaya çıkan iki farklı gelenek bugün hâlâ ayırt edilebilir: Hipokrates'le birlikte ondan önce ve sonra gelenlerin temsil ettiği tıp geleneği ve doğa tarihi geleneği. Eski-dünya'da Galenos'un (MS 130-200) çalışmalarıyla zirveye çıkan tıp geleneği, anatomi ve fizyolojinin gelişimine öncülük ederken, Aristoteles'in *Historia Animalium* (Hayvanların Tarihi) ve diğer biyoloji çalışmalarıyla sonuçlanan doğa tarihi geleneği sonunda sistematik, karşılaştırmalı biyoloji, ekoloji ve evrimsel biyolojiyi doğurmuştur.

Tıbbın doğa tarihinden ayrılışı ortaçağ ve Rönesans boyunca sürdü. Bununla birlikte iki gelenek, botanikle birbirine bağlanıyordu; çünkü botanik, doğa tarihinin bir dalı olsa da iyileştirici özelliklere sahip olduğuna inanılan bitkiler üzerine odaklanıyordu. Gerçekten de on altıncı yüzyıldan on sekizinci yüzyıl sonlarına kadar önde gelen botanikçiler -Cesalpino'dan Linnaeus'a kadar- John Ray hariç hekimdi. Zaman içinde, tıbbın daha açık şekilde biyolojiye ait olan bileşenleri anatomi ve fizyoloji, doğa tarihinin bileşenleri ise botanik ve zooloji olurken, paleontoloji jeolojiyle birleşti. Bu yaşam bilimleri sınıflandırması on sekizinci yüzyıl sonlarından büyük bir bölümüyle yirminci yüzyıla kadar hüküm sürdü.[1]

Bilimsel Devrim'in biyoloji üzerinde sadece küçük bir etkisi olmuştur. Biyoloji üzerindeki en güçlü etkiyi yaratan şey, on yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda dünyanın farklı yerlerindeki fauna ve floranın akıl almaz çeşitliliğinin keşfi oldu. Resmi deniz yolculukları ve Linnaeus'un bitki toplayan öğrencileri gibi, tek tek kâşiflerin getirdiği zengin ganimetler, doğa tarihi koleksiyonlarının ve müzelerin kurulmasını sağladı ve sistematiğe yö-

nelik ilgiyi artırdı (bkz. VII. Bölüm). Gerçekten de Linnaeus dönemindeki biyoloji, tıp okullarında öğretilen anatomi ve fizyoloji dışında neredeyse tümüyle sistematiği kapsıyordu.

Bu dönemde yaşam bilimlerindeki çalışmaların neredeyse tamamı betimleyiciydi. Ancak biyolojinin o dönemde kavramsal açıdan kısır olduğunu düşünmek hata olur. Buffon'un doğa tarihi, Bichat ve Magendie'nin fizyolojisi, Goethe'nin idealist morfolojisi, Blumenbach ve onu izleyen Cuvier, Oken ve Owen'ın çalışmaları ve Doğa felsefesinin kestirimleri aracılığıyla, daha sonraki büyük kavramsal atılımların çoğunun temelleri hazırlanmış oldu. Ancak, canlılar dünyasındaki muazzam çeşitlilik ve biriciklik göz önünde bulundurulduğunda, fiziki bilimlere oranla biyolojide çok daha kapsamlı bir olgusal zemine gereksinim vardı. Bu zemin sadece sistematik değil, karşılaştırmalı anatomi, paleontoloji, biyocoğrafya ve bunlarla ilgili diğer bilimlerle oluşturuldu.

Biyoloji terimi, 1800 yılı gibi eski bir tarihte Lamarck, Treviranus ve Burdach tarafından literatüre sokuldu.[2] Aslına bakılırsa başlangıçta bu ismi hak eden bir araştırma alanı yoktu. Ancak terim, bir eğilim ya da amacı gösteriyor ve salt betimleyici, taksonomik bir uğraştan uzaklaşarak, canlı organizmalara yönelik çok daha büyük bir ilgiye işaret ediyordu. Treviranus (1802:4) şu tanımı öneriyordu: "Araştırmalarımızın konusu yaşamın çeşitli biçimleri ve belirtileri, bunların varlığını kontrol eden koşullar ve yasalar ile bunu etkileyen nedenler olacaktır. Bu konularla ilgilenen bilime biyoloji veya yaşam bilimi adını vereceğiz."

Bugün bildiğimiz gibi biyoloji biliminin doğuşu 1828 ile 1866 yılları arasında gerçekleşti ve von Baer (embriyoloji), Schwann ve Schleiden (hücre kuramı), Müller, Liebig, Helmholtz, Du-Bois-Reymond, Bernard (fizyoloji), Wallace ve Darwin (filogeni, biyocoğrafya, evrim kuramı) ve Mendel (genetik) adları buna öncülük etti. Bu dönemin heyecanı 1859'da *Türlerin Kökeni*'nin yayımlanmasıyla doruğa ulaştı. Söz konusu otuz sekiz

yıllık süre içinde sağlanan gelişmeler, bugünkü biyolojide bulunan altdisiplinlerin birçoğuna öncülük etmiştir.

Biyolojide Karşılaştırmalı ve Deneysel Yöntemler

Yunan *kozmosundan* modern çağlara, felsefeciler ve bilim insanları doğanın temelinde yatan düzeni araştırırken, iki önemli yaklaşım kullanmışlardır. İlk yaklaşım, gözlemledikleri düzenli tekrarları açıklamak üzere yasaların araştırılmasıydı. Diğeriyse "akrabalık"ların araştırılmasıydı. Bu arkabalıklardan başlangıçta anlaşılan şey, filogenetik akrabalık değil, sadece "ortak özelliklere sahip olmak"tı. İlişkileri kurmak ancak karşılaştırmayla mümkündü.

Karşılaştırmalı yöntem, en büyük başarısını Cuvier ve arkadaşlarının karşılaştırmalı morfolojiyi geliştiren çalışmalarıyla elde etti. Karşılaştırma başlangıçta salt deneysel bir girişimdi, ancak 1859'da Darwin'in öne sürdüğü ortak soy kuramının ardından, giderek daha güçlü bir bilimsel yöntem haline geldi. Bu yöntem çok başarılı oldu; öyle ki biyolojinin diğer disiplinlerine de uygulandı ve karşılaştırmalı fizyoloji, karşılaştırmalı embriyoloji, karşılaştırmalı psikoloji vd. bilim dallarının ortaya çıkışını sağladı. Modern makrotaksonomi hemen hemen tümüyle karşılaştırmaya dayanır.

Yeni aletlerin bulunuşu ve geliştirilmesi, yeni biyoloji bilimine büyük bir devinim kazandırmıştır. Johannes Müller ile öğrencilerinin ve Claude Bernard'ın icad ettikleri aletler fizyolojideki öncü gelişmelerde belirleyici oldu. Öte yandan, biyolojinin gelişiminde başka hiçbir araç sürekli geliştirilen mikroskop kadar büyük etki yaratmamıştır. İki yeni biyoloji disiplini olan embriyoloji ve hücrebilimin doğuşu bununla sağlanmıştır.[3]

Biyolojide 1870'ten sonra nedenleri o dönemde anlaşılamayan bir çatlak oluştu. Evrimsel nedensellikleri temel alan biyoloji (hemen hemen tümüyle filogeni üzerinde durmasıyla) karşılaştırma ve gözlemlerden çıkarılan sonuçlara (karşıt görüştekiler bunlara kestirim diyordu) dayanıyordu. Diğer taraftan,

yakın nedensellikleri temel alan biyoloji (öncelikle fizyoloji ve deneysel embriyoloji) deneysel yaklaşımlara önem veriyordu. Bu iki biyoloji ekolünün temsilcileri hangisinin doğru olduğu konusunu hararetle tartıştılar. Kuşkusuz bugün her iki soru kümesinin de cevaplandırılması gerektiği açıktır.

Hayvan ve bitki hücrelerinin yapı ve işlev bakımından birbirlerine benzediği ve benzerliğin bireysel özelliklerin kalıtım şekli için de geçerli olduğu keşfedildiğinde, botanik ve zooloji arasındaki eski ayrımın çok fazla anlamı kalmadı. Hayvanlar ve bitkiler âlemindeki moleküler süreçlerin çok büyük benzerlik, hatta özdeşlik taşıdığı ve mantarlarla prokaryotların her iki âlemden de bağımsız olduğunun anlaşılmasının ardından bu durum özellikle geçerlilik kazandı. Biyolojiye ait kavramları sınıflandırmada organizmaların tiplerini temel almayan yeni sistematik sınıflandırma ilkelerinin bulunması gerekliliği giderek daha açık hale geliyordu.

Hücre biyolojisi ve moleküler biyolojinin gelişmesiyle, bazı insanlar artık zooloji ve botaniğe hiç gerek kalmadığını ileri sürdü. Oysa taksonomi ve morfoloji gibi belirli alanlarda hayvan ve bitkiler üzerinde ayrı çalışmaların gerekliliği ortadan kalkmadı. Bunun gibi, hayvanlar ve bitkilerin gelişim ve fizyolojileri de tümüyle farklıdır ve davranış yalnız hayvanlarla ilgili bir konudur. Moleküler biyolojideki ilerlemeler ne kadar göz kamaştırıcı olursa olsun, bütün olarak organizma üzerinde çalışan bir biyolojiye duyulan önemli gereksinim, her ne kadar bu biyoloji geleneksel biyolojiden çok farklı bir biçimde organize olmak zorundaysa da sürmektedir.

Ancak bu istisnalar bir yana bırakılırsa biyolojinin tüm problemleri hayvanlar ve bitkilerle eşit derecede ilgilidir. Bir dizi yeni biyoloji disiplininin başlangıcıyla ilgili özellikle ilgi çekici nokta, hem hayvanlar hem bitkiler üzerine çalışanların eşdeğer katkılarda bulunmalarıydı. Botanikçi Brown hücre çekirdeğini keşfetti, botanikçi Schleiden zoolog Schwann ile birlikte, zooloji ve tıp kökenli Virchow tarafından daha ileriye götürülecek

hücre kuramını öne sürdü. Benzer şekilde döllenme problemi botanikçiler ve zoologlar tarafından yapılan bir dizi buluşla çözüldü ve bu, hücrebilim ve daha sonra genetik için de söz konusu olmuştur.

Biyoloji başlığı altında bir araya getirilen ve çok geniş bir sahaya yayılan olgularla baş edebilmek için biyolojiye ait tüm disiplinleri akılcı bir biçimde sınıflandırma amaçlı çok sayıda girişim olduysa da bugüne kadar bunların hiçbiri tümüyle başarılı olamamıştır. Zaman içinde önerilmiş biyoloji sınıflandırmaları arasında hiçbiri biyolojiyi üç dala ayıran (betimleyici, işlevsel ve deneysel) sınıflandırma kadar yanıltıcı olmamıştır. Bu sınıflandırma ile tüm biyoloji alanları (büyük ölçüde evrimsel biyoloji gibi) açıkça dışlanmakla kalmamış, aynı zamanda betimlemenin tüm biyoloji alanları için bir zorunluluk, deneyin ise özellikle işlevsel biyolojideki incelemeler için temel araç olduğu reddedilmiştir. Bunlara ek olarak, deney yapmak veri toplama aracı olarak değil, daha çok tahminleri sınama aracı olarak büyük önem taşımaktadır.

Driesch, Alman üniversitelerindeki kürsülerin artık sadece deneysel biyolojiye verilmesinin, buna karşılık taksonomiye bir tane bile kürsü verilmemesinin ne büyük bir şans olduğunu söylediğinde, biyolojinin yapısını ne kadar az anlamış olduğunu göstermiş oluyordu. Böylece evrimsel biyoloji, etoloji ve ekolojiyi taksonomiyle aynı kefeye koyuyor ve organizmayla ilgili tüm biyoloji alanlarını deneysel olmalarından ötürü betimleyici bilimler olarak değerlendiriyordu. Gillispie'nin taksonominin tarihçileri ilgilendirmediğini düşünmesi de farklı biyoloji disiplinlerinin yanlış kavranışına başka bir örnektir.

Biyolojiyi Yapılandırmaya Yönelik Yeni Girişimler

Biyoloji Konseyi 1955'de biyolojinin kavramlarını incelemek ve biyoloji bilimindeki yapının en iyi nasıl temsil edileceğini ele almak üzere özel bir sempozyum düzenledi.[4] Biyolojiyi disiplinlere bölmek için farklı yazarların önerdiği ölçütler aşırı derece-

de farklılık gösterir. Bunlardan en çok tercih edileni Mainx'in morfoloji, fizyoloji, embriyolojiyle birlikte morfolojik etmenler temel alınarak, çoğunlukla hiyerarşik şekilde hücrebilim, dokubilim, tüm organ fizyolojisi vd. alt dallara bölünen birkaç diğer standart konuyu dikkate alan sınıflandırmasıdır. P. Weiss'ın önerdiği ve geniş ölçüde kabul gören bir diğer sınıflandırma az çok hiyerarşik bir yaklaşımı temel alır: Moleküler biyoloji, hücre biyolojisi, genetik biyolojisi, gelişim biyolojisi, düzenleyici biyoloji, grup ve çevre biyolojisi.[5] Ulusal Bilim Vakfı'nın düzenlediği panellerin birçoğu bu sınıflandırmaya göre adlandırılmıştır. Bir deneyselci olan Weiss'ın bütün olarak organizmaların altındaki eşit ağırlıklı hiyerarşik düzeyleri beş kategoriye ayırırken organizmik biyolojinin tüm konularını (sistematik, evrimsel biyoloji, çevre biyolojisi ve davranış biyolojisi) "grup ve çevre biyolojisi" şeklinde tek kategori altında toplaması ilginçtir (ve sürpriz sayılmaz).

Genel olarak bir yazarın önerdiği sınıflandırma ölçütleri büyük ölçüde eğitim gördüğü alanın etkisi altındadır. Eğer fiziki bilimlerden geliniyorsa ya da bunlardan çok fazla etkilenilmişse, deneye, indirgemeye ve bölünmeyen bileşenlere önem verilmesi ve işlevsel süreçler üzerinde yoğunlaşılması beklenebilir.[6] Buna karşılık doğacı olarak yetişen biyologlar çeşitlilik, biriciklik, popülasyonlar ve sistemlere önem vermeye, gözlemlerden ve evrimsel olgulardan sonuçlar çıkarmaya eğilimlidirler.

Ulusal Akademi'nin Yaşam Bilimleri Komitesi 1970'te, sondaki üç tanesi uygulamalı alanlardan oluşan on iki kategori tanımlamıştır: (1) Moleküler biyoloji ve biyokimya, (2) genetik, (3) hücre biyolojisi, (4) fizyoloji, (5) gelişim biyolojisi, (6) morfoloji, (7) evrim ve sistematik biyoloji, (8) ekoloji, (9) davranış biyolojisi, (10) beslenme, (11) hastalık mekanizmaları ve (12) farmakoloji.[7] Başka bazı sistemlere oranla daha gelişmiş olmakla birlikte bu sistemde de, örneğin sistematikle evrimsel biyolojiyi tek bir disiplin gibi ele alması gibi sorunlar vardır.

Bilimsel araştırmalarda sorulan soru tiplerinin, biyoloji disiplinlerinin daha mantıklı bir biçimde sınıflandırılmasına yardımcı olabileceği nihayet fark edilmiştir. Üç büyük soru şunlardır: "Ne?", "Nasıl?" ve "Niçin?".

"Ne?" soruları

Hiç kimse önce sağlam bir olgusal temel oluşturmadan, yani kuramların dayandırılacağı gözlem ve bulguları kaydetmeden bilim yapamaz. O halde betimleme her çeşit bilimsel disiplinin çok önemli bir yönüdür.

Bilimsel bir disiplin adının önüne "betimleyici" sözcüğünün iliştirilmesi her zaman küçük düşürücü imalar içermiştir. Fizyologlar morfologların çalışmalarından betimleyici olarak söz etme eğiliminde olmuşlardır. Oysa birçok fizyoloğun çalışması kelimenin tam anlamıyla en az morfologlarınki kadar betimleyiciydi. Bazı moleküler biyologlar ise kendi alanlarında yayınlanan birçok çalışmanın olguların kaydedilmesinden (betimlenmesinden) başka bir şey olmadığını mahcubiyet içinde itiraf etmiştir. Moleküler biyoloji yeni bir alan olarak, diğer tüm bilim dalları gibi bu betimleyici evreden geçmeye gereksinim duyduğu için böyle bir mahcubiyete gerek yoktur.

Betimleyici biyoloji şeklinde ayrı bir disiplin tanımlamak yanıltıcı olacaktır. Betimleme biyolojinin her dalında atılacak ilk adımdır. Türlerin ve daha üst taksonların saptanması olan taksonomi, moleküler biyoloji, hücre biyolojisi ya da dolayısıyla genom projesinden daha fazla betimleyici değildir. Betimleme biyolojide her tür açıklayıcı ya da yorumlayıcı araştırmanın vazgeçilmez temeli olduğu için, asla yerilmemelidir.[8]

Oldukça şaşırtıcı olan şey, Rensch, Mayr, Simpson ve Hennig'den önceki taksonomistlerin bizzat kendilerinin bu disiplinin değerini yeterince takdir etmemiş olmalarıdır. Ünlü bir karınca taksonomisti olan W. M. Wheeler (1929:192) "Biyoloji Kuramındaki Mevcut Eğilimler" olarak bilinen bir tartışmada, taksonomi "sırf tanı ve sınıflandırmadan oluşan, kuramı olma-

yan bir biyoloji bilimidir" demişti. Bu düşüncenin ne kadar yanlış olduğu, örneğin Hennig, Simpson, Ghiselin, Mayr, Bock, Ashlock ve Hull'un yayınlarıyla açık bir şekilde ortaya konulmuştur.[9]

Tüm bilimler hem olgular hem de süreçleri ele alır, ancak bazı bilimlerde olgular üzerine çalışmalar daha fazla önem taşırken, kiminde süreçlere ilişkin çalışmalar öne çıkar. Yaşam mekanizmalarını açıklamaya çalışan fizyologlar neredeyse tümüyle süreçlerle ilgilenirler. Bununla birlikte, evrimsel biyologlar da süreçlerle ilgilenirler. Bunlar, evrimsel değişimlere, özellikle de yeni uyum ve yeni taksonlara yol açan süreçlerdir. Ancak doğacıların en temel ilgi alanlarından biri her zaman yaşamdaki çeşitliliği araştırmak olmuştur. Organik çeşitliliğin araştırılması özellikle taksonomi ve ekoloji olmak üzere birçok biyoloji disiplininin özel ilgi alanıdır. Söz konusu araştırma karmaşık sistemlerin etkileşimlerini içerir ve örneğin, laboratuvarda çalışılan basit fizyolojik süreçlerin incelenmesinden oldukça farklı bir strateji gerektirir.

Çeşitlilik üzerine çalışmalar her zaman ilk adımda dikkatli ve kapsamlı bir betimleme gerektirir. Bu, özellikle taksonomi (paleontoloji ve parazitoloji dahil), biyocoğrafya, tür ekolojisi ve karşılaştırmalı biyolojinin (karşılaştırmalı biyokimya dahil) bütün dalları için geçerlidir. Bu betimleyici zemin, evrimsel biyolojideki çeşitli alt disiplinleri tanımlayan genellemelere götüren karşılaştırmalara olanak verir. Bilim insanları betimlemenin ötesinde bir şey yapmadıklarında, yapılan eleştiriler haklıdır. Bilimin en önemli sonuçları ham olgusal verilerden yola çıkarılan genelleme ve kuramlardır.

Çok az bilim dalında veri toplama evresi tamamlanmıştır. Sadece bir bütün olarak bilim değil, bilimin birçok alt dalının sınırları da sonsuzdur. Ne zaman yeni bir veri toplama yöntemi bulunsa, karşımızda tümüyle yeni ufuklar açılır. Buna birkaç örnek vermek gerekirse, hücrebilimde elektron mikroskobunun kullanılmaya başlaması, sığ su araştırmalarında kullanılan dal-

gıç takımı ya da tropik ormanların yeşil kubbesindeki faunanın toplanması için geliştirilen yeni yöntemler sayılabilir. Omurgasızlar zoolojisi, okyanus tabanındaki meyofauna ile pelâjik* ve bentik** derin deniz faunası ve okyanus derinliklerindeki volkanik sıcak bacalarla ilişkili organizmaları toplamayı olanaklı kılan teknolojilerin geliştirilmesiyle büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

Yüksek bitkiler ya da yüksek hayvanlar grubunda olmayan tüm organizmaların ne denli ihmal edildiğini görünce, biyoloji tarihini inceleyen bir biyoloğun canı sıkılır. Örneğin, hayvan olduğu kesin olmayan her şeyin, geleneksel olarak botaniğin alanına girdiği düşünülüyordu. Biyologlar mantarların bitkilerden ne kadar farklı olduğunu (aslında hayvanlara daha yakındırlar) çok yakın bir zamanda anladılar ve prokaryotlarm (bakteriler ve yakın akrabaları) ökaryotlardan (protista, mantar, bitki ve hayvanlar) nasıl da çarpıcı farklılıklar taşıdığı ise çok daha yakın bir zamanda anlaşılmıştır. Prokaryota, artık ayrı bir süper âlem olarak görülmektedir ve biyolojide betimleyici düzeyde bile sonsuz sınırlar olduğunu gösteren harika bir örnek sunar.

"Nasıl?" ve "niçin?" soruları

Sadece "Ne?" sorularına verilen cevaplar, biyolojinin alt dallarının nasıl sınıflandırılacağı sorununa tatminkâr bir çözüm üretememiştir. Bu nedenle şimdi "Nasıl?" ve "Niçin?" sorularına dönmek zorundayız.[10] İşlevsel biyolojide araştırma, moleküler düzeyden tüm bir organın işleyişine kadar fizyolojinin her bir yönünde olduğu gibi "nasıl?" sorularıyla ilgilenir. Belirli bir molekül, işlevini nasıl gerçekleştirir? Bütün bir organ ne şekilde işler? Burada ve şimdiyle ilgili bu gibi sorulardan yakın nedenselliklerin araştırılması olarak söz edilegelmiştir. Moleküler

* Deniz veya göllerde zemine veya yüzeye bağlı olmaksızın suda asılı olarak kalan ya da aktif olarak hareket edebilen canlı. (ç.n.)

** Su zemininde veya zemin üzerinde yaşayan canlı topluluğuna ait. Bentik bölge, deniz ekosistemlerinde sahilden başlar ve en derin çukurlara kadar tüm deniz dibini kapsar. (ç.n.)

düzeyden bütün bir organizmaya kadar bu alan temelde süreçlerin incelenmesiyle ilgilenir.

"Nasıl?" sorusu fiziki bilimlerde en çok sorulan soruların başındadır ve temel doğa yasalarının keşfine rehberlik etmiştir. "Nasıl" sorusu 1800'lerin başlarında, fizikselci düşüncenin dönemin başlıca biyoloji disiplinleri olan fizyoloji ve embriyoloji üzerindeki egemenliğinden ötürü biyolojide de başat soruydu. Bu iki disiplin neredeye tümüyle, yakın nedenselliklerin araştırılması üzerinde duruyordu. Şüphesiz "Niçin?" soruları da soruluyordu, ancak o dönemde Hıristiyanlığın Batı dünyasında hâkim ideoloji oluşu nedeniyle bu tür sorulara kaçınılmaz olarak yüzeysel cevaplar veriliyordu: Yaratıcı Tanrı (yaratılışçılık), Yasa Yapıcı Tanrı (fizikselcilik) ve Tasarlayıcı Tanrı (doğal dinbilim).

"Niçin?" soruları, şimdi yaşayan veya geçmişte var olmuş canlıların tüm yönlerinden sorumlu olan tarihsel ve evrimsel etmenlerle ilgilidir. Arıkuşları niçin sadece Yenidünya'da bulunur? Çölde yaşayan hayvanlar niçin genellikle zeminle uyumlu renge sahiptirler? Böcek yiyen ılıman kuşak kuşları sonbaharda niçin astropikal ya da tropikal bölgelere göç ederler? Genellikle uyum veya organik çeşitlilikle ilgili bu gibi sorulardan geleneksel olarak nihai nedenselliklerin araştırılması olarak söz edilir. "Niçin?" soruları, evrim açıklamasının önerilmesi ve özellikle Darwin'in 1859'da değişim için doğal seçilimle somut bir mekanizma önermesine kadar bilimsel vasfını kazanamadı.

"Niçin?" sorularına bilimsel meşruiyet kazandıran kişinin Darwin olduğunu ve Darwin'in bu soruları sorarak doğa tarihini tümüyle bir bilime dönüştürdüğünü fark eden çok az insan vardır. Herschel ve Rutherford gibi fizikselciler fiziğin metodolojik ilkelerine uymadığı için doğa tarihini bilimin dışında bırakmışlardır. Tarihsel olarak kazanılmış bir genetik programa sahip olmayan cansız nesnelerin doğası "Niçin?" sorularıyla aydınlatılamaz. Darwin'in yaptığı şey, bilimin araçlarına en önemli yeni metodolojiyi eklemek olmuştur.

Yakın ve nihai nedenselliklerin terminolojisi belki de "nihai" sözcüğünün Tanrı'nın eli olarak anıldığı doğal dinbilimin parlak günlerine kadar inen uzun bir geçmişe sahiptir. Herbert Spencer'in nihai ve yakın nedenlere değindiğinden söz edilir, ancak bununla ilgili bulabildiğim en eski kaynak G. J. Romanes'in (1897:98) 1880'de Darwin'e yazdığı bir mektuptu. Romanes mektubunda şunları yazıyordu: "Moleküler hareketleri ... kalıtımın tam bir açıklaması olarak önermek, bana, söz gelişi diyabet gibi belirsiz bir hastalığa neden olan şeyin gücün kalıcılığı olduğunu söylemek gibi geliyor. Nihai nedenin bu olduğunda şüphe yoktur, ama, eğer yaptığı bilim bir değer taşıyacaksa, patoloğun daha yakın bir nedene gereksinimi vardır."

Bu açıklamadaki belirsizliğe bakılırsa, kavramların daha iyi tanımlanmış bir kullanımının John Baker (1938:162) tarafından literatüre sunulana kadar bir kırk yıl daha geçmesinin gerekmiş olması sürpriz sayılmamalıdır. Onun bu terimleri kullanımını tam olarak aktarmak yerinde olacaktır: "Hayvanlar belli uyarılara tepki verme yeteneğini üreme yoluyla geliştirmiştir. Soğuk ve ılıman iklimlerde, üremek üzere benimsenen mevsimin yavruların uygun iklim koşullarında yetişmesini olanaklı kıldığı açıktır ve bir anlamda bu koşulların, çiftleşme mevsiminin bu belirli zamanda olmasının nihai nedeni olduğu söylenebilir. Hiç kuşkusuz yavrular için uygun olan belirli çevre koşullarının, mutlaka tek yakın neden olduğunu ve ebeveynleri üremeye ittiğini varsaymak için bir neden yoktur. Dolayısıyla üreme mevsiminin nihai nedeni yavrular için bol miktarda yiyecek böcek bulunması, yakın nedeni ise gün uzunluğu olabilir."

David Lack (1953'te) bu terminolojiyi Baker'dan teslim aldı. Ben de (1961'de) bunu bu iki yazardan edindim (Darwin'den sonra nihai nedenselliğin, basitçe evrimsel nedensellik anlamına gelmesine rağmen). Kavram çok kısa sürede Orians (1962) ve bazı etologlar tarafından daha da geliştirildi. 1961'den önce bile keskin kavrayışlı biyologlar biyolojinin bu iki yönünün varlığını çok iyi anlamışlardı. Örneğin Weiss (1947:524) şöyle di-

yordu: "Bütün biyolojik sistemler iki yönlüdür. Bunlar evrimin ürünleri olduğu kadar nedensel mekanizmaların da ürünleridir ... Fizyoloji tekrarlanabilen ve denetlenebilen olayların tarafında olmak ve tarihsel evrimin tekil ve tekrarlanmayan nedenini başkalarına bırakmak isteyebilir." Bununla birlikte ne Weiss ne de bir başkası, ben 1961'de aradaki farkı somutlaştırana kadar bu fikirlerin üzerinde etraflıca durmuştur.

Yakın nedensellikler, işlevsel morfolojiden biyokimyaya kadar çeşitli disiplinlerde yapılan araştırmalarda görüldüğü gibi, bir organizmanın işlevi, kısımları ve aynı zamanda gelişimiyle ilgilidir. Genetik ve somatik programların deşifre edilmesi yakın nedensellikleri ilgilendirir. Diğer taraftan, evrimsel (tarihsel ya da nihai) nedenler ise bir organizmanın, evrimin ürünü olarak, niçin sahip olduğu şekliyle var olduğunu açıklamaya çalışır. Bunlar, genetik programların kökeni ve geçmişini açıklar. Evrimsel nedenler çoğunlukla "Niçin?" sorularına cevap teşkil ederken, yakın nedenler çoğunlukla "Nasıl?" sorusuna cevap oluşturur.

Ne yazık ki son yüz otuz yılda biyoloji tarihindeki çabaların çoğu, biyolojik olguları sadece bu iki nedensellikten biri ya da diğeri yönüyle açıklamaya sarf edilmiştir. Deneyselciler gelişimin sadece gelişen embriyo içindeki fizyolojik süreçlere bağlı olduğunu söylerken, evrimsel biyologlar balık yumurtasından daima bir balık, kurbağa yumurtasından ise daima kurbağa oluşacağını vurgulayarak, evrimsel yönleri dikkate alınmadığı sürece rekapitülasyon gibi bazı olguların hiçbir anlam ifade etmeyeceğini söylüyorlardı. Kalıtım ve davranış konusunda tabiat ve terbiye ekolleri arasındaki tartışma ya da gelişimsel mekanikçilerin (Entwicklungmechaniker) Haeckelci karşılaştırmalı emriyologlara isyan etmeleri gibi, biyolojinin geçmişindeki çoğu büyük anlaşmazlık bu tek yanlılığın sonucuydu.[11]

Yakın ve nihai nedenselliklerle ilgili ardı arkası kesilmeyen kafa karıştırıcı sorular, sözümona yapısalcılarla idealist morfologların eserlerinde özellikle belirgindir. Temel açıklamaları se-

çilim-karşıtı ve daha çok teleolojiktir; mantık, düzen (sıra) ve akılcılığı biyolojinin alanında görürler.[12] Rastlantının açıklayıcı bir ilke olduğu reddedilir ve daima, eşzamanlı bir süreçten çok seçici ve yönsel süreçlerin alternatifi olarak kabul edilir. Biyolojik olguların "tarihsel" (evrimsel) bileşeninin göz önünde bulundurulması, mümkün olsa tümden kaçınılacak bir şeydir.[13] Tamamıyla fizikokimyasal olanlar hariç, çoğu biyolojik açıklamada her iki nedenselliğin de kullanılması gerektiği yapısalcılar tarafından göz ardı edilmektedir.

Biyolojik sorgulamanın birbirinden çok farklı bu iki soruna ayrılabileceğinin kabul edilmesi, biyolojideki birçok kavramsal anlaşmazlığın çözümlenmesine yardım etmiş, metodolojik açıklığı (hangi yöntemin ne zaman kullanılacağını) ve biyolojideki çeşitli disiplinlerin sınırlarının daha net bir şekilde belirlenmesini kolaylaştırmıştır. Bu kabul ayrıca, dikkatleri nihai nedenselliklerin tarihsel yönüne ve yakın nedenselliklerde işe karışan fizyolojik mekanizmalara yöneltmiş ve bütün biyologların, seçtikleri çalışma alanlarına bağlı olarak, ya nihai ya da yakın nedenselliker üzerine çalıştıklarını göstermiştir. Evet, her zaman üzerinde durduğum gibi, hem yakın hem nihai nedenselikler aydınlatılmadıkça hiçbir biyolojik olgu tam olarak açıklanamaz. Her ne kadar biyoloji disiplinlerinin çoğu bu soru kümelerinden biri veya diğeri üzerine yoğunlaşsa da bu disiplinlerin her biri diğer nedensellik tipini de az veya çok dikkate almak zorundadır.

Bu durumu moleküler biyoloji örneğinde açıklamaya çalışalım. Belirli bir molekül bir organizmada işlevsel bir role sahiptir. Bu rolü nasıl yerine getirdiği, diğer moleküllerle nasıl etkileştiği, hücrenin enerji dengesinde nasıl bir rol aldığı gibi soruların cevabı yakın nedenselliklerin araştırılmasıyla bulunur. Ancak hücrenin niçin bu molekülü içerdiğini, bu molekülün diğer organizmalardaki kökendeş (homolog) moleküllerden nasıl ve niçin farklı olduğunu ve bunlara benzer soruları sorduğumuzda, nihai nedenselliklerle ilgileniyoruz demektir. Her iki nedensellik üzerine çalışılması aynı ölçü de geçerli ve vazgeçilmezdir.

Bu iki nedensellik tipi arasındaki yakın bağlantıyı gösteren bir başka alan hayvan davranışı çalışmalarıdır. Belirli bir organizma tipinin niçin kendine özgü davranışları sergilediği evrimin sonucudur. Oysa belirli bir davranışın nörofizyolojisini açıklamak için nörofizyolojik çalışmalarla yakın nedenselliklerin araştırılması gerekir.

Yakın nedenselliklerin fenotip, yani morfoloji ve davranış üzerinde etkisi vardır; nihai nedensellikler ise genotipi ve onun tarihini açıklamaya yardım eder. Yakın nedensellikler büyük ölçüde mekanik, nihai nedensellikler ise olasıcıdır. Yakın nedensellikler şimdi ve burada, belirli bir anda, bireyin yaşam döngüsünün belirli bir aşamasında veya bireyin yaşam süresi boyunca ortaya çıkar; nihai nedensellikler ise çok uzun dönemlerde, özellikle bir türün evrimsel geçmişi boyunca etkindir. Yakın nedensellikler mevcut genetik veya somatik programların deşifre edilmesini içerir; nihai nedensellikler yeni genetik programların kökeni ve geçirdiği değişimlerden sorumludur. Yakın nedenselliklerin belirlenmesi genellikle deneyler aracılığıyla mümkün olur, nihai nedenselliklerin belirlenmesi ise tarihsel anlatılardan yapılan çıkarımlara dayanır.

"Nasıl?" ve "niçin?"e dayanan yeni bir sınıflandırma

Tam anlamıyla temel ilgi alanlarına dayanarak, yakın ya da nihai nedensellikler üzerinden düzenlenecek olsaydı, nasıl bir yaşam bilimleri sınıflandırmasına gidilirdi? Fizyolojinin tümü (organ fizyolojisi, hücre fizyolojisi, duyu fizyolojisi, nörofizyoloji, endokrinoloji ve diğerleri), moleküler biyolojinin büyük bölümü, işlevsel morfoloji, gelişim biyolojisi ve fizyolojik genetik yakın nedenselliklere en fazla uyan disiplinlerdir. Evrimsel biyoloji, aktarım genetiği, etoloji, sistematik, karşılaştırmalı morfoloji ve ekoloji ise evrimsel nedenselliklere en fazla uyan disiplinlerdir.

Kesin olmayan bu ayrım hemen, genetiği aktarım (ve popülasyon) genetiği ve fizyolojik genetik şeklinde ya da morfolojiyi

işlevsel ve karşılaştırmalı morfoloji şeklinde ayırma gereği gibi belirli zorlukları doğurur. Oysa bu disiplinler tek bir isim altında anılsalar da çok uzun zamandan beri kavramsal olarak zaten ayrılmış durumdadırlar. Örneğin işlevsel morfoloji üzerine çoğunlukla betimleyici morfologlar çalışmakta ve benzer şekilde, filogeni üzerinde çalışanlar büyük ölçüde moleküler yöntemleri kullanmaktadırlar. Ekolojinin yerini saptamak güçtür, çünkü ekoloji karmaşık sistemlerle ilgilenir ve dolayısıyla ekolojik problemlerin çoğu hem yakın hem de nihai nedensellikleri kapsar. Hücre kuramı on dokuzuncu yüzyılda Schwann, Schleiden ve Virchow tarafından geliştirildiğinde, açık şekilde morfolojinin bir dalıydı ve elektron mikroskobunun en parlak devrinde de aynı alan içerisindeydi, ancak modern hücre biyolojisi büyük ölçüde moleküler biyolojidir.

Biyolojideki Güç Kaymaları

Biyolojide devam eden yeniden yapılanma oldukça büyük gerilim, anlaşmazlık ve kopmalar olmaksızın gerçekleşmeyecekti. Ne zaman yeni bir alt disiplin başarı gösterse, gök kubbenin altında kendine bir yer edinmek için mücadele etmiştir ve yerleşik disiplinlerin mümkün olduğunca fazla ilgisini çekmeye ve bunlardan kaynak sağlamaya çalışmıştır. Yeni bir alanın gerçek bir tekel oluşturduğu bile görülmüştür. 1926'da Berlin'de doktora derecemi aldığımda, çok bilgili bazı zoologlar bana, akademik bir kariyer yapmak için zoolojiyi seçeceksem, gelişimsel mekaniğe geçmemi önerdiler. "Spemann'ın bütün boş kürsüleri doldurduğunu" söylüyorlardı. Geçmişte kendi yaptığı araştırmalarla etkileyici başarılar kazanmamış olmasına rağmen DuBois-Reymond, öğretmeni Johannes Müller'in "betimleyici zooloji"sine duyduğu küçümsemeyi hiçbir zaman gizlemedi. Herhangi bir dönemde hangi alan başat hale gelse rakip alanları sıkıştırıp mümkün olan en fazla sayıda pozisyonu ele geçirmeye çalışmıştır. Bu, en son moleküler biyolojinin ilk filizlenmeye başladığı zaman yaşandı. Biyokimyacı George Wald, sadece bir

tek biyolojinin olduğunu, bunun da moleküler biyoloji olduğunu yüksek sesle ilan etti; biyolojinin tümüyle moleküler olduğunu söylüyordu. Birleşik Devletler'deki pek çok üniversitede o dönemde, organizmik biyoloji dallarında çalışan biyologların tümü ya da birçoğu yerlerini moleküler biyologlara bırakmıştır.

Nobel Ödülleri, Ulusal Akademi seçimleri, devlet yönetimi ve endüstri alanlarındaki danışmanlık görevlerinde geleneksel olarak tercih edilen fiziki bilimlerle birlikte, fiziki bilimlerin malzeme ve düşüncesine en yakın biyoloji bölümleri her zaman idareciler tarafından kayırılmış, buna karşılık biyoçeşitlilik çalışmaları gibi diğer biyoloji alanları sürekli olarak dışlanmıştır. Evrimsel biyolojinin iki temel probleminden biri olan biyoçeşitliliğin kökeni, evrimsel sentezden önceki evrimsel genetik tarafından hemen hemen tümüyle yok sayılmıştır. Tıpla ilişkili biyoloji, anlaşılabilir nedenlerden ötürü, projelere fon sağlayan destekleyici kurumların her zaman favorisi olmuştur. Eşit ağırlıktaki projelerden Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından desteklenenler, Ulusal Bilim Vakfı tarafından desteklenenlerden genel olarak daha fazla maddi kaynak sağlamaktadır.

Bütün bu gelişmeler özellikle botaniği olumsuz etkilemiştir. Linnaeus'un döneminde botanik sevilen bilimdi (*scientia amabilis*) ve yirminci yüzyılın başlarına kadar birçok botanikçi önde gelen biyologlar arasındaydı. Bu durum özellikle hücrebilim ve ekoloji için söz konusuydu. Mendel'in bulgularını daha sonra yeniden keşfeden DeVries, Correns ve Tschermak da botanikçiydi. Ancak daha sonra bir dizi gerileme baş gösterdi. Mantarları araştıran mikoloji botanikten ayrılarak bağımsız bir bilim dalı haline getirildi; daha da önemlisi, prokaryot çalışmalarının botanikten ayrılmasıydı. Çoğu zoolog, 1910'larda hücrebilim, genetik, nörofizyoloji, davranış gibi alanlarda uzman hale gelmişti ve temel biyolojik olgularla ilgileniyor olmayı öne sürerek, zoolog yerine biyolog olarak adlandırılmayı istedi. Zooloji sözcüğü onlara, doğru ya da yanlış daima morfoloji veya taksonomiyi çağrıştırır görünüyordu. "Biyolojik" sözcüğü, gi-

derek artan bir sıklıkla, botanik ve zooloji birliğini vurgulayan, daha kapsamlı bir anlamda kullanılmaya başladı. Örneğin 1931'de Harvard'daki Biyoloji Bölümü'nde Biyoloji Laboratuvarları kuruldu. Bu yeni bölümde hâlâ bitki morfolojisi, bitki fizyolojisi, bitki taksonomisi ve bitki üreme biyolojisi gibi kesinlikle botaniğin kapsamında olan konuları öğreten profesörler bulunuyordu; ama artık kendi çalışmalarına karşılık gelen zooloji konularında uzmanlaşmış diğer biyologlarla dirsek temasındaydılar.

Amerikan Biyoloji Bilimleri Enstitüsü 1947 yılında kurulduğunda, botanik, zooloji ve diğer tüm biyoloji disiplinlerini içeriyordu. Bununla birlikte botanikçiler, eğer biyolojide birleşme konusunda çok ileri gidilirse, bitkilere özgü özelliklerin unutulabileceğinden (haklı nedenlerle) endişe duyuyorlardı. Ulusal Akademi 1975 yılında biyolojideki alt dalları yeniden düzenlediğinde, zooloji kaldırılarak yerine popülasyon biyolojisi, evrim ve ekolojiyi içeren bir bölüm konuldu. Botanikçilere de böyle yapmaları önerildi ancak onlar kendi bölümlerini korumayı tercih ettiler. Botanikçiler bitki biyolojisi bölümünün kaldırılmasının bitkilere has özelliklerin ihmal edilmesine yol açabileceğini savundular. Ama yine de bir kısmı, bitki biyolojisi bölümünü terk ederek genetik veya popülasyon biyolojisi gibi daha genel biyoloji bölümlerine katıldı.[14]

Tüm bunlara rağmen botanik hiçbir şekilde ortadan kaldırılmamıştır. Örneğin, tropikal biyoloji çalışmalarında liderlik hep botanikte oldu. Herbaryumlar ve botanik dergileri biyolojiye önemli katkılarda bulunmaya devam etmekte ve birçok yüksek okul ve üniversitede botanik bölümleri hâlâ etkinliğini sürdürmektedir. Modern koruma hareketinin canlanmasıyla, botanik artık önceki dönemde olduğundan daha üretken hale gelmiştir.

Neredeyse istisnasız olarak, yeni bir geleneğin temsilcileri, yeni bir disiplinin kurucuları, içinde bulundukları yeni açılımın biyolojideki klasik alt dallardan birini gereksiz kılacağını düşünürler. Gerçekte ise en eski biyoloji dallarına (sistematik, ana-

tomi, embriyoloji ve fizyoloji) bile halen gereksinim duyulmaktadır. Bunlar sadece veri bankaları olmalarından dolayı değil, aynı zamanda hepsinin henüz ulaşılmamış sonsuz sınırlara sahip olmaları nedeniyle gereklidirler. Canlılar dünyasına ilişkin fikirlerimizi genişletmek için hâlâ bu disiplinlere gereksinim duyuyoruz. Öyle görünüyor ki her disiplinin geçirdiği bir altın çağ vardır ve hatta bazıları birden çok altın çağ yaşamıştır. Ancak, azalan verim yasasının geçerli hale gelmesinden sonra bile, "klasik" olmuş bir disiplinin yok olmasını haklı çıkaracak bir neden bulunmamaktadır.[15]

Çeşitlenmiş Bir Bilim Olarak Biyoloji

I. ve II. Bölümlerde biyolojiyi fiziki bilimler, dinbilim, felsefe ve beşeri bilimlerden ayıran belirgin özellikler ve kavramlar vurgulanmıştı. Biyolojinin kendi içinde de neredeyse aynı derecede önemli kavramsal farklılıklar bulunmaktadır. Biyolojinin her bir dalı kendi veri bankasına, kendisine ait kuramlara, kendi kavramsal çatısına, kendi ders kitaplarına, dergilerine ve bilimsel derneklerine sahiptir. Hiç kuşkusuz yakın nedensellikler-le uğraşan biyoloji disiplinleri arasında benzerlikler olduğu gibi, nihai nedensellikler üzerinde uzmanlaşanlar arasında da benzerlikler vardır; ancak bunlar bile, geçerli kuramların ve temel kavramların nitelikleri bakımından büyük ölçüde farklılık gösterir.

Biyolojideki özel alanların tümünü böyle bir incelemeyle ele almak bu kitabın kapsamına sığmayacağı gibi, bunu yapabilmek benim uzmanlığımı çokça aşan bir çabayı da gerektirecektir. Sonraki bölümlerde sistematik, gelişim biyolojisi, evrim ve ekolojiden oluşan dört alanı, bu alanlara ait karşıt kavramlar arasındaki mücadelenin doğası ile yine bu alanlara ait mevcut kuramsal çerçevenin göreceli olgunluğunu örnek olarak incelemeye çalışacağım.

Ama buna girişmeden önce belki de, Önsöz'de işaret ettiğim bir noktayı, incelememe belirli disiplinleri dahil etmeme neden-

lerimi ayrıntılı olarak ele almalıyım. Bazı biyoloji disiplinleri, canlı organizmalarla bağlantılı her şeyle ilişkilidir. Bu durum özellikle genetik için söz konusudur. Organizmaların yaptığı her şeyin altında yatan etmen genetik programdır. Genetik program bir organizmanın yapısını, gelişimini, işlevlerini ve etkinliklerini açığa çıkarmada kesin bir rol oynar. Genetikteki kavramları ele almak için en öğretici yol, genetiğin tarihini bir araç olarak kullanmaktır. *Growth of Biological Thought* (Biyolojik Düşüncenin Gelişimi) adlı eserimde yapmaya çalıştığım şey buydu. Ancak orada sadece aktarım genetiği üzerinde durdum. Moleküler biyolojinin doğuşuyla birlikte dikkatler artık gelişim genetiği üzerine kaydı ve bu genetik çeşidi neredeyse moleküler biyolojinin bir dalı haline geldi.

Daha korkutucu ve belki de başa çıkılamaz olan şey ise moleküler biyolojinin ortaya çıkardığı problemlerdir. Fizyoloji, gelişim, genetik, nörobiyoloji ya da davranış alanlarının hangisiyle ilgileniyor olursak olalım, gerçekleşen olaylardan nihai olarak moleküler süreçler sorumludur. Homeobox genleri* gibi bazı birleştirici olgular çoktan belirgin hale gelmiştir, diğerleri ise henüz net bir şekilde algılanamamaktadır. Ancak ne zaman moleküler biyolojiye bir bütün olarak ve kuş bakışı bakmaya niyetlensem, gördüğüm yığınla ayrıntı beni etkilemiştir. Bu nedenle, her ne kadar VIII. ve IX. Bölümlerde, moleküler biyologlarca keşfedilen önemli genellemelerin ("yasalar") bir kısmına vurgu yapmış olsam da bu kitapta moleküler biyolojiye özel bir bölüm ayrılmamıştır. Bu disipline daha fazla yer ayırmamış olmamın nedeni, onun diğer biyoloji dallarından daha önemsiz olduğunu düşünmem değil -tam tersini düşünüyorum- bu konunun sahip olmadığım bir uzmanlığı gerektirmesidir. Aynı durum son derece önemli olan nörobiyoloji ve psikoloji için de geçerlidir. Bununla birlikte bir bütün olarak biyolojiyi ele alışım, bu kitapta ayrıntılı bir şekilde ele alınmayan biyolojinin bu dallarını umarım bir nebze de olsa aydınlatır.

* Homeobox genleri omurgalılarda ve Drosophila'da vücut planını düzenleyen genlerdir. (ç.n.)

"Ne?" Soruları: Biyoçeşitlilik Çalışmaları

Canlılar dünyasının en etkileyici yanı çeşitliliğidir. Eşeyli üreyen popülasyonlarda birbirinin aynısı iki birey bulunmadığı gibi, hiçbir popülasyon, tür ya da daha yüksek takson da bir diğeriyle aynı değildir. Doğada nereye bakılırsa bakılsın, görülecek şey biricikliktir.

Canlıların çeşitliliği konusundaki bilgimiz son üç yüz yıldan beri katlanarak artmaktadır. Bu süreç keşif gezileri ve farklı kâşiflerin çalışmalarıyla başladı. Kaydedilen gözlemler ve toplanan örnekler, yeni keşfedilen her kıta ve adanın fauna ve floralarının farklılıklarını ortaya çıkardı. Sonra, biyoçeşitliliğin başka bir boyutunu yansıtan, derin deniz canlıları üzerine olanlar da dahil olmak üzere, tatlısu ve okyanus canlıları üzerine çalışmalar geldi. Mikroskobik bitki ve hayvanların, parazitlerin ve fosil kalıntılarının araştırılması, yeryüzü biyotasındaki biricikli-

ği daha iyi tanımamızı sağladı. Son olarak, canlı ve fosil prokaryotların (bakteri ve bunların yakın akrabaları) bulunuşu ve bilimsel olarak araştırılması geldi. Doğadaki bu büyük çeşitliliği tanımlama ve sınıflandırma görevini üstlenen araştırma alanı taksonomi olarak adlandırılır.

Aristoteles ve Theophrastus'la, aşağı yukarı MÖ 330'da sınıflandırmaya yönelik ilk ilgi patlamasının ardından taksonomi, Rönesans'a kadar uzun bir gerileme dönemi yaşadı. Lianaeus'un (1707-1778) çalışmalarıyla bu alanda yaşanan ikinci parlak dönemi Darwin'in 1859'da *Türlerin Kökeni*'ni yayınlamasıyla ancak son bulan başka bir gerileme izledi.[1] Bu eser esas olarak taksonomik araştırmanın ürünüydü ve biyolojik tür kavramı, türleşme ve makroevrim kuramları için temel oluşturan taksonomi, evrim kuramının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaya devam etti (bkz. aşağıda).

Biyoçeşitlilik üzerine çalışmanın basit bir tanımlama ve envanter çıkarmaktan daha fazla bir şey olduğunu fark eden Simpson, "taksonomi" teriminin geleneksel sınıflandırmayla sınırlı kalmasını, buna karşın "sistematik" teriminin "organizmaların çeşitliliğinin ve aralarındaki her çeşit ilişkinin bilimsel olarak araştırılması"nı ifade etmek için kullanılmasını önerdi. Dolayısıyla sistematik, çeşitliliğin bilimi olarak tasarlandı ve genişletilen haliyle bu yeni kavram biyologlar arasında büyük ölçüde benimsendi.[2]

Sistematik sadece organizmaların tanımlanması ve sınıflandırılmasını içermekle kalmaz, aynı zamanda türlerin sahip olduğu tüm özellikler üzerine karşılaştırmalı bir çalışma olma yanı sıra, alçak ve yüksek taksonların doğanın ekonomisi ve evrim tarihindeki rollerini yorumlayan bir bilimdir. Biyolojinin birçok dalı tamamen sistematiğe dayanır. Bunlar arasında biyocoğrafya, sitogenetik, biyolojik oşinografi, stratigrafi ve bazı moleküler biyoloji konuları bulunur.[3] Sistematik, sınıflandırmanın her cephesinde uygulanan pek çok bilgi, kuram ve yöntem türünün bir sentezidir. Sistematikçinin üstlendiği görev sadece canlılar

dünyasındaki çeşitliliği betimlemek değil, aynı zamanda bu çeşitliliğin anlaşılmasına katkıda bulunmaktır.[4]

Biyolojide Sınıflandırma

Günlük hayatımızda birbirinden farklı çok sayıda şeyle başedebilmek, ancak onları sınıflandırmakla mümkün hale gelir. Sınıflandırmalar araç-gereçleri, ilaçları veya sanat nesnelerini düzene koymak için kullanıldığı gibi, kuramları, kavramları ve düşünceleri düzenlemek için de kullanılır. Sınıflandırma yaparken, paylaştıkları ortak özellikleri dikkate alarak nesneleri sınıflar halinde gruplarız. Bu nedenle bir sınıf, birbirine benzer ve birbiriyle ilişkili birimlerin oluşturduğu bir topluluktur.

Her sınıflandırma sisteminin iki temel işlevi vardır: Depo edilmiş bilgileri gerektiğinde çabucak bulup çıkarmayı kolaylaştırmak ve araştırmalara temel oluşturmak. Sınıflandırma herhangi bir alandaki bilgi depolama sistemi için anahtar rol oynar. Biyolojide bu bilgi depolama sistemi müzelerden, koleksiyonlardan, kitap, dergi ve diğer basılı belgelerdeki geniş bilimsel kaynaklardan oluşur. Herhangi bir sınıflandırma şemasının niteliklilği, bilginin görece homojen bölümlenerek depolanmasını kolaylaştırma ve bu bilgiyi çabucak bulup geri getirmeyi mümkün kılma yeteneğiyle değerlendirilir. Sınıflandırmalar anlamaya ve buluşa yardımcı olan sistemlerdir.

Sınıflandırmanın en ilkel atalarımızla başlayan bir insan etkinliği olduğunu düşündüğümüzde, doğasıyla ilgili hâlâ belirsizlik ve tartışmaların olması şaşırtıcıdır. Ayrıca sınıflandırma sürecinin bütün bilim alanlarında ne kadar önemli olduğu dikkate alındığında, Whewell'den (1840) sonra gelen bilim felsefecilerinin bu konuyu büyük ölçüde ihmal etmiş olmaları hayret vericidir. Organizmaları sınıflandırmaya girişen biri, bir kütüphanedeki kitapların ya da bir mağazadaki malların sınıflandırılması gibi, günlük yaşamdaki insan etkinliklerinden bazı temel ilkeler çıkarabilir: (1) Sınıflandırılacak maddeler mümkün olabildiğince homojen bir biçimde, sınıflar halinde bir araya getl-

rilmelidir. (2) Belirli bir madde hangi sınıfın üyeleriyle en fazla ortak niteliği paylaşıyorsa, o sınıfa dahil edilir. (3) Daha önce oluşturulmuş sınıflardan herhangi birine dahil edilemeyecek kadar farklı olan her bir madde için ayrı bir sınıf oluşturulur. (4) Sınıflar arasındaki farklılık iç içe sıralanmış takımlar halinde, hiyerarşik olarak gösterilir. Hiyerarşideki her kategorik düzey, belirli bir farklılık düzeyini temsil eder. Canlılar dünyası için bazı ek kurallar gerekse bile, bu ilkeler organizmaların sınıflandırılması için de geçerlidir.

Biyolojinin tümü için değilse bile birçok dalı için taksonomik araştırmanın ne kadar vazgeçilmez olduğu düşünülürse, bu araştırma yönünün son yıllardaki ihmal edilmişliği ve prestijinin azalması şaşırtıcıdır. Birçok biyoloji disiplininde temel yöntem karşılaştırmadır. Bununla birlikte doğru bir taksonomiye dayanmayan bir karşılaştırma anlamlı sonuçlar vermeyecektir. Esasen, karşılaştırmalı anatomi ile karşılaştırmalı fizyolojiden karşılaştırmalı psikolojiye kadar, sonuçta tümüyle taksonominin bulgularına dayanmayan herhangi bir karşılaştırmalı biyoloji dalı yoktur.

Taksonominin biyolojide gördüğü çeşitli işlevler şu şekilde özetlenebilir: (1) Yeryüzünde var olan organik çeşitliliği ortaya çıkarmayı mümkün kılan tek bilimdir. (2) Canlıların filogenisini oluşturmak için gereken bilginin çoğunu sağlar. (3) Birçok ilginç evrimsel olguyu ortaya çıkarır ve bunları diğer biyoloji dallarındaki neden-sonuç ilişkisi kurmayı hedefleyen çalışmalar için hazır hale getirir. (4) Tüm biyoloji dalları (biyocoğrafya ve stratigrafi gibi) için gerekli olan bilginin hemen hemen tümünü sağlar. (5) Evrimsel biyokimya, immünoloji, ekoloji, genetik, etoloji ve tarihsel jeoloji gibi çok sayıda biyoloji dalında çok büyük açıklayıcı değer taşıyan sıralama sistemleri ya da sınıflandırmalar sağlar. (6) Sistematiğin ilk temsilcileri, örneğin popülasyon düşüncesi gibi, deneysel biyologların kolayca ulaşamayacakları önemli kavramsal katkılar yapmışlardır (bkz. VIII. Bölüm). Bu kavramsal katkılar biyolojiyi önemli ölçüde genişletmiş ve bir bütün olarak biyoloji biliminde daha iyi bir denge sağlamıştır.

Taksonomist, doğanın bu şaşırtıcı çeşitliliğini iki adımda düzenler. İlk adım türlerin tanımlanmasıdır ki bu, *mikrotaksonomi* olarak adlandırılır. İkinci adım ise bu türlerin ilgili gruplar halinde sınıflandırılmasıdır. Bu etkinliğe ise *makrotaksonomi* adı verilir. Bu iki işlemi bir arada içeren taksonomi, Simpson'ın (1961) tanımıyla, "organizma çeşitlerini belirleme ve onları sınıflandırmanın kuram ve pratiği"dir.

Mikrotaksonomi: Türlerin Ayırt Edilmesi

Türlerin tanınması, betimlenmesi ve sınıflandırılması, taksonomistin ilgilendiği diğer konulardan oldukça farklı bir etkinliktir. Genellikle "tür problemi" olarak ifade edilen, semantik (anlamsal) ve kavramsal güçlüklerle dolu bir alandır bu. "Tür" terimi basitçe "organizma çeşidi" anlamına gelir, ancak canlılar dünyasında vayasyon o kadar yaygındır ki "çeşit" ile neyin anlatılmak istendiği çok net bir şekilde belirtilmelidir. Dişi ile erkek veya yavru ile ergin de farklı organizma çeşitleridir. Her türün ayrı olarak yaratılmış olduğuna inanıldığı süre boyunca, bir türün, Tanrı tarafından yaratılmış o türe ait ilk çiftin torunlarından oluştuğuna inanılıyordu.

Kuşlar ve memeliler gibi daha yüksek organizmalarla ilgilenen doğacı, türlerin ne olduğu konusunda çok az kuşku duymuştur. Onun için tür, diğer gruplardan farklı olan organizma grubuydu. Buradaki "farklı"nın anlamı ise görünür morfolojik özelliklerin değişikliğiydi. Bu tür kavramı çok yaygın şekilde ve hatta neredeyse evrensel olarak on dokuzuncu yüzyılın son çeyreğine kadar benimsendi. Tam olarak tür düzeyinde farklılaşmamış organizmalar Linnaeus ve hatta Darwin tarafından varyeteler olarak adlandırıldı. Bu tür kavramı tipolojik ya da özcü tür kavramı olarak kullanıldı (ve yanlış bir şekilde, morfolojik tür kavramı olarak).

Tipolojik tür kavramıyla dört tane tür özelliği varsayılıyordu: (1) Tür, aynı "öz'ü paylaşan benzer bireylerden oluşur. (2) Her tür, diğer türlerden belirgin bir kopuklukla ayrılmıştır. (3) Her

tür, zaman ve mekân içinde değişmeyen özelliktedir. (4) Bir tür içindeki varyasyon çok sınırlıdır. Felsefeciler bu şekilde özcü bir tasarımla kavranan türleri "doğal çeşitler" olarak ifade etmişlerdir.

On dokuzuncu yüzyıl boyunca tipolojik ve özcü tür kavramının zayıflıkları giderek daha da belirginleşti. Darwin, türlerin değişmez olduğu fikrini kesin bir biçimde çürüttü. Coğrafi varyasyon üzerine çalışmalar ve özellikle yerel popülasyon örneklerinin incelenmesiyle, türlerin bir bölgeden bir bölgeye değişiklik gösteren popülasyonlardan oluştuğu ve belirli bir popülasyon içindeki bireylerin de değişklik gösterdiği doğrulandı. Canlı doğada tipler ya da asıllar bulunmamaktadır.

Tipolojik tür kavramına karşı yapılan bu kavramsal itirazlara ek olarak bir de tamamen pratik bir nedene dayanan itiraz vardı. Kendi aralarında çiftleşen popülasyonlar içindeki ve aynı "çeşit"e ait farklı popülasyonlar arasındaki morfolojik varyasyon, kendi aralarında çiftleşmeyen ama morfolojik olarak birbirine benzeyen popülasyonlar arasındaki farklılıklardan daha büyük olabiliyordu. Bu nedenle, sadece morfolojik ölçütler tür sınıflaması için güvenilir bir dayanak değildi. Konuyu büsbütün zorlaştıran bir başka olguysa kardeş (sibling) türlerin bulunuşu oldu. Kardeş türler, üreme açısından yalıtılmış oldukları halde, yani fizyolojik veya davranışsal engeller nedeniyle kendi aralarında çiftleşme yeteneğine sahip olmadıkları halde, morfolojik olarak birbirinden ayırt edilemeyen doğal popülasyonlardı. Bu gibi popülasyonlar daha yüksek hayvan taksonlarının hemen hepsinde bulunmuştur ve bitkiler arasında da vardır. Dolayısıyla, türleri sınıflandırmak için farklı bir ölçüt aramak zorunlu hale gelmiş ve bu ölçüt, popülasyonların üreme kısıtlarıyla ayrılmalarında, yani yalıtımlarında bulunmuştur.

Kendi aralarında çiftleşmeme ölçütü, bildiğimiz biyolojik tür kavramı haline geldi. Bu kavrama göre tür, fizyolojik veya davranışsal engeller nedeniyle üreme yönüyle (genetik olarak) diğer gruplardan yalıtılmış, kendi içinde çiftleşebilen doğal popülasyonlar grubudur.

Biyolojik tür kavramının uygunluğunu tam olarak anlamanın tek yolu, Darwinci "Niçin?" sorularını sormaktır: Türler niçin vardır? Doğada niçin kesintisiz bir süreklilik içinde birbirlerine benzeyen veya birbirlerinden çok daha büyük farklılıklarla ayrılan ve ilkesel olarak birbirleriyle çiftleşme yeteneğinde bireyler bulamayız? Melezler üzerine çalışmalar bu sorunun yanıtını vermektedir. At ve eşek örneğinde olduğu gibi, ebeveynler aynı türe ait değilse, bunların yavruları ("katırlar") az veya çok kısır melezler olacak ve en azından ikinci neslin yaşama şansı düşük olacaktır. Dolayısıyla, birbiriyle yakın akraba (aynı türden) olan bireylerin çiftleşmesine yardımcı olan, buna karşılık uzak akraba (farklı türden) olan bireylerin çiftleşmesini engelleyen herhangi bir mekanizma bir seçici üstünlüğe sahip olacaktır. Bu durum, türlerin üreme açısından yalıtılmış hale gelmelerini sağlayan mekanizmalarla mümkün olur. O halde biyolojik bir tür, iyi dengelenmiş, uyumlu genotiplerin korunmasını sağlayan bir topluluktur.

Biyolojik tür kavramının "biyolojik" olarak adlandırılmasının nedeni, organizmalar arasında türlerin var olmasına, yani birbirleriyle uyuşmazlık içinde olan bireyler arasındaki çiftleşmelerin engellenmiş olmasına biyolojik bir açıklama getirmesidir. Bir türün ayrı bir ekolojik nişte yerleşmiş olması ve kendisini diğer türlerden ayırt eden, türe özgü morfolojik ve davranışsal özellikler göstermesi, sadece sonradan ortaya çıkan bir durumdur.[5]

Biyolojik tür kavramının hemen hemen tümüyle evrensel kabul görmesinin önemli bir nedeni, biyolojik araştırmaların birçok alanında kullanışlı olmasıdır. Ekologlar, davranış üzerinde araştırma yapanlar, yerel biyota üzerine çalışanlar ve hatta fizyolog ve moleküler biyologlar, birbirleriyle çiftleşmeksizin bir arada bulunan popülasyonlarla ilgilenirler. Canlı organizmalar üzerine çalışma yapanlar, birçok durumda tipolojik yaklaşımın morfolojik kıstaslarına göre değil, davranış, yaşam döngüsü ya da mokekülleri göz önünde bulundurarak bir türü tanımlarlar.

Biyolojik tür tanımı, birbirleriyle çiftleşebilecek koşullardaki popülasyonların aynı bölgede bir arada bulunmaları durumun-

da da herhangi bir güçlükle karşılaşılmadan uygulanabilir. Bununla birlikte bu tanımın iki tür koşulda karşılaştığı güçlükler de vardır. Bunlardan birincisi tek ebeveynle (eşeysiz olarak) çoğalan, popülasyon oluşturmayan ve melezleşmeyen organizmalardır. Biyolojik tür kavramının bu tip organizmalara uygulanamayacağı açıktır. Eşeysiz organizmalar arasındaki türleri ayırt etmede kullanılabilecek en iyi ölçütlerin ne olduğu henüz tam olarak bilinmemektedir. Klonlar arasındaki morfolojik farklılıkların derecesi veya niş kullanımındaki farklılıklar kıstas olarak önerilmiş, ancak bunlar henüz doğrulukla sınanamamıştır. Bu gibi eşeysiz türler, Linnaeus'un geliştirdiği hiyerarşi içinde tür kategorisine yerleştirilmiştir.

Biyolojik tür kavramını türlerin belirlenmesine uygularken karşılaşılan ikinci problem, bir türe ait popülasyonların çok nadiren bir tek coğrafi yerde sınırlanmış olmalarıdır. Daha yaygın olan durum, bir türe ait popülasyonların az ya da çok geniş bir yayılışa sahip oluşlarıdır. Bu gibi popülasyonlar görünüşteki farklılıklarıyla birbirlerinden ayırt edilebiliyorlarsa, genellikle alttür olarak tanımlanırlar. Alttürler çoğunlukla, süreklilik taşıyan popülasyon dizilerinin bir parçasıdır ve kendi aralarında serbestçe çiftleşerek, gen alışverişinde bulunurlar. Ancak bazı alttürler coğrafi olarak yalıtılmış hale gelir ve gen alışverişinde bulunamazlar; bunun sonucunda morfolojik olarak farklılaşırlar. Zaman içinde bu alttürler yeni yalıtım mekanizmaları kazandıkları için tam olarak tür statüsüne ulaşırlar. Çok sayıda alttür içeren türlere politipik türler, alttürlere ayrılmamış türlereyse monotipik türler denir.

Birbirlerinden uzakta bulunan popülasyonlardan bazıları, tür içindeki diğer popülasyonların tümünden coğrafi olarak tamamen yalıtılmış halde kaldıysa, şu soru ortaya çıkar: Yalıtılmış halde kalan bu popülasyonlar hâlâ atasal türün üyeleri midir? Bu popülasyonlardan hangilerine tam olarak tür statüsü verileceği ve diğerlerinin hangilerinin politipik bir tür içinde sayılacağına karar vermek için hangi ölçütler kullanılabilir? Coğrafi ya-

lıtım içindeki popülasyonların tür statüsünde olup olmadığı sadece çıkarım yoluyla, özellikle de morfolojik farklılıkların derecesine bakılarak saptanabilir. [6]

Biyolojik tür kavramı uzun bir zamanda ortaya çıkmıştır. Buffon bu kavramın özünü kavrıyor,[7] Darwin transmutasyon üzerine notlarında, tür statüsü basitçe, "ayrı kalmaya yönelik içgüdüsel itkidir" yazıyordu. Darwin türlerin birbirleriyle çiftleşmek konusunda duydukları "karşılıklı iticilik" konusuna değiniyor ve iyi türler, "dış görünüşteki herhangi bir öğede neredeyse hiç farklılık göstermeyebilir," diğer bir deyişle, tür statüsü, varsa bile morfolojik farklılığın derecesiyle çok az ilgilidir, diyordu. Darwin daha sonraki eserlerinde şaşırtıcı biçimde bu biyolojik kavramı terk etmiş ve büyük ölçüde tipolojik tür kavramına dönmüştür.

On dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısı ile yirminci yüzyılın ilk üçte birlik bölümünde giderek artan sayıda doğacı, türlere biyolojik özellikleri açısından değinmiştir. Poulton, K. Jordan ve Stresemann gibi yazarlar formel bir tür tanımı önermemiş olsalar da biyolojik tür kavramını açıkça onaylamışlardır. Bunula birlikte 1940'ta formel bir tanım önerip 1942'de yayınlanan *Systematics and the Origin of Species* (Sistematik ve Türlerin Kökeni) adlı kitabımda biyolojik tür kavramını güçlü bir şekilde savunmama kadar bu kavram genel bir kabul görmemiştir.

Biyolojik tür kavramının kabul edilişine başka her şeyden çok yardımcı olan şey rakip kavramların zayıflığıydı. Bunlar arasında, nominalist tür kavramı, evrimsel tür kavramı, filogenetik tür kavramı ve tanımlayıcı tür kavramı sayılabilir. Bunların her birinin bugün hâlâ savunucuları olsa da, hiçbiri bir türü belirlemede biyolojik tür kavramı kadar kullanışlı değildir.

Rakip tür kavramları

Nominalist tür kavramına göre, doğada sadece bireyler vardır ve türler insan düşüncesinin bir ürünüdür; yani türleri, bireyleri bir isim altında toplayarak, doğa değil insan ortaya koyar. Ancak bu keyfiliğin doğru olmadığı, doğal dünyayla ilgili

herhangi bir gerçek buluşla karşılaşıldığında ortaya çıkar. Örneğin, İngiltere'deki bir ormanda dört ayrı baştankara kuşu türünü ya da New England ormanındaki çalıbülbülü türlerini gören bir doğacı, tür sınırlarının keyfi bir şey olmadığını ve bu türlerin doğanın ürünleri olduğunu anlar. Bu noktada başka hiçbir şey beni, Yeni Gine dağlarında Taş Devri'ni yaşayan ilkel yerlilerin, Batılı doğacılar tarafından ayırt edilen ve adlandırılan türleri aynıyla ayırt edip adlandırmış olmaları gerçeği kadar derinden etkilememiştir. Nominalist tür kavramını benimsemek için, hem canlı organizmalar hem de insan davranışı hakkında büyük bir cehalet içinde olmak gerekir.

Evrimsel tür kavramı, türleri zaman boyutu içinde inceleyen paleontologlar tarafından desteklenmiştir. Simpson'ın (1961:153) tanımına göre, "Evrimsel bir tür, kendine özgü üniter evrimsel rol ve eğilimleriyle diğerlerinden ayrı (atasal popülasyonlardan türeyerek) evrimleşen bir nesildir." Bu tanıma ilişkin temel sorun, tanımın yalıtılmış haldeki hemen her popülasyon üzerinde eşit derecede geçerlilik iddiasıdır. Ayrıca, bir nesil bir popülasyon değildir. Tanım buna ek olarak, "üniter rol"ün ne olduğu ve filetik soy çizgilerinin neden birbirleriyle çiftleşmediği gibi çok önemli bir soruyu göz ardı etmektedir. Son olarak, gerçekte kendi amacını, yani tür taksonlarının zaman boyutu içinde belirlenmesi işlevini yerine getirememektedir; çünkü aşamalı olarak evrimleşen tek bir filetik soy çizgisinde yeni bir türün hangi noktada başlayıp hangi noktada sona erdiğini ve böyle bir soy çizgisinin hangi parçasının "üniter rol"e sahip olduğunu evrimsel tür kavramıyla saptamak mümkün değildir. Evrimsel tür tanımı, tür probleminin özünü, yani zamanımızda yaşayan türler arasındaki kopuklukların varlığını ve nedenlerini yok saymaktadır. Bu tanım, daha çok fosil tür taksonlarının sınırlarını çizme çabası gütmektedir, ancak bunda dahi başarılı değildir.

Evrimsel tür tanımı, yeni türlere başlangıç olabilecek iki süreç olduğu gerçeğini önemsememektedir: (1) Filetik bir soyun tür sayısını değiştirmeksizin, dereceli olarak farklı bir türe değ-

şebilmesi ve (2) Darwin'in Galápagos Adaları'nda gördüğü gibi coğrafi yalıtım ve tür sayılarının artması. Bir taksonomistin karşılaştığı güçlükler hemen hemen tümüyle bu ikinci süreçten, yani dikey boyuttaki (zaman) değişimden çok, tür sayılarının yatay boyuttaki (uzay) artışından ileri gelir. Biyolojik tür tanımı, özellikle tür sayılarının artışı sorununa yöneldiği halde, evrimsel tür tanımı sadece filetik evrimle ilgilenerek bunu göz ardı eder. Türleşmeden söz ederken, normalde tür sayılarının artışından söz ediyoruz demektir.

Çok sayıda kladist (bkz. aşağıda) tarafından benimsenen filogenetik tür kavramına göre, herhangi bir popülasyonda yeni bir "apomorfi" ortaya çıktığında, bu durum yeni bir türe başlangıç teşkil eder. Bu apomorfi tek bir gen mutasyonunda olduğu gibi küçük olabilir. Orta Amerika nehirlerine karışan hemen hemen tüm akarsulardaki balık türlerinin yerel endemik genler taşıdığını bulan Rosen, bütün bu popülasyonların tür kategorisine yükseltilmesini önermiştir.[8] Rosen'i eleştirenlerden biri, çok haklı olarak, nötr gen mutasyonlarının çok sık olduğu durumlarda, her bir bireyin kendi ebeveyninden en az bir genle farklılaşmasının olasılığına işaret etmiştir. O halde bir popülasyonun ayrı bir tür olarak kabul edilebilecek kadar farklı olduğuna nasıl karar verilecektir? Bu gözlem tür problemine kladistik makrotaksonomi kavramlarını uygulamaya çalışmanın saçmalığını açık bir şekilde göstermektedir (kladistik hakkında daha fazla bilgi için bkz. aşağıda).

H. Paterson'un önerdiği tanımlayıcı tür kavramı, Paterson tarafından yanlış anlaşılan biyolojik tür kavramının farklı bir versiyonundan başka bir şey değildir?[9]

Tür kavramı, tür kategorisi ve tür taksonları

"Tür" sözcüğü üç farklı nesne ya da olgu için kullanılmaktadır: (1) Tür kavramı, (2) tür kategorisi ve (3) tür taksonları. Literatürde sonu gelmeyen karmaşa yazarların "tür" sözcüğünün üç ayrı anlamı arasında ayrım yapmayı becerememesinden kaynaklanmıştır.

Tür kavramı "tür" sözcüğünün biyolojik anlamı ya da tanımıdır. Tür kategorisi, Linnaeus'un hiyerarşisinde -organizmaların konumlandığı geleneksel hiyerarşi- bulunan özel bir düzeydir. Bu hiyerarşideki her düzey (tür, cins, takım ve diğerleri gibi) bir kategori olarak ele alınır. Bir popülasyonun tür kategorisine ait olup olmadığını saptamak için tür tanımının ölçütlerine başvurulur. Tür taksonları, tür tanımına uygun düşen özel popülasyonlar ya da popülasyon gruplarıdır; başkalarından farklı ve tek ("bireyler") oldukları için tanımlanamaz, sadece betimlenip birbirlerinden ayırt edilebilirler.

Linnaeus'un döneminde türlerin saptanması öncelikli olarak taksonomistleri ilgilendiren bir konuydu, ancak durum artık böyle değildir. Evrimsel biyologlar artık türün, evrimin can alıcı birimi olduğunu biliyorlar. Her tür, biyolojik bir deneydir ve başlangıç aşamasında bir tür söz konusu olduğunda, o türün girdiği yeni nişin bir çıkmaz sokak mı yoksa uyum sağlanabilir yeni ve geniş bir bölge mi olduğu üzerine tahmin yürütme olanağı yoktur. Evrimciler eğilimler, uyumlar, özelleşmeler ve gerilemeler gibi kapsamlı olgulardan söz edebilseler de, tüm bunlar bu eğilimleri sergileyen birimlerin, yani türlerin ilerlemesinden ayrı düşünülemez. Bir tür hangi evrimsel süreçlere maruz kalırsa kalsın, üreme açısından yalıtılmış olmasından ötürü, bunlar sadece bu tür ve onun nesilleriyle sınırlıdır. Bu, evrimsel değişimin köşe taşının tür olmasının nedenidir.

Tür ayrıca, geniş ölçüde ekolojinin de temel birimidir. Hiçbir ekosistem, onu oluşturan tür öğeleri incelenmeksizin ve bu türler arasındaki çok farklı etkileşimler ortaya çıkarılmaksızın tam olarak anlaşılamaz. Herhangi bir tür kendisini oluşturan bireylerden bağımsız olarak, aynı çevreyi paylaştığı diğer türlerle bir birim olarak etkileşir.

Hayvanlar söz konusu olduğunda, türler davranış bilimlerinde de önemli birimlerdir. Bir türün üyeleri o türe özgü çok sayıda davranış biçimini paylaşır. Özellikle sosyal davranışın söz konusu olduğu türlerde durum böyledir. Aynı türe ait bireyler

çiftleşme davranışlarında aynı işaret sistemlerini paylaşır ve haberleşme sistemleri büyük ölçüde türe özgüdür. Koku alma duyusuna sahip türlerde bu haberleşme sistemlerine türe özgü feromonlar da dahildir.

Biyolojik sistemlerin hiyerarşisinde tür, önemli bir düzeyi temsil eder ve önemli pek çok biyolojik olgu için son derece kullanışlı bir sıralama aracıdır. Hücrebilimi için kullanılan "sitoloji"ye benzer şekilde "tür bilimi" şeklinde bir isim bulunmasa da, böyle bir bilim vardır ve bu bilim modern biyolojinin en aktif dallarından biridir.

Makrotaksonomi: Türlerin Sınıflandırılması

Tür düzeyinin üstündeki organizmaların sınıflandırılmasıyla (ya da gruplandırılmasıyla) ilgilenen taksonomi dalı makrotaksonomi olarak adlandırılır. Neyse ki türlerin çoğu, memeliler ve kuşlar ya da kelebekler ve kınkanatlılar gibi, doğal, kolaylıkla tanımlanabilen daha yüksek doğal gruplara ayrılmış görünüyor. Ancak gruplar arasında kalan ya da hiçbir gruba ait görünmeyen türler için ne yapılacaktır?

Tarihsel süreç içinde taksonomide organizmaları sınıflandırmak için pek çok yöntem ve ilke önerilmiştir. Bu ilkelere dayanan sınıflandırmalarla, zaman zaman oldukça farklı amaçlar güdülmüştür ve belki de bu, bugün bile "en iyi" sınıflandırma yönteminin hangisi olduğu konusunda taksonomistler arasında bir fikir birliği olmamasının nedenidir.

Aşağıya doğru sınıflandırma

Aşağıya doğru sınıflandırma, tıbbi botaniğin Rönesans dönemi ve sonrasındaki gelişimi sırasında yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yöntemiydi. Yöntemin öncelikli amacı farklı bitki ve hayvan türlerini saptamaktı. O dönemde botanik ve zoolojide türler hakkında çok az şey bilinmesine karşın, iyileştirici özellikleri olduğu bilinen bitkilerin doğru olarak tespit edilmesi yaşamsal önem taşıyordu.

Aşağıya doğru sınıflandırma, Aristoteles'in mantıksal bölme yöntemi kullanılarak, büyük sınıfların altgruplara bölünmesiyle gerçekleşir. Buna göre hayvanlar, sıcak-kanlıdır ya da değildir. Bununla iki sınıf ortaya çıkar. Sıcak-kanlı hayvanlar kürklüdür ya da tüylüdür ve böylece, ortaya çıkan her sınıf (memeliler ve kuşlar) teşhis edilmeye çalışılan, örneğin ait olduğu türe ulaşılıncaya kadar ikiye ayırma işlemiyle alt bölümlere ayrılır.

Aşağıya doğru sınıflandırma ilkeleri on sekizinci yüzyıl sonuna kadar taksonomiye hâkim oldu ve Linnaeus'un önerdiği teşhis anahtarları ve sınıflandırmalara da yansıdı. Bu yöntem bugün hâlâ arazi kılavuzları ve taksonomik revizyon anahtarlarında kullanılmakta, ancak artık sınıflandırma yöntemi olarak değil, teşhis yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Teşhis modellerinin, gerçek sınıflandırma sistemleri olarak kullanılmalarını engelleyen ciddi bazı zayıflıkları vardı. Bu modeller tamamen tek tek özelliklere (biyolojideki "özellik" günlük yaşamda kendine özgü dediğimiz, ayırt edici bir özellik ya da sıfattır) dayandırılmakta ve taksonomist tarafından keyfi olarak seçilen özelliklerin sırası, ikiye ayırma yoluyla oluşturulan sınıfları belirlemekteydi. Böyle bir sınıflandırmada aşamalı olarak herhangi bir gelişme sağlamak hemen hemen olanaksızdı ve seçilen bazı özellikler ara sıra son derece heterojen ("doğal olmayan") gruplamalara neden oluyordu.

Kuşkusuz insanlar, balıklar ve sürüngenler ya da eğreltiler, karayosunları ve kozalaklılar gibi doğal grupların uzun bir zamandır farkındaydılar. Linnaeus'un oldukça yapay olan bu modelini on sekizinci yüzyılın sonuna doğru, yaygın olarak gözlemlenen benzerlik ve akrabalıklara dayanan daha doğal bir sistemle değiştirme yönünde girişimler oldu. Ancak bu ölçütlerin nasıl belirleneceği konusunda önemli belirsizlikler söz konusuydu.

Yukarıya doğru sınıflandırma

Yaklaşık olarak 1770'ten itibaren Adanson gibi diğer taksonomistler ve hatta Linnaeus, daha doğru bir yaklaşım olarak

gördükleri yukarıya doğru sınıflandırmayı geliştirdiler. Yukarıya doğru sınıflandırma, benzer ya da akraba türleri teftiş yoluyla gruplar (taksonlar) halinde bir araya getirmekten ibarettir. Bu şekilde oluşturulan yeni taksonların birbirlerine en çok benzeyenleri, bir sonraki üst düzeyin taksonunu oluşturmak üzere bir araya getirilir. Taksonların tüm hiyerarşisi oluşturulana kadar bu gruplamaya devam edilir. Bu yöntem organizma türlerini gruplamaya yönelik, günlük sınıflandırma yöntemlerinin basit bir uygulamasıydı.

Ancak, yukarıya doğru sınıflandırma yöntemini destekleyenler güçlü bir metodoloji geliştirmeyi başaramadılar. Belirgin olan tek tek özelliklere önem verme yönünde hâlâ güçlü bir eğilim söz konusuydu ve ortada ne makul bir şekilde tanımlanmış grupların ne de takson hiyeraşisinin varlığını hesaba katan bir kuram bulunuyordu. Her taksonomist bir şekilde kendi metodolojisini geliştiriyordu.

Yaklaşık olarak 1770 ile 1859 yılları arasında bir dönüşüm yaşandı. Aşağıya doğru sınıflandırma kesin olarak terk ediliyor, yukarıya doğru sınıflandırmaysa henüz iyi tanımlanmış bir metodolojiden yoksunluğunu sürdürüyor ve çoğunlukla keyfi olarak uygulanıyordu. Bu dönemde özel amaçlı sınıflandırmalar denilen, yukarıya doğru sınıflandırmanın bir alt kategorisi geliştirildi. Bu sınıflandırmalar özelliklerin toplamına değil, özel amaca uygun olarak, sadece bir ya da sınırlı sayıda özelliğe dayandırılıyordu. Örneğin, mantarlar mutfakta kullanımları göz önünde bulundurularak yenilebilen ve yenilemeyenler (zehirli) şeklinde sınıflandırılabiliyordu. Özel amaçlı sınıflandırmalar, bitkileri büyüme biçimlerine göre ağaçlar, çalılar, baharatlı bitkiler veya otlar gibi gruplara ayıran Theophrastus dönemine kadar iner. Bu sınıflandırma yöntemi hâlâ ekolojide kullanılmaktadır. Örneğin, bir limnolog plankton organizmaları ototroflar (kendibeslek), herbivorlar (otçullar), prerdatörler gibi gruplara ayırabilir. Bu gibi sistemlerin tümü, bir Darwinci sınıflandırma sisteminin içerdiğinden daha az bilgi içerir.

Evrimsel ya da Darwinci sınıflandırma

Türlerin Kökeni'nin anıtsal sıfatını hak eden XIII. Bölüm'ünde Darwin, organizmaları doğru sınıflandırabilmek için iki ölçütün temel alınması gerektiğini göstererek, tüm bu taksonomik belirsizliklere bir son verdi. Bunlar, soy (ortak ata) ve benzerlik derecesiydi (evrimsel değişimin miktarı). Bu ölçütlerden her ikisini temel alan bir sınıflandırma, evrimsel ya da Darwinci sınıflandırma sistemi olarak adlandırılır.

Felsefeciler ve sınıflandırmayla pratikte uğraşanlar nesneleri gruplandırmak için açıklayıcı (nedensel) kuramlar varsa, bu açıklamaların grupların sınırlarını belirlerken dikkate alınmasının zorunluluğunu uzun süredir takdir etmektedir. Buna paralel olarak, insan hastalıklarının on sekizinci yüzyıldaki sınıflandırması, on dokuzuncu ve yirminci yüzyılda, yerini bu hastalıkların etiyolojisini dikkate alan sınıflandırmalara bıraktı. Hastalıklar bulaşıcı ajanlar, hatalı genler, yaşlanma, ölümcül olma, toksik bileşiklerin ya da zararlı radyasyonun vb. neden olduğu şeklinde gruplara ayrıldı. Nedenleri dikkate alan herhangi bir sınıflandırma, salt yapay bir sistem olmasını engelleyen önemli kısıtlamalara tabidir.

Darwin ortak soy kuramını geliştirdiğinde, her doğal "takson"un (ya da ayrı organizma grubunun) birbirine en yakın ortak atanın soylarını içerdiğini fark etti. Söz konusu taksonlara monofiletik takson adı verilir.[10] Eğer bir sınıflandırma sistemi tam olarak ve sadece ilgili taksonların monofilisine dayandırılıyorsa, bu sistem soya dayalı bir sıralama sistemidir.

Ancak Darwin, soyun "sınıflandırma için tek başına yeterli olmadığını" çok net olarak görüyordu. Organizmaları sadece soylarına göre sınıflandırmak bir bakıma özel amaçlı bir sınıflandırmadır. Darwin için soyun ölçüt olması, bunun benzerlik ölçütünün yerini alması değil, daha çok akrabalık ilişkisine kanıt sayılabilecek benzerlik çeşidine kısıtlama getirmek anlamına geliyordu. Benzerliğin ihmal edilemez olmasının nedeni, filogenetik ağacın birbirinden uzaklaşan dallarının "farklı dereceler-

de değişikliğe tabi olmaları" ve bunun "farklı genuslar, familyalar, seksiyonlar ya da takımlar altında sınıflandırılmış formlarla ifade edilmesidir" (Darwin 1859:420). Diğer bir deyişle, gerçek bir sınıflandırma yapabilmek için, filogenetik dallanma sırasında ortaya çıkan farklılık derecesinin, taksonların belirlenmesi ve tasnifinde tam anlamıyla dikkate alınması zorunludur. Dolayısıyla sağlam bir Darwinci sınıflandırmanın soy ve benzerlik (farklılık derecesi) arasında dengeli bir değerlendirmeyi temel alması gerekir.

Darwinci sınıflandırmada benzerliğin nasıl bir rol oynadığını anlayabilmek için, kökendeşlik (homoloji) kavramının anlaşılması gerekir. Türler ya da tür-üstü taksonlar arasındaki akrabalık kökendeş özelliklerin varlığıyla gösterilir. İki ya da daha fazla taksondaki bir özellik, bu taksonların en yakın ortak atasında bulunan aynı (ya da örtüşen) özellikten filogenetik olarak geliyorsa kökendeştir. Kökendeşliği göstermek için çok çeşitli kanıtlar kullanılabilir. Herhangi bir yapının komşu yapılara göre konumu, birbirinden farklı iki aşamanın, geçiş aşamasına ait bir formla birbirine bağlanması, bireylerin yaşam süreleri boyunca geçirdikleri gelişim süreçlerinin (ontogenez) benzerliği, fosil atalarda geçiş koşullarının varlığı ile birbirleriyle akraba olan monofiletik taksonlar üzerine karşılaştırmalı çalışmalar bunlar arasındadır.[11]

Ancak organizmalar arasındaki benzerliklerin tümü kökendeşlikten kaynaklanmaz. Evrim sırasında cereyan eden üç çeşit özellik değişimi kökendeşliğe benzer ve bunlar genellikle homoplazi terimi altında gruplandırılır. Bu özellik değişimleri konvergens, paralellik ve geri dönüştür (reversal). Konvergens, ilişkili olmayan evrimsel soy çizgilerinde aynı özelliğin birbirinden bağımsız olarak kazanılmasıdır. Söz gelişi, hem kuşların hem de yarasaların kanatlara sahip olacak şekilde evrimleşmeleri bir konvergens örneğidir. Paralellik belirli bir özelliğin, ortak atada fenotipik olarak ifade edilmemesine rağmen, bu özellik için genetik bir yeteneğin var olması nedeniyle, birbirlerine

akraba iki evrimsel çizgide birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleşmesidir. Buna iyi bilinen bir örnek, acalypterate sineklerinin bir grubunda bulunan, bağımsız olarak kazanılmış saplı gözlerdir. Geri dönüş, çeşitli filogenetik soy çizgilerindeki iyi gelişmiş bir özelliğin, birbirlerinden bağımsız olarak kaybedilmesidir. Soya dayalı bir çözümleme, belirli organizma grupları arasındaki benzerlikleri çözmeye ve ortak ataya dayanmayan benzerliklere sahip türlerin (ya da daha yüksek taksonların) ait oldukları taksondan çıkarılmasına izin verecektir.

Darwin'in sınıflandırma kıstasları arasına benzerlik derecesini dahil etmesinin nedeni, dallanma ve farklılaşmanın kesin bir karşılıklı ilişki içinde olmamasıdır. Bütün dalları hemen hemen aynı hızla farklılaşan dallanma şemaları ("ağaçları") bulunmaktadır. Tam olarak doğru olmamakla birlikte dil ailelerinin ağaçları bu yönde gelişme eğilimindedir. Bunun nedeni, dillerin evriminden sorumlu olan etmenlerin uyumsal değil, rasgele olmasıdır. Anglo-Saksonlar Kuzey Denizi'ni geçerek İngiltere'yi sömürgeleştirdiklerinde, dilleri Britanya iklimine ya da oradaki politik değişimlere uyum sağlamak zorunda kalmadı. Bununla birlikte, sürüngenlerin bir dalı (dinozorlar) hava nişini işgal ettikleri zaman yeni bir yaşam biçimine uyum sağlamak zorunda kalmış ve bu durum fenotiplerinde köklü bir değişikliğe neden olmuştur. Atasal nişte kalan benzer dinozor dalları ise hemen hemen hiç değişmeden kalmışlardır. Ekolojik etmenlerin ve bunların fenotip üzerindeki etkilerinin dikkate alınması, Darwinci sınıflandırmanın tipik özelliğidir.

Darwinci sınıflandırma, 1965'e kadar hemen hemen evrensel olarak kullanılan bir sistemdi ve bugün de popülerliğini sürdürmektedir.[12] Benzerlikleri göz önüne alınarak akraba türlerin belirlenmesi ve gruplandırılması, bu sürecin ilk basamağını oluşturur. İkinci basamaksa bu grupların monofilisinin ve soya dayalı düzenlenmelerinin sınanmasıdır. Organizmaların doğru sınıflandırılması için Darwin'in önerdiği her iki kıstası yerine getirmenin tek yolu budur.[13]

Taksonomistin karşılaştığı güçlüklerden biri, farklı özellik kümelerinin birbirleriyle uyum içinde evrimleşmemesidir. Örneğin yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki (larva ve ergin dönem gibi) özelliklerin kullanılması birbirinden tümüyle farklı sınıflandırmalara yol açabilir. Michener (1977) arı grupları üzerine yaptığı bir çalışmada bu türleri dört ayrı özellik sınıfındaki benzerlikleri temel alarak ayırdığında, dört ayrı sınıflandırma elde etti. Michener'in kullandığı özellik sınıfları şunlardır: (1) Larva, (2) pupa, (3) erginlerin dış morfolojisi ve (4) erkek genital organları. Neredeyse istisnasız olarak, bir taksonomist yeni bir özellik kümesi kullandığı zaman taksonların yeniden belirlenmesi ya da statüde bir değişiklik yapılması gerekir. Yaşam döngüsünün tek bir aşamasındaki özellikler bile evrim sırasında oldukça farklı hızlarda değişebilir.

Örneğin insanlar ile bunların en yakın akrabaları olan şempanzeler karşılaştırıldığında, belirli moleküler özellikler açısından *Homo* ile *Pan*'ın, *Drosophila*'nın (sirke sineği) hemcins türleri arasındaki benzerlikten daha fazla benzerlik gösterdiği bulunabilir. Oysa hepimizin bildiği gibi, insansı maymunların (apes) insana en yakın akraba olanları bile insanlardan belirli geleneksel özellikler (merkezi sinir sistemi ve bu sistemin kapasiteleri) ve çok farklı uyum bölgeleri işgal etmeleri açısından büyük farklarla ayrılırlar. Aynı filetik çizgideki hemen hemen her organ sistemi ve molekül grubu öyle ya da böyle diğerlerinden farklı bir hızla farklılaşır. Bu hızlar sabit değildir ve evrim süreci içinde artabilir veya azalabilir. Örneğin bir grup kemiricideki belirli DNA değişimlerinin hızı, maymunlardaki hızın beş katı kadardır. Fenotipin farklı bileşenlerinin farklı hızlarda evrimleşmesi nedeniyle, sınıflandırmanın dayandırılacağı özelliklerin seçiminde çok dikkatli davranmak gerekir. Farklı özellik kümelerinin kullanılması oldukça farklı sınıflandırmaların ortaya çıkmasına yol açabilir.

Linnaeus'un önerdiği geleneksel hiyerarşideki her rütbe (tür, cins, takım ve diğerleri) bir kategori olarak ifade edilir.[14] Bu bi-

yerarşik düzende belirli organizmaların dahil olduğu takson (grup) ne kadar alt düzeyde ise bu taksonun içerdiği türler birbirleriyle o kadar çok benzerlik taşır ve bunların ortak ataları daha yakın bir geçmişe sahiptir. Üst kategorilerin herhangi biri için işlevsel olarak belirlenmiş tanımlar yoktur. Üst kategorilerin birçoğu çok iyi belirlenmiş olup, büyük bir doğruluk ve kesinlikle tarif edilebilir (örneğin kuşlar ya da penguenler); ancak bu taksonların yerleştirildikleri kategori çoğunlukla nesnel değildir ve bir parça yorum içerir. Örneğin, belirli cinsleri içeren bir grup, bazı uzmanlarca oymak (tribe) olarak adlandırılırken, diğerleri bunları bir familya ya da altfamilya olarak adlandırabilirler.

En geçerli sınıflandırma yöntemleri, Darwin döneminin hemen sonrasında yaşanan, karşılaştırmalı anatominin parlak günlerinde geliştirilmiştir. O dönemde atasal bir organizma söz konusu olduğunda, bunun sadece atasal kökü teşkil eden tek bir tür değil, tüm bir taksonun temsilcisi olduğu düşünülüyordu. Dolayısıyla, en alttaki kategorik düzeyin en yakın ortak atası memeliler için terapsid sürüngenler, kuşlar için dinozorlar ya da bir başka sürüngen grubudur. Bu monofili kavramı ve tanımından ötürü geleneksel taksonomideki bütün taksonlar (doğru oluşturulduğunda) monofiletiktir. Buna ek olarak, bu monofiletik kavram çevresinde hiçbir grup parafiletik değildir. Bir kladist için bir grup eğer türemiş taksonun kökenini oluşturan kladı (dalı) içeriyorsa, parafiletiktir. Parafili kavramı Darwinci sınıflandırma için bir anlam taşımaz. Darwin için eğer bir taksonun bütün üyeleri en düşük kategorik düzeydeki en yakın ortak atasal taksondan türemiş ise, bu takson monofiletiktir ve bu tanım bugün hâlâ Darwinci sınıflandırma yapan taksonomistler tarafından kullanılmaktadır.

Linnaeus hiyerarşisinin tipik özelliği, büyük ölçüde süreksizlik (kesintililik) içermesidir. Canlı organizmalar arasında sürüngenlerle memeliler, tüpburunlu kuşlarla (tubinares) penguenler veya serbest-yaşayan yassı solucanlarla (turbelleria) parazitik

yassı bağırsak solucanları (trematodes) arasında geçiş formları yoktur. Bu gözlem uzun zamandır kafaları karıştırmakta ve Darwinci olmayan ve sıçramalılığı savunan kuramlara esin kaynağı olmaktadır. Oysa evrim araştırmaları çeşitlenme örüntüsünü anlamada yardımcı olmaktadır.

Yeni organizma tiplerinin birçoğu filetik bir soy çizgisinin, yani var olan bir tipin aşamalı dönüşümüyle ortaya çıkmaz. Daha çok, yeni bir uyum bölgesine kurucu bir tür girer ve bu yeni çevreye en yüksek uyumu sağlayacak hızlı düzenlemeleri yapmada başarılı olur. Bu başarı sağlandığında, bu yeni soy çizgisi bir durağanlık dönemine girebilir ve bu dönemde büyük ölçüde türleşme gerçekleştiği halde, yapısal tipte herhangi bir yeni oluşum söz konusu olmayabilir. İki binden fazla *Drozophila* türü bu durumu yansıtır. Beş binden fazla sayıdaki ötücü kuş türü de bir tek temanın varyasyonlarıdır.

Tür oluşturan iki evrimsel süreç vardır. Birbirleriyle zayıf bir karşılıklı ilişkinin bulunduğu bu süreçlerden biri fenotipte zaman içerisinde değişikliğin ortaya çıkması, diğeriyse çeşitliliğin (türleşmenin) artışıdır. Geleneksel Linnaeus hiyerarşisinde taksonlar arasındaki boşluklar ve üst taksonların boyutundaki büyük değişiklik bu iki süreç arasındaki karşılıklı ilişki eksikliğiyle açıklanır. Kurucu bir tür çok uygun bir uyum bölgesine ulaştığında, temel yapısal tipinde değişikliğe yol açacak herhangi seçici bir baskıya maruz kalmaksızın çok sayıda türleşme geçirebilir.[15] Darwinci sınıflandırma sistemi, birbiriyle eşit olmayan boyutlardaki taksonların üstesinden gelmek ve atasal olan ile ondan türeyen taksonlar arasındaki boşlukları yansıtmak için özellikle uygundur.

Ancak Darwinci sınıflandırma yapan bir kişi yaşayan taksonların "yatay" sınıflandırmasını soyu tükenmiş canlıları kapsayacak şekilde genişlettiği zaman problemler ortaya çıkar. Yakın zamana ait canlılar, evrimsel ağacın sayılamayacak kadar çok sayıdaki dallarının son noktalarıdır. Daha üst düzeydeki taksonlar birbirlerinden evrimsel farklılaşma ile soy tükenmesin-

den kaynaklanan boşluklarla ayrılırlar. Oysa tam bir sınıflandırma, türeme yoluyla birbirleri ve mevcut canlı organizmalarla ilişkili olan soyu tükenmiş grupları da içermek zorundadır. Fosil taksonların sınıflandırılmasında çok sayıda sorun bulunmaktadır ve bu sorunlar üzerinde henüz bir fikir birliği sağlanamamıştır. Bugün yaşayan iki takson arasında geçiş niteliğinde olan bir fosil takson nasıl değerlendirilecektir? Yeni taksonların ortaya çıkışı neredeyse istisnasız olarak, gelişmekte olan atasal taksondaki "tomurcuklanma" ile başlar. Yeni türemiş bir taksonun "köken türü" için fosil kayıtlarından kanıt sağlamak genellikle olanaksızdır.

Temel yönleriyle Darwinci sınıflandırmanın iki-kıstaslı (soy ve benzerlik) yaklaşımına yirminci yüzyılın ortalarına kadar itiraz edilmedi. Şüphesiz birçok taksonomist monofili sınamasına gereken önemi vermiyor ve benzerlik ölçümü için gerekli titizliği göstermiyordu. Bununla birlikte 1960'lı yıllara kadar tümden yeni yöntemler önerilmemiştir. Yeni metodolojilerin her biri sadece Darwin'in iki kıstasından birini kullanır: Nümerik fenetik benzerliğe dayanırken, kladistik sınıflandırma (Hennig sıralaması) soya dayanır.

Nümerik fenetik

Nümerik fenetikçilerin amacı, çok sayıda özellik üzerinde fikir birliğine varıp, nümerik yöntemlerle türleri gruplayarak öznelliği ve keyfiliği önlemektir. Fenetikçiler ortak atadan türeyen grupların, iyi tanımlanmış taksonları kendiliğinden oluşturacak şekilde, çok sayıda ortak özelliği paylaştığına inanırlar.

Nümerik fenetiğe yönelik önemli itirazlar, çok fazla sayıda özelliğin (50'den ve hatta tercihen 100'den fazla) incelenmesini gerektirerek elverişsiz bir yöntem olmasına dayanır. Şöyle ki bu yöntem, farklı taksonomik öneme sahip özelliklere farklı ağırlıklar vererek yaklaşamaz, taksonların hiyerarşik düzeylerini saptamak için bir metodoloji sunmaz, farklı özellik bileşimlerinin farklı hızlarda evrimleştiğini göz önünde bulundurmaya izin

vermez ve son olarak, farklı özellik kümelerinin kullanılmasıyla farklı sınıflandırmalara yol açar ve aşamalı olarak geliştirilemez.

Sadece morfolojik özellikler kullanıldığı sürece nümerik fenetik yetersiz kalmıştır, çünkü basitçe, sayılacak yeterince özellik söz konusu değildi. Çok sayıda moleküler özellik devreye girdikten sonra bu durum büyük ölçüde değişmiştir. DNA melezleştirmesi, gerçekte fenetik bir yöntem olmakla birlikte, çok sayıda özelliğin dikkate alınması dolayısıyla fenetik incelemelerdeki standart hataların birçoğunu önler. Bilgisayar programlarıyla yapılan taksonominin "uzaklık" yöntemlerinden bir kısmı da temelde fenetik yöntemlerdir. Bu yöntemlerin diğer yöntemlere (örneğin, parsimoniye) göre daha değerli olup olmadığı konusunda hâlâ fikir birliği yoktur.

Kladifikasyon

Darwinci sınıflandırmaya yakın zamanda geliştirilen diğer bir alternatif tümüyle soya dayandırılan bir sıralama sistemidir. Willi Hennig, 1950 yılında Almanca olarak yayınladığı çalışmasında, önerdiği yöntemin, soya dayalı sınıflandırmanın kesin olarak temellenmesini mümkün kılacağını iddia etti. Hennig'in en temel kıstasları şunlardı: (1) Sadece ortak kökenli oldukları tartışmasız olan özelliklere ("apomorfiler") sahip gruplar tanımlanmalı, atasal ("plesiomorfik") özellikler ise sınıflandırmada dikkate alınmamalıdır. (2) Her takson, köken olan ve bundan türemiş türleri (yok olan guplar dahil) içerecek şekilde, filogenetik ağacın bir dalını oluşturmalıdır. Dolayısıyla Hennig'in referans sistemi, benzerlikleri (yani evrimsel değişim miktarını) dikkate almayan ve basitçe evrimsel ağacın dallarından (kladlar) oluşan bir sistemdir.

Darwinci benzerlik değerlendirmesinde sadece apomorfiler değil, mümkün olabilen en fazla sayıda özellik kullanılır. Bundan dolayı atasal özellikler gereğince dikkate alınır; çünkü bunlar bir taksonun durumuna, dolayısıyla sınıflandırma statüsüne önemli ölçüde katkıda bulunur. Aynı durum kardeş taksonların

statülerinin saptanmasında kullanılan otopomorfiler için de söz konusudur. Mümkün olduğu kadar çok özelliğin kullanılması, Darwinci sınıflandırmaya ek bir üstünlük kazandırır: "Bir nesneyi belirli bir sınıflandırmaya dahil etmek, bize o nesne hakkında mümkün olduğunca fazla bilgi verir (vermelidir). En uçtaki bir sıralama algısı için ideal olan, doğru sınıflandırmanın bir nesne hakkında mümkün olan her şeyi söyleyebilmesidir" (Dupré, 1993:18).

Katı nümerik fenetikçi yönteme aykırı olarak Darwinci sınıflandırma, gruplandırmanın nedenine gerekli önemin verilmesi görüşünü kladistikle paylaşmaktadır. Sonuç olarak makrotaksonominin bu iki ekolü kendilerince tanımlanan taksonların monofiletik olması gerekliliği konusunda ısrarlıdır. Geleneksel tanıma göre bir taksonun monofiletik olabilmesi için bütün üyelerinin en yakın ortak atasal taksondan türemiş olması gerekir ve bu tanım Darwinci taksonomistler için hâlâ geçerlidir. Oysa Hennig, tamamıyla farklı bir ilke önermektedir. Ona göre bir grup eğer köken türün bütün türeyenlerinden oluşmuşsa "monofiletik"tir. Bu tanım taksonların tümüyle değişik bir biçimde belirlenmesine yol açtığından, Ashlock (1971) Hennig'in yeni kavramı için "holofiletik" terimini önermiştir. Monofiletik terimi geleneksel anlamda bir taksonu nitelemede kullanılan bir sıfat iken, Hennig'in holofili kavramı taksonları belirlemeye yönelik bir yöntemi ifade eder. Geleneksel yöntemle belirlenmiş taksonlar Hennig'in yöntemiyle belirlenenlerden farklı olsalar da her iki durumda da taksonların hiyerarşisi kesinlikle soya bağlıdır.

Hennig sistemindeki bir klad Darwinci sınıflandırmadaki bir taksona karşılık gelmez ve bu nedenle farklı bir teknik isimle, yani "kladon" olarak adlandırılır.[16] Her kladon "köken türe" ulaşılana kadar izlenir (ve bu türü içerir); yani köken tür, bu dalın (klad) ilk apomorfik özelliğini sergileyen türdür. Hennig sisteminin temelini sınıflar yerine kladlar oluşturduğu için bu sistem "kladistik sınıflandırma" olarak adlandırılır ve böylece gerçek sınıflandırmalardan ayırt edilmiş olur.

Özellikleri tek olarak türemiş olanlar ve atasal olanlar diye gruplayan ve kladistik inceleme olarak adlandırılan bu metodoloji, filogenetik inceleme için mükemmel bir araçtır. Bu yöntem taksonları monofili açısından sınamaya uygun bir yoldur. Özelliklerin filogenisiyle ilgilenen herkes, kladifikasyonun tür ve taksonları filogenilerine göre sıralamak için mükemmel bir yöntem olduğunu görür. Bununla birlikte, bir kladogramın filogenetik çalışmalar için taşıdığı değere sahip olsa da kladifikasyon bir klasik sınıflandırmanın hemen hemen tüm ilkelerini ihlal eder. Bu sistemin bazı eksikliklerini şöyle sıralayabiliriz:

(1) Kladların (kladonlar) çoğu büyük ölçüde heterojendir. Köken tür ve diğer köken gruplar kendi kladlarının uç gruplarından çok, kardeş kladların köken gruplarına benzerler. Diğer bir deyişle, benzer olmayan tür grupları aynı kladonda bir araya gelirken, benzer tür grupları (kardeş köken gruplar) farklı kladonlara ayrılmıştır.

(2) Sıklıkla, ya köken tür ya da köken grubun tümü atasal bir taksonda yer alır. Örneğin, memelilerin ataları olan terapsid sürüngenler Reptilia grubunda yer alırken, kuşların muhtemel ataları olan dinozorlar da Reptilia içindedir. Bu köken grupları bugüne kadar dahil edilmiş oldukları taksonun dışına çıkarmak, bu taksonu "parafiletik" hale getirir ve kladistik ilkeler çerçevesinde bu taksonun bir değeri kalmaz. Ortaya çıkan sonuç, yakın zamanda tanımlanmış yüksek taksonların büyük bir kısmının yıkılmasıdır. Bu sonuç, türemiş taksonların başlangıcı olarak yeni tanımlanmış fosil taksonları da kapsar.

(3) Kardeş grupların aynı taksonomik düzeye dahil edilmesi gerekliliği gerçekçi değildir; çünkü çoğunlukla olmasa bile ara sıra, kardeş gruplar otopomorfik özelliklerin, yani bu dala özgü türemiş özelliklerin sayısı açısından farklıdırlar. Başlangıcından itibaren çok az evrimleşmiş bir kardeş grup ile çok büyük evrimsel değişim geçirmiş (örneğin kuşlar gibi) bir başka gruba orijinal Hennig düzenlemesinde aynı kategorik rütbenin verilmesi zorunlu olmuştur.

(4) Hennig'in metodolojisinde geçerli bir sıralama kuramı yoktur. Hennig'in kendi taraftarları onun önerdiği sıralama kıstaslarından sadece ikisini terk etmişlerdir. Bu iki kıstas jeolojik zaman ve kardeş grupların kategorik eşitliğidir. Bunların yerine, taraftarları Hennig'in özellikle reddettiği bir kıstas olan farklılık derecesini benimsemişler ve kendi değerlendirmeleri için sadece öznel kıstasları kullanmışlardır.

(5) Hennig'e göre, köken tür içindeki her yeni sinapomorfi (türemiş özellik) yeni bir kategorik düzeyin tayin edilmesini gerektirir. Birçok kladist tarafından kabul edilmemesine karşın, bazı kladistler bu ilkeyi tür düzeyinde uygulamış ve tek bir özellik bakımından farklı olsa bile her popülasyonun tür düzeyine yükseltilmesini isteyecek kadar ileri gitmişlerdir (filogenetik tür kavramı). Sistemin bu şekilde paramparça edilmesi kuşkusuz taksonomik bir kaosa yol açar ve bilginin yeniden elde edilmesini neredeyse olanaksız hale getirir.

(6) Apomorfik olmayan özelliklerin tümü göz ardı edilmektedir. Taksonominin en eski ve en çok doğrulanmış kurallarından biri, bir sınıflandırmada ne kadar çok özellik kullanılıyorsa bu sınıflandırmanın o kadar kullanışlı ve güvenilir olacağıdır. Kladistik inceleme için sadece türemiş özelliklerin kullanılabilir olması gayet doğru olmakla birlikte, böyle bir kısıtlama bir sınıflandırmada taksonların belirlenmesi sırasında hiçbir anlam taşımaz. Aslında birçok takson, atasal özelliklerin yaygınlığına göre tanımlanır. Bunun da ötesinde, otopomorfik özellikler göz ardı edilirse, bu durum evrim hızlarındaki asimetriyi tümüyle gizler. Hennig'in kladistik sınıflandırmasının geleneksel sınıflandırmadan çok, bir tanımlama şemasının özelliklerine sahip olduğu netlik kazanmıştır. Önde gelen kladistler kendi metodolojilerinin tanımlayıcı değere sahip özellikler için bir arayış olduğunu gerçekten de tekrar tekrar vurgulamışlardır.

(7) Kladistler tarafından belirlendikleri şekliyle kladonlar tek yönlü bir akrabalığı yansıtır. Bunun nedeni, uzak mesafedeki soylara göre genetik olarak birbirlerine daha yakın olmalarına rağ-

men, kardeş grupların bu kladonların dışında bırakılmasıdır. Kladistik ilkelere göre, Charlemagne'nın günümüzdeki torunları ona, onun erkek ve kız kardeşlerine olduğundan daha yakındırlar.

Kladistik bir sınıflandırma ilkesel olarak tek-özellikli bir sınıflandırmadır. Klad ya da "kladon" köken türdeki ilk apomorfiyle tanımlanır.[17] Tek-özellikli herhangi bir sınıflandırma filogeniye kesin bir uyum gösterse de yapay ve heterojen taksonlarla sonuçlanır. Yüz yılı aşkın bir süredir, önde gelen taksonomistler tek-özellikli sınıflandırmaları reddetmektedirler. Onlara göre iyi bir sınıflandırma mümkün olan en fazla sayıda özelliğe dayandırılandır.

Hennig'in filogenetik kladistik sınıflandırmasındaki bu eksiklikler, bu yöntemin klasik bir Darwinci sınıflandırma yönteminin yerini alamamasının nedenini açıklar. Bununla birlikte bir kimse eğer sadece filogenetik bilgiyle ilgileniyorsa, Hennig'in sistemini kullanabilir. Diğer bir deyişle, hem Hennig'in kladifikasyonu hem de geleneksel Darwinci sınıflandırma geçerlidir, ancak bunların farklı uygulama ve amaçları vardır.[18]

Bilginin Saklanması ve Yeniden Kullanımı

Bütün bu güçlükler karşısında farklı yazarların farklı sınıflandırma yöntemlerini savunmaları oldukça sık rastlanan bir durumdur. Bunlardan hangisini seçmek gerekir? Bu sorunun cevabı, en pratik ve bilginin saklanması ve yeniden kullanılmasında istikrar sağlamaya en uygun olanın seçilmesinin gerektiğidir. Bir iletişim sistemindeki temel önkoşullardan biri istikrardır; bir sınıflandırmanın kullanışlılığı onun istikrarlı oluşuyla doğrudan ilişkilidir. Geleneksel Darwinci sınıflandırma sistemi gayet istikrarlı olmaya yatkınlığı nedeniyle, bu açıdan ideal olandır. Buna karşın kladistik sınıflandırmalar geleneksel sınıflandırmalarla çoğunlukla çelişir ve yeni özelliklerin araştırılması yanı sıra homoplazilerin yeni çözümlemeleri, hatırı sayılır ölçüde değişiklik gerektiren kladistik sınıflandırmaları ortaya çıkarır ve dolayısıyla istikrarsızlığa yol açabilir.

Bir koleksiyonda ya da yayınlanmış bir sınıflandırmada yer alan taksonların sırası, zorunlu olarak doğrusal (tek boyutlu) olmak zorundadır. Oysa, ortak soy üç boyutta dallanan bir olgudur. Bir filogenetik ağacın dallarının ve sürgünlerinin nasıl ayrılacağı ve bu sürgünlerin doğrusal bir sıra içinde nasıl düzenleneceği bir ölçüde kişinin takdirine kalmıştır.

Bu, fliogenetik ağacın bir ağaçtan (dendrogram) çok bir çalı gibi (thamnogram) olması durumunda özellikle geçerlidir. Bu sorunu çözmek için bir dizi gelenek benimsenmiştir: (1) Türemiş olduğu açıkça belli olan taksonlar, türemiş oldukları taksonların sonrasına yerleştirilir. Böylece örneğin karaciğer kelebeği (trematod) ve bağırsak şeritleri (cestod), serbest yaşayan yassı solucanlardan (turbelleria) sonra gelirler. (2) Özelleşmiş taksonlar, görünürde daha "ilkel" ve daha fazla genelleşmiş taksonlardan sonra yerleştirilir. (3) Güçlü nedenler olmaksızın geniş ölçüde kabul görmüş dizilerin değiştirilmesinden kaçınılır; çünkü bu gibi geleneksel diziler, bilginin saklanması ve yeniden kullanılmas için önemlidir ve taksonomik literatür ve koleksiyonlarda bu şekilde benimsenmiştir.[19]

İsimler

Yüksek taksonlara verilen isimler, bilginin yeniden kullanılması amacı için uygun etiketler olarak iş görürler. Coleoptera (Kınkanatlılar) ve Papilionidae (Kuyruklu kelebekler) gibi terimlerin en üst düzeyde kullanışlı olabilmesi için, dünyanın her yerinde tüm zoologlar için aynı anlamı ifade etmesi gerekir.[20] Etkili ve evrensel olarak benimsenen böyle bir geleneksel adlandırma sistemi olmasaydı, milyonlarca organizmadan söz etmek ve onlarla ilgili bilgiyi depolamak tümden imkânsız olurdu. Bu pratik nedenlerden ötürü taksonomistler adlandırmayla ilgili bir dizi kural benimsemiştir.

Bu kurallar zooloji, botanik ve mikrobiyal adlandırmanın (nomenclature) uluslararası ilkelerinde belirtilmiştir. Taksonomistlerin iletişim sisteminin temel amaçları *Code of Zoological*

Nomenclature'un (Zoolojik Adlandırma Yasası, 1985) önsözünde çok iyi ifade edilmiştir: "Yasanın amacı hayvanların bilimsel adlarının istikrarlı ve evrensel olması ile her adın biricik ve farklı olmasını sağlamaktır. Yasanın bütün koşulları bu amaca hizmet eder. Bir bitki veya hayvanın bilimsel adı onun genus ve tür epitetinden oluşur (Linnaeus'un ikili adlandırması). Örneğin, sarı renkli bir papatyanın adı *Hieracium* (generik) *aurantiacum*'dur (tür epiteti). Organizmaların bilimsel adları için seçilen dil Latince'dir. Latince, ortaçağ sonrası dönemde bilim insanları arasında bir *lingua franca* olarak benimsenmiştir.

Yeni türlere ait ilk tanımlamalar, özellikle iyi bilinmeyen gruplar için çoğunlukla yetersiz kalır ve tanımlamayı yapan kişiye gerçek türe ait kesin bilgi vermeyebilir. Bu nedenle her türün bir "tip örneği" vardır. Bu örnek onun hangi türe ait olduğunu belirlemek için, başlangıçtaki tanımlamadan sonra elde edilmiş yeni bilgilerden de yararlanılarak her zaman incelenebilir. Bu örnek için kullanılan "tip" sözcüğü Linnaeus dönemindeki özcü felsefeye dayanır ve oldukça yanıltıcıdır; çünkü böyle bir "tip" tür için tipik değildir ve modern tür tanımı tamamen tipe dayanmamaktadır. Gerçekten de her tür ve her popülasyon farklı olduğu için tanımın, bu değişkenliği titiz bir biçimde kapsaması gerekir; diğer bir deyişle çok geniş bir örnekler dizisine dayandırılması gerekir.

Bir türün tipi bir örnektir, bir genusun tipi bir türdür (tip tür) ve bir familyanın tipi ise bir genustur. Bir familyanın adı tip genusun köken isminden oluşmak zorundadır. Bir türün tip örneğinin toplandığı yer (lokalite) tip lokalitesidir. Bu bilgi bütün politipik türler için önemlidir. Politipik tür, çeşitli coğrafi alttürleri içeren türdür.

Bir taksonun birden fazla adı varsa, geçerli olan isim çoğunlukla en eski olandır. Bununla birlikte özellikle taksonominin ilk dönemlerinde çeşitli nedenlerle eski isim göz ardı ediliyor ya da reddediliyordu ve söz konusu taksonun yeni ismi evrensel olarak benimsenir hale geliyordu. Bilginin yeniden kullanılması,

daha önce reddedilen ismin sırf önceliği nedeniyle kullanılmaya başlamasıyla zora girer. Modern yasalarda adlandırmanın istikrarlılığını sağlamak için, daha önceki adın hangi koşullarda geçersiz kılınacağı ele alınmıştır. Zoolojide adlandırmada öncelik kuralı sadece tür, genus ve familya adlarında uygulanır, daha üstteki takson adlarına uygulanmaz.[21]

Organizma Sistemleri

Aşağı yukarı on dokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar organizmalar hayvanlar ve bitkiler olarak sınıflandırılıyordu. Hayvan olduğu kesinlik kazanmayan bir canlı, bitki olarak ayırt ediliyordu. Bununla birlikte mantarlar ve mikroorganizmalar üzerine yapılan ayrıntılı çalışmalar bunların bitkilere özgü özellikler taşımadığı ve bağımsız daha yüksek bir takson olarak tanımlanmaları gerektiğini ortaya koydu. Organizmaların sınıflandırılmasında en büyük değişim 1930'larda, Bacteria ile bunların akrabalarını içeren Monera'nın (prokaryotlar), çekirdekli hücreler içeren diğer bütün organizmalardan (ökaryotlar) tümüyle farklı olduğunun anlaşılmasıyla gerçekleşmiştir.

Yaşamın başlangıcından (yaklaşık 3,8 milyar yıl önce) günümüzden yaklaşık 1,8 milyar yıl öncesine kadar geçen sürede sadece prokaryotlar var olmuştur. Prokaryotlar bugün genellikle iki âleme (kingdom) ayrılır: Archaebacteria ve Eubacteria. Bunlar uyum bakımından ve ribozom yapılarının farklı olmasıyla birbirlerinden ayrılırlar.[22] Yaklaşık 1,8 milyar yıl önce ilk tekhücreli ökaryotlar ortaya çıkmıştır. Bunların belirgin özellikleri, zarla çevrelenmiş bir çekirdeğe, çekirdek içerisinde yer alan kromozomlara ve çeşitli hücre organellerine sahip olmalarıdır. Hücre organelleri, simbiyotik prokaryotların ilkel hücreye dahil olmasıyla evrimleşmiştir. Bu simbiyozisin başlangıcıyla ilgili kesin ayrıntılar ve özellikle çekirdeğin nasıl ortaya çıktığı hâlâ tartışılmaktadır. Çokhücreli organizmalara ait ilk fosil kayıtları, yaklaşık 670 milyon yıl gibi yakın bir zaman öncesine aittir.

Ökaryotları sınıflandırmak için birkaç olası yol bulunmaktadır. Yakın zamana kadar, kolaylık sağlaması nedeniyle tekhücreli ökaryotlar Protista adı verilen tek bir taksonda toplanıyordu. Bazı protistlerin (Protozoa) hayvanlara, bazılarının bitkilere, diğer bir kısmının ise mantarlara yakın olduğu kesinlik kazanmasına rağmen, hayvan ve bitkileri tanımlamada kullanılan geleneksel kıstaslar (klorofil içerme, hareket yeteneği) bu düzey için genellikle geçersiz olmakta ve daha önce uygun görülen "protista" etiketinin saklı tutulmasındaki belirsizlik büyük ölçüde sürmektedir. Özellikle Cavalier-Smith tarafından yapılan ve daha önce reddedilmiş özellikleri (örneğin bazı membranların bulunuşu) ve moleküler nitelikleri kullanan yeni araştırmalar, bu konuya önemli bir açıklık getirmiştir.

Tekhücreli ökaryotlardan protista olarak söz etmek hâlâ uygun olsa da protista'nın formel bir takson olduğunu savunmak artık mümkün değildir. Bunlar için üç mü, beş mi yoksa yedi âlem mi tanımlanacağı konusu karşıt taraflar arasında hâlâ tartışma konusudur. Uzman olmayanlar için daha az sayıda âlemin kabul edilmesi uygun olabilir. Böylece organizma sistemleri iki imparatorluk ve onlara ait âlemlere ayrılabilir:

Prokaryota İmparatorluğu (Monera)
- Eubacteria Âlemi
- Arhaebacteria Âlemi

Eukaryota İmparatorluğu
- Archezoa Âlemi
- Protozoa Âlemi
- Chromista Âlemi
- Metaphyta Âlemi (bitkiler)
- Fungi Âlemi (mantarlar)
- Metazoa Âlemi (hayvanlar)

"Nasıl?" Soruları: Yeni Bir Bireyin Oluşumu

Her tür binlerce, milyonlarca ve hatta milyarlarca bireyden oluşur. Her gün bunların birçoğu ölür ve ölenlerin yerini yenileri alır. Yeni bireyler oluşturan mekanizmanın çoğunlukla eşeyli üreme olduğunu düşünsek de, yeni bir birey oluşturmanın en basit yolu mevcut bireyin ikiye bölünmesidir. Bu, prokaryotların, birçok protist ve mantarın ve hatta bazı omurgasız grupların normal üreme biçimidir.

İkiye bölünmeye ek olarak, başka eşeysiz üreme yolları da bulunmaktadır. Bazı bitkiler ve omurgasızlarda yeni bir birey oluşturmanın sıklıkla rastlanan biçimi tomurcuklanmadır. Vücut duvarının herhangi bir yerinde bir tomurcuk oluşur ve bu tomurcuk vücuttan ayrılarak yeni bir birey haline gelir. Toprak altında sürünen kısımlar aracılığıyla gerçekleşen vejetatif üreme, bitkilerde sıklıkla rastlanan bir durumdur. Bazı eşeysiz or-

ganizmalarda yeni bireyler yumurtaların gelişmesiyle oluşur; döllenme gerekli değildir. Bu sürece döllemsiz çoğalma (partenogenez) denir. Yaprak bitleri, planktonik kabuklu organizmalar ve başka bazı hayvanlarda partenogenetik ve eşeyli üreyen nesiller birbirini izleyebilir.

Daha yüksek organizmalarda yeni bireylerin ortaya çıkışı çoğunlukla sadece eşeyli üreme aracılığıyla gerçekleşir. Bu üreme tarzı yumurta ve spermin gelişmesi, iki eşeyin çiftleşmesi ve gelişen embriyonun korunması sırasında gerçekleşen çok sayıda karmaşık olayı içerir. Şaşırtıcı olmayan bir biçimde, bu üreme stratejisinin sağladığı seçici üstünlüğü açıklayabilmek, evrimsel biyolojide en uzun süren anlaşmazlıklardan birini ortaya çıkarmıştır. Döllemsiz çoğalmayla üreyen bir dişi, eşeyli üreyen bir dişiye oranla iki kat daha fazla doğurganlığa sahiptir; çünkü kendi başına üreme yeteneği olmayan erkek nesiller oluşturmak zorunda değildir. Eşeyli üremenin başarılı olmasının nihai açıklaması, bu tip üremenin yavruların genetik değişkenliğini fazlasıyla artırması ve değişkenlik artışının hayatta kalma savaşında çok sayıda avantajı beraberinde getirmesidir. Hastalıklara karşı duyarlılıkta ortaya çıkan azalma, bu avantajlardan sadece bir tanesidir.

Beynin çalışması hariç, canlılar dünyasındaki başka hiçbir olgu döllenmiş yumurtadan yeni bir bireyin gelişmesi kadar mucizevi değildir. Bu süreci anlamamızın tarihi kabaca üç döneme ayrılabilir. Antik çağlardan 1830'a kadar uzanan ilk dönem, gelişme halindeki embriyonun tanımlanmasına odaklanmıştı. Bu dönemde özellikle üzerinde durulan konu, anne ve babanın embriyoya nasıl katkıda bulunduklarıydı. İkinci dönem hücre kuramıyla, yani omurgalı yumurtası ile er suyu içindeki dölleyici unsur olan spermanın birer hücre olduğunun keşfiyle başladı. Bu dönemdeki araştırıcılar özellikle, döllenmiş yumurtanın bölünmesi ve bu bölünme sonucu ortaya çıkan her bir hücrenin doğal akıbeti, yani bunların farklı organ ve yapıları oluşturmaya katkılarıyla ilgileniyorlardı. Bu ilk iki dönemdeki embriyolo-

ji zorunlu olarak betimleyiciydi. Amaç, *nelerin* olup bittiğini ortaya çıkarmaktı.

Üçüncü dönemde, gelişimin *nasıl* cereyan ettiğini, yani embriyonik yapıların oluşumuna yol açan mekanizmaları araştırmak olanaklı hale geldi. Yirminci yüzyılın ilk yıllarında, gelişimin belirli genler tarafından kontrol edildiği ve embriyonun farklı kısımları arasında karmaşık etkileşimler olduğu gösterildi. Böylece, gelişmekte olan hücrelerin davranışlarının sadece genlerle değil, bu hücrelerin farklı gelişim evrelerinde içinde bulunduğu hücresel ortamla da ilişkili olduğu anlaşılıyordu.

Başlangıçta, genlerin ve genlerle kontrol edilen biyokimyasal süreçlerin incelenmesi zorunlu olarak indirgemeciydi. Ancak kısa süre içinde, genlerin birbirleri ve hücresel ortamla tıpkı bir orkestradaki müzisyenler gibi etkileştikleri görüldü. Bir bireyin oluşumu sırasında genlerin ve hücrelerin çok iyi organize olmuş bu etkileşimlerinin araştırılması, gelişim biyolojisinin günümüzde ulaştığı son noktadır. Ancak, bu araştırma yüzyıllarca süren titiz betimleyici çalışmalar olmadan başlayamazdı. Bu konudaki buluşlar zahmetli ve yavaş gerçekleşmiştir.

Gelişim Biyolojisinin Başlangıcı

Çeşitlilik canlılar dünyasının önde gelen özelliğidir ve bu, gelişimsel süreçler için de geçerlidir. Yine de, birbirlerine akraba olan organizmalar genellikle benzer gelişim gösterirler. Kuluçkadaki yumurta içinde civciv gelişiminin, bir başka omurgalı canlı olan memeli embriyosunun gelişim sürecine yakın olduğu yaklaşık olarak MÖ 1000 sıralarında Eski Mısırlılar tarafından fark edilmişti. Ancak, Aristoteles'in hayvan embriyolojisi üzerine betimleyici ve karşılaştırmalı yazıları daha önceki bu mütevazi bilgileri gölgede bıraktı. Aristoteles erkeklik ve dişiliğin niteliğini, üreme organlarının yapı ve işlevini, yavrulama (viviparlık, canlı yavru doğurma) ile yumurtlama (oviparlık, yumurtanın vücut dışında açılması) olaylarını, farklı hayvan türlerindeki çiftleşme biçimlerini, spermin oluşum ve özelliklerini ve üre-

me ile gelişime ilişkin diğer bütün yönleri tartışarak, üreme biyolojisinin temellerini attı.

Esasında, üreme alanında on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar tartışmalı olan iki sorunla Aristoteles daha o dönemde yüzleşmişti. Bunlardan biri, pangenez kuramı (vücuttaki her hücrenin üreme hücrelerine genetik malzeme sağladığını savunan görüş) diğeri ise ön oluşuma karşı sıralı oluşum tartışmasıdır. Hayvan gelişimi alanındaki bu öncünün, kapsamlı bir karşılaştırmalı gözlem ve mükemmel bir akıl yürütmeyle, on dokuzuncu yüzyılda bile aşılamayan böylesine bir bütünselliği yazılarına yansıtabilmiş olması akıl almaz niteliktedir.

Bununla birlikte Aristoteles'in de yanlış gördüğü bazı noktalar yok değildi. Gözlemlediği bütün hayvan gruplarının dişileri yumurta üretiyordu; ancak anlaşılan o ki memeli dişilerinin de yumurtası olabileceği Aristoteles'in aklına hiç gelmemişti. Bunun yerine, erkek sperminin dişinin menstrual kan pıhtısını şekillendirdiğini ve memeli embriyosunun bundan oluştuğunu öne süren kuramını benimsedi.[1]

Uzun bir süre Aristoteles'in, kendisini çok etkileyen gelişimin doğasını açıklama girişimiyle ikinci bir yanlışlığa düşmüş olduğuna inanıldı. Kurbağa yumurtası istisnasız bir biçimde bir balık ya da tavuk değil, bir kurbağa oluşturuyordu. Yumurta sanki onu belli bir amaca yönlendiren bir bilgiyi içeriyordu. Bu belirlilik, Aristoteles'i yumurtanın değişmez bir biçimde ergin hale dönüşmesinden sorumlu bir "nihai neden"i varsaymaya itti. Metafiziksel bir ajan gibi görünen Aristoteles'in *eidos*'unun, bizim bugün genetik program dediğimiz şeyden başka bir şey olmadığı ve dolayısıyla kesin olarak fizikokimyasal etmenlerle açıklanabileceği ancak yaşadığımız dönemde anlaşıldı. Döllenmiş yumurtanın gelişimi bir genetik program tarafından yönetilir.[2]

Üreme ve embriyoların gelişimi yüzyıllar boyunca hayranlık uyandırmış olsa da gelişim biyolojisi Aristoteles'ten sonra on yedinci yüzyıla kadar herhangi bir ilerleme göstermedi. On yedin-

ci yüzyılda Harvey, kuluçkadaki tavuk yumurtalarını hem çıplak gözle hem de basit mercekler yardımıyla dikkatle inceledi. Harvey, tavuk yumurtasının sarısını çevreleyen zar üzerinde yer alan bir yapının embriyonun başlangıcını oluşturan nokta olduğunu açık bir biçimde gösterdi. Harvey bunun yanı sıra, memeli uterusunda dişinin embriyoya katkı yapmasına hizmet eden menstrual kan pıhtısı bulunmadığını gösterdi ve memelilerde de yumurta bulunduğunu varsaydı. Kısa bir süre sonra, Stensen ve de Graaf yumurtalıktaki (ovarium) yumurta foliküllerini keşfettiler. Ancak, memeli yumurtasının asıl keşfi 1827'de Karl Ernst von Baer tarafından gerçekleştirildi. Böylece yumurtalığın, erkekteki testisin dişideki karşılığı olduğu açıklık kazandı.

Harvey'den sonraki yıllarda özellikle ilk bileşik mikroskopların kullanılmasıyla, civcivin gelişimiyle ilgili çok daha fazla ayrıntı keşfedildi. Civciv gelişiminin ayrıntılarına ait bilgimiz önce Malpighi, daha sonra da Spallanzani, von Haller ve Caspar Friedrich Wolff tarafından hatırı sayılır ölçüde genişletildi. Ancak, bütün bu araştırıcılar embriyonik organların aşamalı gelişimini hâlâ Aristoteles'in fizyolojik kuramlarıyla uyumlu hale getirmeye çalışıyordu. Gözlemlerini yerleştirmeye çalıştıkları çerçeve buydu.

Buna karşın on dokuzuncu yüzyıldaki embriyoloji tamamen farklı bir anlayışla sürdürüldü. Bu anlayışın çok daha bilimsel olduğu da söylenebilir. İşlevsel biyolojinin bütün alanlarında, sağlam olgular güçlü kuramların ayrılmaz temeli haline geldi. On dokuzuncu yüzyıl başlarındaki embriyolojinin üç büyük temsilcisi Christian Pander, Heinrich Rathke ve von Baer, öncelikle kendi bulgularını civcivi temel alarak titizlikle betimlediler ve daha sonra bunları kuramsallaştırdılar.[3] Bu bulgular arasında sırtipi (chorda dorsalis*) ve nöral boru** ve en önemlisi,

* İlkel kordalıların vücudu boyunca uzanan, omurgalılarda yalnız embriyon gelişiminin başlarında bulunan, çubuk biçiminde, destek işlevi gören ve mezoderm hücrelerinden oluşan esnek yapı. (ç.n.)

** Omurgalı embriyolarında sinir dokusundan oluşan, boylamasına uzanan tüp (ç.n.)

üç adet embriyonik tabakanın tanımlanması bulunur. Bu embriyologlar civcivden elde ettikleri bulguları, diğer omurgalılar ve hatta tatlı su istakozu yanı sıra diğer omurgasızlar üzerinde yaptıkları gözlemlerle karşılaştırdılar.

Civcivin (ve ona oldukça benzer gelişim gösteren kurbağanın) gelişimi kolayca incelenebilir olmasından ötürü geleneksel olarak embriyolojinin altın standardı sayılmıştır. Civciv de kurbağa da omurgalı gelişimine örnek oluşturur. Oysa diğer organizma kollarında sonsuz sayıda farklı gelişim biçimleri vardır.[4] Özellikle gelişmekte olan yumurtanın bölünme biçimleri farklı gruplarda birbirlerinden çok farklı olabilir. On dokuzuncu yüzyılda deneysel embriyoloji alanında çalışanlar omurgalılardaki gelişimi gömlekliler (tunicata), derisidikenliler (echinodermata), yumuşakçalar (mollusca), sölenterler (coelenterata) ve diğer omurgasız kollarının gelişimiyle karşılaştırdıklarında çok sayıda farklılık gözlemlediler. İlerideki sayfalarda yer alan genellemeler çoğunlukla omurgalılara ilişkindir.

Hücre Kuramının Etkisi

Schwann ve Schleiden tarafından 1830'larda önerilen hücre kuramının çok sayıda birleştirici katkısından bir tanesi, o zamana dek oldukça belirsiz olan yumurta ve sperm terimlerine yeni anlamlar kazandırmasıdır. Yumurtanın bir hücre olduğunu ilk kez gösteren kişi Remak'tı (1852). Ancak, Leeuwenhoek'un 1680'de er suyu içindeki spermaları keşfetmesinden sonra bile, çoğunlukla bunların sperm içindeki parazitler olduğuna inanıldı. Başkaları bunların babadan embriyoya aktarılan nesneler olduğunu iddia etse de her spermanın tek bir hücre, yani erkek üreme hücresi olduğu, bu gerçeğin Kölliker (1841) tarafından gösterilmesine kadar anlaşılamadı.

Şaşırtıcı şekilde, aşağı yukarı 1880'li yıllara kadar, döllenmenin ne anlama geldiği konusunda belirsizlik devam etti. Fizikselciler için döllenme sadece yumurta hücresindeki bölünmeleri başlatan bir itki ya da sinyaldi. DNA'yı bulan kişi olan Miesc-

her'in, 1874'e kadar döllenmeye getirdiği açıklama böyleydi. Sonunda, O. Hertwig ve van Beneden gibi hücrebilimciler, spermanın yumurtaya getirdiği şeyin sadece yumurtadaki ilk bölünmeyi başlatan basit bir komuttan ibaret olmayıp, erkek üreme hücresinin (gamet) çekirdeği olduğunu gösterdiler.

Erkek kromozomlarını haploit takım halinde içeren bu çekirdek yumurta hücresine girer. Bu kromozomlar zigotun diploit çekirdeğini oluşturmak üzere yumurta hücresindeki haploit dişi kromozom takımıyla bir araya gelir. Dolayısıyla döllenmeyle sadece diploit kromozom sayısının yeniden oluşturulması değil, ayrıca anne ve babaya ait genlerin yavruda bir araya gelmesi de sağlanır. Koelreuter gibi bitki ıslahçıları bu olguyu çok önceleri keşfetmişlerdi.

Sıralı oluşum mu ön oluşum mu?

Peki damla görünümündeki bu "şekilsiz" zigot malzemesi nasıl oluyor da bir civciv, kurbağa ya da balığı meydana getiriyor? Bu bilmece, on yedinci yüzyılda başlayıp yirminci yüzyıla kadar süren bir tartışmaya yol açtı ve sonuçta iki temel hipotez ortaya çıktı. Her ikisi de sağlam delillere dayanıyordu ve bugün artık her ikisinin de kısmen doğru kısmen yanlış olduğu biliniyor. Bunlar, ön oluşum (preformasyon) ve sıralı oluşum (epigenez) kuramlarıdır.

Ön oluşumu savunanlar hipotezlerini, döllenmiş yumurtadan istisnasız bir şekilde o yumurtayı üreten türe ait bir erginin oluşuyor olması gözlemine dayandırıyorlardı. Bu gözlemden yola çıkarak vardıkları sonuç, döllenme sırasında yumurta ya da spermin içinde gelecekteki organizmanın minyatür halde bulunduğu ve tüm gelişimin, sadece, bu ilk şeklin "evrimi" dedikleri açılışı olduğuydu. Bu kuram önde gelen ilk ön oluşumcu Malpighi tarafından güçlendirildi. Malpighi, döllenmiş tavuk yumurtasına baktığında gelişimin ilk evrelerini görebiliyordu ve bu gözlemleri gelecekteki organizmanın yumurta içinde çoktan oluştuğuna bir işaret olarak değerlendiriyordu.

Ön oluşum kavramının mantıksal uzantısı, sadece bir organizmanın önceden oluştuğu değil, önceden oluşmuş organizma içinde onun bütün soylarının da var olması gerektiği varsayımıydı. Ön oluşumun bu uzantısı kapsanma (*emboitement*) kuramı olarak adlandırıldı. Bundan sonra ortaya çıkan soru, önceden oluşmuş bireyin konumuna ilişkindi: Bu birey yumurtada mı yoksa spermde miydi? Bu döneme ait literatürde, sperma içine hapsedilmiş küçük bir adamı (homunculus) gösteren çok sayıda tasvir ve çizimler yer alır.

Koelreuter'in bitki ıslahı üzerine deneyleri (1760) melezlerin anne ve baba tarafından eşit ölçüde etkilendiğini göstererek, her iki ön oluşumcu kuramı da çürüttü. Bir türün erkek ya da dişi üreme hücrelerinden sadece birinde, önceden oluşmuş bir yetişkin bulunamazdı. Koelreuter'in deneylerini bitkiler üzerinde yapması nedeniyle, ön oluşumun bu kesin reddi uzun süre göz ardı edildi. Ancak katırlar ve diğer hayvan melezlerinin iki ebeveyn arasında bir form oluşu da göz ardı ediliyordu. Aynı şekilde karşı çıkılan bir başka konu, yenilenmeyle (rejenerasyon) ilgili bulgulardı. Bu bulgular, tatlı su polibi (hydra) ile bazı ikiyaşayışlılar (amphibia) ve sürüngenler gibi belirli organizmalarda vücudun önemli parçaları koparıldığında yenilenmenin olabileceğini gösteriyordu. Bu, aslında ön oluşumla ilgili bir süreçti.

Ön oluşumculara karşı çıkan sıralı oluşumcular, gelişmenin tümden biçimsiz bir kitleden başladığını ve bu biçimsiz kitleye bir dış gücün şekil verdiğini düşünüyorlardı. Bu dış gücü C. F. Wolff *asli güç* (vis essentialis) olarak adlandırdı.[5] Ancak sıralı oluşum tavuk yumurtalarından tavuk, kurbağa yumurtalarından da sadece kurbağa oluşmasının nedenini açıklayamadığı gibi, dokular ve embriyonik yapılardaki değişmeleri (ontogenez) de açıklayamıyordu. Bundan başka, sıralı oluşum inancına göre her tür kendine özgü bir *asli güce* sahip olmak zorundaydı. Bu güç, fizikçilerin tanımladığı, örneğin yerçekimi gibi evrensel güçlerden tümüyle farklı bir anlam ifade ediyordu. Sıralı oluşumcuların hiçbiri *asli gücün* ne olduğunu ve niçin bu kadar özel olduğunu açıklayamadı.

Yine de özellikle mikroskop tekniğindeki gelişmelerin ardından yeni döllenmiş yumurta içinde önceden oluşmuş bir vücuda ait hiçbir iz bulunamamasıyla, sıralı oluşum ile ön oluşum arasındaki mücadeleyi sıralı oluşum kazandı. Bununla birlikte, bu bilmecenin nihai çözümü, yirminci yüzyıla kadar bulunamadı. İlk adım, genotip (bireyin genetik yapısı) ile fenotip (bireyin görünen niteliklerinin tümü) arasındaki ayrımı ortaya çıkaran ve civciv oluşumu için gerekli genleri içeren genotipin, gelişim sırasında civciv fenotipinin oluşumunu kontrol edebildiğini gösteren genetik alanından geldi. Böylece genotipin, gelişim için gerekli bilgiyi sağlayan, önceden oluşmuş unsur olduğu ortaya çıkıyordu. Ancak genotip, görünürde biçimsiz bir kitle halindeki yumurtanın sıralı oluşuma ait gelişimini yöneterek, ayrıca sıralı oluşumcuların varsaydığı *asli güç* rolünü de üstleniyordu.

Son olarak moleküler biyoloji, zigota ait genetik DNA programının söz konusu *asli güç* olduğunu göstererek, son bilinmeyeni de ortadan kaldırdı. Genetik program kavramının sahneye çıkışı eski tartışmayı noktalıyordu ve bulunan cevap böylece, sıralı oluşum ile ön oluşumun bir çeşit sentezini içeriyordu. Gelişim süreci, yani fenotipin açılışı sıralı oluşumludur. Bununla bilikte, gelişim aynı zamanda ön oluşumludur, çünkü zigot, fenotipi büyük ölçüde belirleyen kalıtımsal bir genetik programı da içerir.

Uzun süren bir tartışmaya getirilen nihai cevabın karşıt görüşlerin öğelerini birleştirmesi biyolojinin tipik bir özelliğidir. Bir fili ona dokunarak anlamaya çalışan körler örneğindeki gibi, karşıt görüşlerin gerçeğin sadece kısmi yönlerinden hareketle hatalı sonuçlara ulaşmaları söz konusudur. Nihai cevaba, hataların elenmesi ve çeşitli karşıt kuramların doğru kısımlarının birleştirilmesiyle ulaşılır.

Farklılaşma: Gelişen hücrelerin ayrılması

Gelişimin en muhteşem ve uzun süre açıklanamamış yönlerinden biri, tekhücre halindeki zigottan oluşan hücreler arasındaki

aşamalı farklılaşmadır. Bir sinir hücresi ince bağırsak kanalındaki hücrelerden nasıl da bu kadar farklı hale gelebilmektedir?

Hücre farklılaşması sorunu, genetik belirlenmenin hücre çekirdeğinde, daha özelde ise kromozomlarda olduğunun anlaşıldığı 1870'li ve 1880'li yıllarda daha fazla kafa karıştırıcı hale geldi. Weismann'ın iddia ettiği gibi, vücuttaki her hücre çekirdeği aynı genetik belirleyicileri taşıyorsa, hücreler gelişim sürecinde nasıl bu denli farklılaşabiliyordu?

Bu soruna getirilebilen en basit çözüm, kromozomların kendilerini eşlediği mitotik hücre bölünmesi sırasında, farklı genetik unsurları içeren kromozomların farklı sınıflanmalarla bir araya gelerek, iki yavru hücreye dağıldığını ve hücre farklılaşmasının bu hücrelerin kazandığı özel genetik unsurlara bağlı olduğunu varsaymaktı. Eşit olmayan hücre bölünmesini öneren bu kuram şüphesiz, 1880'li yıllardan en azından 1900'e kadar yaygın görüş olarak kaldı. Ancak bu kuram doğru olsaydı, o zaman hücrebilimcilerin gözlemlediği mitozun kusursuz ve ayrıntılı oluşunun hiçbir anlamı kalmayacaktı. Roux (1883) gayet haklı olarak, hücre çekirdeğinin niçin kendi ekvatoral düzlemi boyunca basitçe ikiye bölünerek, iki yavru hücrenin çekirdeği haline gelmediğini soruyordu. Mitoz sırasında her kromozomu tek ve uzun, ince bir kromatin ipliği haline dönüştüren bu ayrıntılı mekanizmanın anlamı nedir? Roux'nun işaret ettiği gibi, eğer çekirdek çok heterojen bir malzemeyi ve belki de çok farklı partikülleri içeriyorsa, bunun bir anlamı olabilirdi. Böyle bir durumda, bu partiküllerin iki yavru hücreye eşit biçimde dağılması, sadece bu partiküller tek bir iplik üzerinde dizili ise ve bu iplik boylamasına ikiye bölünürse mümkündür. Çekirdekteki heterojen malzemenin iki yavru hücreye tamamen eşit olarak dağılmasını ancak böyle bir bölünme garanti ederdi.

Artık biliyoruz ki Roux'nun kuramı özünde doğruydu ve mitozla ilgili gözlemlerine dayanan çok parlak bir çıkarımdı. Ne yazık ki sonraki yıllarda yapılan bazı gözlemlerin bu kuramı çürüttüğü sanıldı ve bizzat Roux kendi doğru kuramından vazge-

çerek, eşit olmayan mitotik bölünmeyi kabul etti. Bu dönüşün nedenleri, ilk ayrılmayı sağlayan bölünmelerden sonra bazı organizmalarda son derece farklı hücrelerin ortaya çıkarak, çok farklı organ sistemlerini meydana getirdiklerini gösteren çalışmalardı. Genetik unsurlar eşit olarak bölünüyorsa, bu sonuç nasıl ortaya çıkabiliyordu?

Başka bulgular, bu sırrı daha da gizemli hale getirdi. Roux, Driesch, Morgan ve Wilson farklı hayvan gruplarında ilk bölünmeler sonucu ortaya çıkan hücrelerin farklı "potansiyel"leri olduğunu gösterdiler. Tulumlular (ascidiacea) bölündüğü zaman ortaya çıkan yeni nesil hücre soy çizgileri, sanki hiç bölünmemiş gibidirler ve atasal hücrelerle aynı özelliklere sahiptirler; ilk bölünmeyle oluşturulan iki hücre, iki yarım larvaya başlangıç oluşturur. Bu farklılaşma şekli *mozaik* ya da *belirli gelişim* olarak adlandırılmıştır. Oysa, deniz kestanesinde ilk hücre bölünmesiyle oluşan iki yavru hücre birbirlerinden ayrıldığında, daha küçük boyutta olmakla birlikte iki yeni normal larva oluşturur. Çok farklı özellikteki bu farklılaşma biçimine ise *düzenleyici gelişim* denilegelmiştir. Gelişimin birçok grupta, meseleyi daha da karmaşıklaştıracak şekilde bu iki biçim arasında bir ara model oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Farklı organizmaların gelişimleri daha ayrıntılı olarak incelendikçe, kesin genel ilkeler ortaya koymak daha güç hale geldi. Belirli bir organizma çeşidindeki süreçler, çoğunlukla diğer bir organizma çeşidindekilerden farklı çıkıyordu. Gelişmekte olan bazı hücrelerin, çevrelerindeki hücresel ortamın etkilerine açık olmadığı görülürken, diğerleri çevresel etkiler tarafından tümüyle yeniden programlanıyordu. Bazı hücreler ilk kez ortaya çıktıkları doku içinde kalırken, diğerleri embriyo içinde az veya çok kapsamlı biçimde yer değiştirmeler gösteriyordu. Çok sayıda deney sonucunda, genotip ile bölünen hücrelerin farklılaşması arasındaki ilişkinin niteliği uzun süre bir bilmece olarak kaldı.

Nihayet yirminci yüzyılda moleküler biyolojinin katkılarıyla, bütün hücrelerin bir farklılaşma sürecinden geçtiği ve belirli bir

hücrenin çekirdeğindeki genlerin belirli bir zamanda sadece küçük bir bölümünün aktif olduğu anlaşıldı. Bir hücrede belirli bir gen ürününe belirli bir zamanda gereksinim olup olmamasına bağlı olarak, düzenleyici mekanizmalar aracılığıyla bu genin açılıp kapatılması sağlanır. Bu düzenleyici etkinliğin zamanlaması kısmen genotipte programlanır, kısmen de komşu hücreler tarafından belirlenir. Weismann gibi çok bilgili bir biyolog bile genotopin böylesine ayrıntılı bir görev üstlendiğini anlayamadı ve bu nedenle eşit olmayan çekirdek bölünmesi gibi yanlış bir çözümü seçti. Düzenleyici genlerin diğer genleri ne zaman etkin hale getireceklerini nasıl "bildikleri", yani nasıl algıladıkları bugün bile çok az anlaşılmış durumdadır.

Farklı bir gelişme ise birçok zigotta ve özellikle de yumurta sarısı açısından zengin olanlardaki ilk hücre bölünmelerinin, sitoplazmadaki anneye ait etmenlerce kontrol edildiğinin keşfedilmesiydi. Roux'yu yanıltan bu bulgu olmuştu. Yeni zigotun çekirdek genleri, sadece gelişimin ilk aşamaları tamamlandıktan sonra devreye girer. Yumurta sarısının farklı kısımlarına hangi malzemenin yerleştirileceğini yumurtalığın nasıl saptadığı ve bu malzemeyi oraya doğrulukla nasıl aktardığı halen kalın bir sır perdesi ardındadır.

Örneğin bir ipliksolucanı (nematod) olan *Caenorhabditis*'te farklı hücre soy çizgilerinin kurucusu olan hücrenin, yumurta sitoplazmasının özel bir kısmından sağlandığı ve bu kısmın anneden gelen düzenleyici etmenleri içerdiği düşünülmektedir. Buna karşın omurgalılarda olduğu gibi, düzenleyici gelişim geçiren taksonlarda baştaki hücre soy çizgileri hareketsiz değildir ve büyük kapsamlı hücre göçü söz konusudur. Hücrelerin özgüllüğünü geniş ölçüde indüksiyon (mevcut dokuların diğer dokuların gelişimine etkisi) belirler. Farklılaşma yollarındaki çok büyük farklılıklar sadece ipliksolucanlarıyla (nematoda) omurgalılar arasında değil, birbirlerine daha yakın akraba kollara ait türler arasında da bulunur. Örneğin kordalılar (omurgalılar dahil) ile derisidikenliler böyledir. Gelişim biçimleri çok fazla çe-

şitlilik içerir. Bazıları tüm çevresel etmenlerden bağımsız olarak ilerlediği halde, diğerleri büyük ölçüde bunlar tarafından etkilenirler.

Embriyonik tabakaların oluşumu

On sekizinci yüzyılda, gelişim konusunda çok ilkel yöntemlerle çalışan araştırıcılar, ontogenez sırasında ilk olarak ortaya çıkan yapının kalp olduğunu ve diğer organların embriyonik gelişim sırasında işlevsel olarak gereksinim duyulma sıralarına göre oluştuğunu düşünüyorlardı. C. F. Wolff, Pander ve von Baer durumun hiç de böyle olmadığını gösterdiler.

Bir kurbağa yumurtasının ilk 8 ilâ 12'nci bölünmesi boyunca bir hücre topu oluşur ki bu yapıya blastula adı verilir. Blastulamn iç kısmındaki boşluğa doğru, dış tabakasındaki bazı hücrelerin parmak benzeri girintiler oluşturmasıyla iki tabakalı gastrula ortaya çıkar. En sonunda, (bir dizi farklı süreçle) orta deri (mezoderm) denilen orta tabaka oluşur. Üç adet embriyonik tabakaya kaynaklık edecek hücreler, blastulanın dış tarafını oluşturur. Dış deri (ektoderm) haline gelecek hücreler üst yarı kürede, orta deri haline gelecek hücreler ise ekvator üzerinde yer alanlardır. Ventral (karın tarafındaki) yarı kürenin büyük kısmı ise iç deri haline gelir. Gelişmekte olan tavuk embriyosundaki bu üç hücre tabakasının varlığı ilk olarak Pander (1817) tarafından gösterildi. Birkaç yıl sonra von Baer (1828) üç embriyonik tabakanın oluşumunun, bütün omurgalı sınıflarının gelişimine özgü olduğunu gösterdi. Her embriyonik tabaka belirli organ sistemlerine başlangıç oluşturur: Dış deri, deri ve sinir sistemi, iç deri bağırsak sistemi, orta deri ise kaslar, bağ dokusu ve dolaşım sisteminin başlangıcını oluşturur.

1830'lu yılların ardından hücre kuramına dayanan uygulamalar araştırıcıların embriyonik tabakaların gelişimini daha iyi anlamalarını sağladı. Çok geçmeden, dış deri ve iç derinin bütün omurgasız gruplarında, özellikle de sölenterlerde bulunduğu fark edildi. Farkına varılan bir başka nokta, embriyonik ta-

bakaların bütün organizma gruplarında aynı şekilde oluştuğu ve blastulanın dış deri tabakasında ortaya çıkan görüntülerin gastrulanın oluşumuyla sonuçlandığıydı.[7]

1870'lerin sonuna gelindiğinde aynı embriyonik tabakaların bütün organizmalarda aynı yapılara kaynaklık edip etmediği konusunda büyük kuşkular vardı. Üzerinde özellikle kuşku duyulan konu, orta derinin diğer iki embriyonik tabakayla ilişkisiydi. Yenilenme üzerine deneyler, çeşitli kimyasalların uygulanışı ve patolojik durumların analizi, embriyonik tabakaların kendi normal rolleri dışında roller üstlenebildiğini gösterdi.

Deneysel embriyolojiye ve özellikle de doku nakli deneylerine cerrahi yöntemlerin girmesiyle, embriyonik tabakaların potansiyeliyle ilgili çalışmalarda yeni bir dönem başladı. Bu çalışmalar, embriyonik tabakadan alınan parçaların embriyodaki yeni bölgelere nakledilmesi ya da doku kültüründe üretilmesi durumunda normal yerlerindekinden farklı geliştiğini gösterdi. Örneğin, izole edilmiş dış deri, doku kültüründe üretildiğinde sinir dokusuna dönüşmeyi başaramadı; diğer tabakalardaki hücrelerin etkisinden yoksun bırakıldığında sadece üst deri (epidermis) oluşturulabildi. İlk dönemdeki ikiyaşayışlı embriyoları karın boşluğuna yerleştirildiğinde, hem dış deriye ait hem de iç deriye ait dokular diğer embriyonik tabakalar tarafından normal olarak oluşturulan yapılara dönüşme yeteneğini gösterdiler. Tüm bu deneyler sonuçta, daha önceki yüzyılda yaygın olarak benimsenmiş, embriyonik tabakaların mutlak özgüllüğünü savunan doktrinin daha fazla sürdürülemeyeceğini gösterdi. Diğer embriyonik tabakalar veya hücre kompleksleriyle normal ilişki içinde olan embriyonik tabakaların normal potansiyellerini gösterdikleri, bununla birlikte normal ilişki bozulduğunda ek potansiyeller sergiledikleri ortaya çıkarıldı.

Bunların ötesinde, gelişim boyunca embriyonik tabakaların bütünlüğünün korunmadığı, embriyonik hücrelerin uzun mesafelere göç ettiği keşfedildi. Örneğin orta deri, dış deri *ya da* iç deriden göç eden hücrelerden oluşabilir. Omurgalı embriyola-

rındaki pigment hücreleri ve nöronlar, nöral kristadaki* çıkış yerlerinden uzak mesafelere göç ederler. Bazı durumlarda, göç eden hücreler, indüksiyon adı verilen süreçle, hedef bölgeden çıkan kimyasal bir uyarıyla kesin olarak cezbedilirler.

İndüksiyon

Deneysel embriyolojide aşağı yukarı 1900'de, ilk kez Roux tarafından yapılan, kesinkes sabit bir genetik programa bağlı olarak gelişen (belirli gelişim) doku ya da yapılar ile komşu doku ya da yapılar tarafından etkilenerek gelişen (düzenleyici gelişim) diğer doku veya yapılar arasındaki ayrım, "indüksiyon" olarak adlandırılan yeni bir kavramı ortaya çıkardı. Bu terim, bir dokunun bir başka dokunun sonraki gelişimine neden olduğu tüm durumlar için kullanılır.

Bu olgu ilk kez Spemann (1901) tarafından, kurbağa embriyosunun göz gelişimi üzerinde gösterildi. Göz merceği mercek dış derisi tarafından oluşturulduğu halde, bu tabaka, eğer altta yer alan orta deriye ait doku hasara uğratılır veya çıkarılırsa mercek oluşturamaz. Gözün gelişimindeki ilk evrenin göz merceğinin oluşumunu indüklediği söyleniyordu. Spemann vücudun farklı bölgelerine ait dış derinin aynı şekilde mercek oluşturma kapasitesine sahip olup olmadığını görmek için, gözün ilk evresindeki yapıdan vücudun diğer kısımlarına doku naklederek bulgularını sınadı. Sonuç olumluydu. Son aşamada, göz bölgesindeki lokal dış deriyi çıkardı ve bunun yerine vücudun diğer kısımlarından aldığı dış derileri yerleştirdi. Mercek bu şekilde de oluşuyordu. Daha sonra farklı araştırıcılar özellikle diğer kurbağa türleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda değişik sonuçlar buldular. Bazı durumlarda gözün ilk evresindeki yapı tamamen çıkarıldıktan sonra bile "bağımsız mercek gelişimi" söz konusu oluyordu. Spemann nihai olarak, baş dış derisindeki geniş bir bölgenin mercek oluşturma yeteneğine sahip olduğu sonucuna ulaştı.

* Nöral çukurun kenarındaki hücreler nöral kristayı oluşturur. Nöral krista hücreleri yoğun olarak göç ederler ve periferik sinir sistemi yanı sıra diğer yapıların da oluşumuna katılırlar. (ç.n.)

Spemann başka bir dizi doku nakli deneyi sonucunda, ilk ağızın (blastopor) sırt tarafındaki dudağın belirli bir kısmının, bağırsak öncülünün en üst tarafında yer alan nöral boru dokusunu indüklediğini gösterdi. Spemann, bu etkiden sorumlu olan bir "düzenleyici"nin bulunması gerektiğini varsayıyordu. Spemann'ın Hilde Mangold'la (teknik çalışmanın büyük kısmını gerçekleştiren ve sonuçları 1923'te yayımlayan araştırıcı) birlikte yayımladığı bu makale deneysel embriyologlar arasında büyük heyecan yarattı ve hummalı çalışmaların başlamasına neden oldu. Nihayet, "ölü" düzenleyicilerin ve hatta inorganik bileşiklerin bile bazen nöral boru oluşumunu indükleyebildiği gösterildi.

Spemann ve bu alandaki diğer birçok araştırıcı ya hep birlikte çalışmayı durdurdular veya diğer problemlerle uğraşmaya başladılar. Ancak, bugün, Spemann'ın doğru yolda olduğu açıkça ortaya çıkmıştır. Yakın geçmişte, nöral dokunun oluşumunu indükleme yeteneğine sahip görünen bir protein izole edilmiştir. Bu alandaki bütün deneyleri gözden geçiren bir derleme makale, Spemann'ın indüksiyonun indükleyen ile indüklenen dokular arasında cereyan eden karmaşık bir etkileşimin varlığını görmesini sağladı.

İndüksüyonun, indükleyen doku tarafından indüklenen dokuya gönderilen kimyasal sinyalin niteliğine bakılmaksızın, organizmaların (omurgalılar gibi) düzenleyici gelişimle gelişmelerinde önemli bir rol oynadığı tamamen açıklık kazanmıştır. Hücre ve dokuların ontogenez sırasındaki etkileşimleri ve özellikle hücrelerin konuma bağlı davranışları üzerine çalışmalar biyolojide artık, hücre zarlarının özel analizler için ayrıştırıldığı bağımsız bir araştırma alanı (topobiyoloji) haline geldi. Hücre ile doku etkileşimlerinin, katı bir biçimde belirli gelişim gösteren birkaçı dışında, neredeyse tüm organizmaların gelişimlerinde önemli bir rol oynadığı artık netlik kazanmıştır.

Rekapitülasyon

Meckel-Serrès ve von Baer'e kadar bütün doğacılar gelişimin evrime işaret eden yönleriyle ilgilenmişlerdir. 1820'li yılların or-

talarında Rathke, kuş ve memeli embriyolarında solungaç yayları ve keseleri olduğunu keşfetti. Bu gözlem, o dönemin "büyük varlık zinciri" (scala naturae) düşüncesiyle çok iyi uyuşuyordu. Eğer ergin organizmalar gittikçe kusursuzlaşan diziler halinde sıralanabiliyorlarsa, bunların embriyoları da önceki daha az gelişmiş mükemmelliğin arketiplerini yansıtarak, neden buna özdeş aşama dizilerinden geçmiyor olsunlar? Solungaç yayları kuşkusuz balık evresine işaret ediyordu. Daha erken embriyonik evreler ise, daha ilkel tiplerin yinelemelerini temsil ediyordu.

Böylece rekapitülasyon kuramı doğdu. Meckel-Serrès yasası olarak da anılan bu kurama göre, organizmalar ontogenezleri sırasında, atalarının geçirdiği filogenetik evreleri yinelerler. Darwin öncesi dönemdeki evrim düşüncesi oldukça kafa karıştırıcı nitelikteydi. Ancak rekapitülasyon, yani varlık zincirindeki "yüksek" organizmaların kendi ontogenezleri sırasında daha önceki filogenetik evrelerden geçtiği fikri, o dönemdeki evrim düşüncesine uygun düştü.

Von Baer bazı ontogenenez evrelerinin "daha alçak" tiplerle benzeştiğini kabul etmekle birlikte, bunun evrimsel yorumunu kesin olarak reddetti. Ona göre ilk evreler daha basit ve daha homojen, son evreler ise, daha özelleşmiş ve daha heterojendi. Tüm ontogenez daha basit olandan daha karmaşığa doğru bir ilerleyişti (bu görüş "von Baer yasası" olarak adlandırıldı). Von Baer için teleolojik açıklamalar kabul edilebilirdi, ancak Darwin'in ortak soy kuramını kabul etmek söz konusu olamazdı.

Ernst Haeckel için ise durum farklıydı. Haeckel gelişimin rekapitülasyona bakan yönünü herkesten çok vurguladı ve gastrula evresinin omurgasızların evrimine, daha sonraki evrelerinse "daha yüksek" organizma "tiplerinin" evrimine karşılık geldiğini öne sürdü. Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni yayımlamasından kısa bir süre sonra, Haeckel "temel biyogenetik yasası"nı "Bireyoluş soyoluşun tekrarıdır" sözleriyle ilan etti. Bu yasa bir

anda karşılaştırmalı embriyolojiye karşı çok büyük bir ilginin uyanmasına yol açtı ve ontogenez üzerine çalışanlar, baktıkları her yerde Haeckel'in iddialarını destekleyen kanıtlar bulduklarını düşündüler. Embriyoloji on dokuzuncu yüzyıl sonlarında, birkaç yıl boyunca rekapitülasyondan sağlanan kanıtlar yardımıyla ortak ataların araştırılmasına dönüştü.

Ancak genel olarak embriyologlar, rekapitülasyon kuramını ve özellikle de bu kuramın aşırı uç versiyonlarını reddetme eğilimindeydiler. Buna karşın von Baer'in yasasını benimsiyorlardı. Bu tercih daha çok kuramsal nedenlere dayanıyordu. Bir embriyonun atasal evreleri geçirmesini gerektiren inandırıcı bir neden düşünemiyor, von Baer'in iddia ettiği gibi, basitten karmaşığa doğru yönelen gelişim fikrini kendilerine daha yakın buluyorlardı. Gerçekten de embriyolar her zaman, ortaya çıkan yetişkinlerden daha basit ve daha az farklılaşmış durumdadırlar. Bununla birlikte von Baer'i destekleyenler, solungaç yayları ve rekapitülasyonun diğer belirtilerinin sonraki gelişimin getirdiklerinden asla daha basit olmadığı gerçeğini göz ardı ettiler. Von Baer yasası rekapitülasyonu kolaycı bir yoldan halının altına süpürmüş, onu açıklamamıştır.

Gelişimsel Genetik

Gelişim konusu on dokuzuncu yüzyılın son çeyreğinde, sonradan genetik olarak adlandırılan biyolojinin bir dalı tarafından da inceleniyordu. Ancak bu yeni araştırma yönü homojen bir çalışma alanı değildi. Kalıtım üzerine çalışanlar kısa süre içinde, bu alanın iki dal içerdiğini fark ettiler: Daha sonra aktarım genetiği olarak adlandırılan dal ve gelişimsel ya da fizyolojik genetik. Genetik etmenlerin bir nesilden diğerine aktarım biçimleriyle ilgilenen Mendel genetiği, saf aktarım genetiğiydi. Diğer taraftan, gelişimsel genetik ontogenez sırasında genetik etmenlerin organizmalar üzerindeki etkileriyle ilgileniyordu. Weismann gibi bazı biyologların genetiğin bu iki dalı arasında ayrım yapamamış olmaları, ilk dönemdeki yanlış anlamaların başlıca

nedeniydi. T. H. Morgan'ı başarılı kılan, genetiğin bu iki dalı arasındaki ayrımı açıkça ortaya koyması ve kendisini tümüyle aktarım genetiği konusuna adaması oldu.

Aynı dönemde başka araştırıcılar gelişimsel genetik üzerinde yoğunlaştılar. Bu alandaki ilk temel metni Richard Goldschmidt (1938) yazdı. O sıralarda bu alanda dile getirilen düşüncelerin pek çoğu kestirimden öteye geçemiyordu ve gelişimsel genetik, moleküler biyolojinin ortaya çıkışına kadar gelişme göstermedi. Bununla birlikte, Waddington ve Schmalhausen'ınkiler gibi daha önceki yayınlar, modern araştırmaya konu olan sorunların birçoğunu özetliyordu.

Avery (1944) tarafından, genetik bilginin taşıyıcısının DNA olduğu gösterildiğinde, gelişimsel genetikte yeni bir döneme girildi. Bir organizmayı oluşturan proteinlerin üretimi DNA tarafından denetlenir. Dolayısıyla gelişim, farklı proteinlerin ontogenez sırasında çeşitlenmesi ve farklı organ sistemlerine özgü proteinlerin özel bir biçimde bir araya gelmesidir. Modern genetiğin kurucuları genler ile gelişim arasındaki bağlantıdan tümüyle haberdar olmalarına karşın, genetik ile gelişimi sentezleyen bir açıklama getirmede başarısız oldular; aslında bunu yapmak için önemli bir çabaları da olmadı.

Klasik genetik tek tek genlerle ilgileniyordu. Oysa o dönemde, belirli bir genin gelişim üzerindeki etkisi sadece mutasyon (özellikle de zararlı ve hatta öldürücü mutasyon) çalışmalarıyla saptanabilirdi. Normal (ya da "yaban tip" denilen) bir genin gelişime nasıl katkıda bulunduğunu araştırmanın başka bir yolu yoktu. 1930'lu yıllardan itibaren gelişimsel genetikte tercih edilen yöntem zararlı genlerin incelenmesi oldu. Bu yöntem çoğunlukla mutasyonla ilgili özel dokuyu ya da hatta embriyonik tabakayı belirleyerek, mütevazi sonuçlara ulaşılmasını sağladı. Bu inceleme aynı zamanda çoğu mutasyonun, gerek duyulan bir gen ürününün üretimini aksatmasından ibaret olduğunu göstermekle birlikte, bu ürünün eksikliğinin biyokimyasal doğasının belirlenmesine yardımcı olmadı.

Gen ürününün kimyasal doğasını anlamak mümkün olmasa da bu çalışmalar belirli bir genin gelişim sırasında belirli bir dokuda ve sadece belirli gelişim evrelerinde aktif olduğunu açık bir biçimde ortaya koydu. Bu bulgunun doğruluğu kabul edilecek olursa, gelişim gen ifadelerinin sıralı dizisi olarak tanımlanabilir.

Moleküler biyolojinin etkisi

Moleküler biyoloji çalışmalarıyla genin bir protein olmadığı ve ayrıca gelişen embriyonun yapıtaşlarından birini oluşturmadığı, buna karşın genotipin embriyonun yapılanması için gerekli bilgiler bütünü olduğunun anlaşılmasının, gelişimsel genetiğin metodolojisi ve kavramsallaştırılması üzerine çok önemli etkileri oldu. 1960'lar ve 1970'lerde gen etkisinin ayrıntıları ortaya çıkarılmaya başladığında, daha önceki açıklama şemalarımızın niçin yetersiz olduğu da açıklık kazandı.

Genler, kopyalanan ekzonları ve protein sentezinden önce kesilip çıkarılan intronları içermekle sadece bileşik olma niteliği göstermezler. Proteinleri kodlayan yapısal genlere ek olarak, düzenleyici genler ve uç diziler de vardır. 1880'lerden itibaren temkinli bir biçimde önerilmiş olan, bir genin onun ürününe gereksinim olduğunda açılıp kapanabileceği açıklaması sonuçta kesinlik kazandı. Ayrıca, moleküler devrim hücrelerin kendi ürettikleri proteinlerce tanımlandığı gerçeğini kabul etmemize yardımcı oldu.[9]

Çekirdek DNA'sından elçi RNA'lar aracılığıyla polipeptit ve proteinlere uzanan tüm sistem ve tüm bu aygıtın hücresel ortamla sürekli etkileşiminin, daha önce fark edilenden çok daha karmaşık olduğu ortaya çıktı. Gelişim biyolojisinin en büyük başarısı, gelişimde işe karışan her geni keşfetmek, her genin mutlak katkısını bu genle ilgili ürünün kimyasal yapısını da kapsayacak şekilde saptamak ve her genin etkinliğindeki zamanlamayı denetleyen düzenleyici mekanizmayı incelemek olurdu. Şaşırtıcı bir şekilde, gelişim üzerinde çalışan bilim insanları belirli organizmalarda bu amaca ulaşmak üzereler.

Bu konuda en büyük ilerleme, ipliksolucanları ve *Drosophila* gibi katı bir biçimde belirli gelişim gösteren organizmalarda sağlanmıştır. Örneğin bir ipliksolucanı olan *Caenorhabditis elegans*'ta 1000'den fazla mutasyon içeren 100'den fazla gen haritalanmıştır. Bunun da ötesinde bu genlerin birçoğunun dizi analizi yapılmış ve kesin baz çifti dizileri bulunmuştur. Ergin ipliksolucanı, eşey hücreleri hariç, tamı tamına 810 tane hücre içerir ve hücre soy çizgilerinin izlenmesi yoluyla hangi hücrelerin ilk bölünmeleri sonucunda hangi organların oluştuğunu saptamak mümkün olmuştur.

Belirli gelişim gösteren bir başka organizma olan *Drozophila* çok daha fazla sayıda gen içermesi nedeniyle bir örnek olarak bazı dezavantajlara sahip olsa da, genetik ve morfolojik avantajları bunları dengelemektedir. Öncelikle, gelişim üzerine modern çalışmalar başladığında *Drozophila*'daki mutasyonların çok geniş bir envanteri kullanıma hazır durumdaydı. Bundan başka, mutasyonların kromozomlar üzerindeki yerleri saptanmıştı. Ayrıca *Drozophila*'nın tükürük bezlerindeki dev kromozomlar, mutasyonların doğasını açıklamayı olanaklı kılmaktadır.

Ancak bütün bunlardan daha önemli olan avantaj, *Drozophila*'nın metamerik bir organizma olması ve genetik analizler aracılığıyla hangi genlerin hangi segmentin gelişiminde görev aldığının saptanabilmesidir. *Drozophila*'da beş tane baş segmenti, üç tane göğüs segmenti, sekiz ilâ onbir tane de karın segmenti bulunur. Çok sayıda genin hangi özel segment ya da segment gruplarını etkilediği artık bilinmektedir. Bu genlerden hangisinin ne yaptığı geniş ölçüde keşfedilmiş durumdadır. Aynı gen lokusunda yer alan farklı alellerin (bir genin değişik biçimleri) etkilerinin karşılaştırılması özellikle ilginçtir.

Omurgalılar gibi düzenleyici gelişim gösteren organizmaların genetik analizlerinde daha az ilerleme sağlanmıştır. Bu türlerde, gelişimin 16 ilâ 32 hücreli evresine kadar ortaya çıkan hücrelerin hangi yapılara öncülük ettiği henüz anlaşılamamıştır. İnsan gelişiminin anlaşılmasına yönelik en büyük katkı, insan genetik

hastalıkları, yani fenotipte zararlı değişimlere neden olan mutasyonlar üzerine yapılan çalışmalarla sağlanmıştır. Bu, araştırıcıların mutasyonların büyük bir yüzdesinin hangi kromozomlarda yer aldığını saptamalarını mümkün kıldı. Kuşkusuz, insan genomu projesi aracılığıyla tüm mutasyonların yerleşimleri ortaya çıkarılacaktır. Ancak gelişimin düzenleyici doğası, indüksiyon sıklığı ve belirli hücre gruplarının geniş kapsamlı göçü göz önünde bulundurulduğunda, belirli genlerle bunların fenotipik gelişim üzerindeki belirli yansımaları arasında birebir ilişki kurabilmek oldukça güç olacaktır. Düzenleyici gelişim gösteren organizmalardaki gelişim sistemleri, belirleyici gelişim gösteren türlerdekine oranla çok daha karmaşıktır. Bu nedenle genellemelere dayanan sonuçlarla yetinmemiz gerekebilir.

Moleküler embriyolojideki en heyecan verici gelişmelerden biri, belirli gen kümelerinin sadece uzak akraba hayvan grupları arasında yaygın olarak dağılım gösterdiğinin bulunuşu oldu. *Hox* genleri olarak adlandırılan bu genler ilk kez *Drozophila*'da bulunmuş olmakla birlikte, dizi analizleri sonucu, bunların farede, bir tane ikiyaşayışlıda, bir ipliksolucanında ve diğer hayvanlarda da bulunduğu saptanmıştır. Örneğin omurgalılarda dört adet kökendeş *Hox* genleri kümesi bulunur. Bu kümelerin herhangi bir özel yapıdan çok, organizma içindeki bağıl pozisyonu kodladığı sanılmaktadır. Kökendeş *Hox* genleri aynı zamanda sölenterler ve yassı solucanlardan eklembacaklılar, yumuşakçalar ve derisidikenlilere kadar çoğu omurgasız grubunda bulunmuştur. Gelişimi denetleyen diğer bazı genlerle birlikte belirli sayıdaki *Hox* gen kümeleri hayvanlar âleminde son derece yaygındır. Slack ve arkadaşları (1993:491) bu gen kümelerinin ("zootip" olarak adlandırdıkları) atasal bir çokhücrelinin (metazoa) genotipinin bir kısımını yansıttığını öne sürmektedirler. Bu gen birlikteliklerinin çok eski bir filogenetik yaşa sahip olduğunda hiç kuşku yoktur. Bu genlerden hangilerinin aynı zamanda hayvanların protista atalarında bulunduğunu ise henüz bilmiyoruz.

Genetikçilerin çoğunun, evrimin basitçe gen sıklığındaki değişimden ibaret olduğunu düşündükleri dönemde gelişimin makroevrimsel değişimler üzerindeki rolü bir süre göz ardı edildi. Son zamanlarda özellikle gelişim biyologlarının Darwinciliği isteksiz de olsa kabullenmelerinin ardından, gelişimin bu ilginç yönüne yeniden vurgu yapılmaktadır.

Seçilimin asıl hedefi olan birey, gelişim döneminde genlerin birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşimlerinin ürünüdür ve bu etkileşim kümeleri mümkün olabilecek evrimsel değişimler üzerindeki sınırları daraltır. Bu olgu pek çok türün fenotipik birörnekliliğinde kendini gösterir. Türün standart morfotipinden bir sapma olduğunda, bu durum dengeleyici ya da normalleştirici seçilim aracılığıyla ortadan kaldırılacaktır (bkz. IX. Bölüm).[10] Evrim üzerindeki bu gelişimsel kısıtlamalar konusunda yapılan çalışmalar, modern gelişim biyolojisindeki temel ilgi alanlarından biri haline gelmiştir.

Zigot gelişiminin farklı aşamalarında farklı genler ve gen kümeleri aktiftir. Gelişim biyologları uzun süre, gelişimin sonuna yakın evrede aktif olan genlerin filogeninin son döneminde kazanılanlar, diğer taraftan gelişimin ilk döneminde aktif olanların ise organizmanın "en eski" genleri olduğuna inanmıştır. Buna göre, yakın zamanda kazanılmış bir gendeki herhangi bir değişikliğin fenotipte ufak bir değişikliğe neden olabileceğine, diğer bir deyişle, eşeysel dimorfizmin derecesini ya da bir yalıtım mekanizmasının davranışsal bileşenini değiştirebileceğine inanılıyordu. Buna karşın, daha önceki dönemlerde ortaya çıkan genlerden birindeki bir mutasyonun, tüm gelişim sürecinde temel bir değişime yol açabileceğine, dolayısıyla zararlı olması en olası olabileceğine inanılıyordu.

Bu kavrama getirilen son derece yalın yoruma çok sayıda itiraz gelmekle birlikte, bu yorumun doğru olabileceği fikrini veren pek çok gözlem bulunmaktadır. Eğer böyle ise bu kavram, Kambriyen Öncesi ile Kambriyen Dönemi'nin başlarında çokhücreli-

lerin genotipi henüz gençken yeni yapısal tipler bol miktarda üretildiği halde, o günden bu yana oluşmuş yapısal tiplerde kararlılık görülmesi gibi pek çok evrimsel olguyu açıklayabilir. Bu kavram örneğin evrimsel yeniliklerin, genellikle bir yapının aşamalı olarak kazandığı işlev değişikliğine bağlı olmasının nedenini de açıklayabilir. İşlevdeki bu tip bir değişiklik, genotipte sadece çok az yeniden yapılanmayı gerektirdiği için daha avantajlıdır.

Her bireyin seçilime karşı az ya da çok entegre bir sistem gibi cevap veren gelişimsel bir sistem olduğunun fark edilmesi, iki evrimsel olgunun uzun süre gelişim biyologlarının aklını karıştırmış olmasını açıklamaktadır. Birincisi, körelmiş yapıların varlığıdır. Pek çok gen ve gen grupları yaygın etkilere sahiptir. Böyle bir gen grubunun fenotipik belirtilerinden biri (söz gelişi körelmiş bir parmağın bulunuşu gibi) doğal seçilimce desteklenmediği zaman bile, bu körelmiş özellik, onu kontrol eden genler hâlâ başka işlevlere sahip oldukları için (diğer parmakların varlığının sürdürülmesi gibi) kaybedilmez. Böyle bir durum varsa, körelmiş yapı doğal seçilimle korunacaktır. İkinci evrimsel olgu ise rekapitülasyondur.

Rekapitülasyonun yeniden gözden geçirilmesi

Rekapitülasyonun modern biyologların kabul edebileceği koşullar çerçevesinde açıklanabilmesi için, işe yeni bir temelden başlanmalıdır. Merkel-Serrès yasası idealist morfolojinin hüküm sürdüğü bir dönemde önerildi. Rekapitülasyonu öneren Haeckel ve diğerleri bir kuş ya da memelinin bir balıkla aynı embriyonik aşamalardan geçmediğini çok iyi biliyorlardı. Karşıtlarının onları itham ettikleri gibi, bir memeli ya da kuşun embriyonik aşamalarının, ikiyaşayışlılar veya balıkların "ergin" aşamalarıyla tamamen aynı olduğu şeklinde bir iddiaları da yoktu. Öne sürdükleri fikir, embriyonik aşamaların, ataların "kalıcı" aşamalarına benzer olduğuydu. "Kalıcı" terimi ile anlatmak istedikleri şey, daha önceki ontogenetik aşamanın geçmişteki ilk örnekleri temsil ediyor olmasıydı.[11] Gerçekten rekapitü-

lasyonun bu savunucuları, daha önceki ontogenetik aşamaların erişkin evrelere göre evrimsel olarak çoğunlukla daha önce gelişmiş olduklarına işaret ettiler. Bu durum larva dönemleri özel yaşam biçimlerine uyum göstermiş organizmalar için özellikle geçerlidir; örneğin bazı deniz organizmaları ve parazitlerin larvaları böyledir.

Rekapitülasyon kuramını değerlendirirken iki soru grubunu ayırt etmek gerekir: (1) Ontogenetik aşamalar bazı durumlarda atasal tiplere benziyor mu? Yani "rekapitülasyon" gerçekten gerçekleşmekte midir? (2) Eğer gerçekleşiyorsa, bunun nedeni nedir? Atasal ontogenetik aşamalarda niçin böyle bir süreklilik vardır? İlk soruya verilecek cevap, evettir. Ancak ikincisiyle ilgili şu soruyu sormak için geçerli nedenimiz var: Bir memeli niçin doğrudan doğruya boyun bölgesi geliştirmiyor da solungaç yayı içeren dolambaçlı bir evreden geçerek gelişiyor? Bunun cevabı şudur: Fenotipin gelişimi sadece ve doğrudan doğruya genler tarafından denetlenmez. Bu gelişimin denetimi, gelişen hücrelerin genotipi ile bu hücrelerin içinde bulundukları çevre arasındaki etkileşimler tarafından sağlanır. Ontogenezin herhangi bir aşamasında, bir sonraki gelişim aşaması hem genotipin genetik programı hem de bu aşamada embriyoda mevcut bir "somatik program" tarafından denetlenir. Bunu sözgelişi solungaç yayı problemine uygularsak, solungaç yayı sisteminin, kuş ve memelilerin boyun bölgesinin sonraki gelişimleri için bir somatik program olduğunu söyleyebiliriz (Mayr 1994).

Bu açıklamada yer alan "somatik program" terimi yeni olsa da, açıklama yüz yıldan daha eskiye dayanıyor. Gelişimin herhangi bir aşamasının kısmen daha önceki aşamalarca denetlendiği savı, uzun zamandan beri gelişim biyolojisinin temel fikirlerinden biridir. Böylece, idealist morfolojinin tipolojik düşüncesinden kurtulma zorunluluğu dışında, rekapitülasyon konusunda bir gizem bulunmamaktadır.

Organizma grupları arasındaki birçok karışıklık ve değişikliğe rağmen, embriyonik tabakaların oluşum ve gelişiminde (gastru-

lasyon) yansıdığı şekliyle hayvanların ilk gelişim dönemi tüm kollar arasında büyük bir benzerlik gösterir. Ben, bu aşamanın atasal bir koşulun rekapitülasyonunu temsil edebileceği fikrini düşünmeden edemiyorum. Haeckel'in abartılı kuramları bu düşünceyi popüler olmaktan çıkardı. Ancak gerçekçi ve pratik bir bakış açısı bile beni farklı ve daha üstün bir açıklamaya yöneltmiyor.

Evrimsel ilerlemeler nasıl gerçekleşir?

Gelişimsel sistem o kadar sıkı örülmüştür ki biyologlar sık sık genotipteki "bağıntı"dan (kohezyon) söz ederler. Evrimciler için çözülmesi gereken sorunlardan biri bu bağıntının nasıl geliştiği, diğeri ise bu bağıntının yeni ve büyük evrimsel ilerlemeleri mümkün kılmak için nasıl bozulduğudur.

1953'te önerdiğim bir modele göre evrim, büyük ve kalabalık türlerde görece yavaş ilerlediği halde, küçük ve çevrede yalıtılmış olarak kalan kurucu popülasyonlarda çok daha hızlı gerçekleşir.[12] Gelişim açısından açıklamak gerekirse bu, büyük ve kalabalık türlerin gelişimsel olarak kararlı, buna karşın küçük, kurucu popülasyonların kararlılıktan yoksun oldukları ve bu kararsızlık sayesinde hızlı bir genetik yeniden yapılanmayla yeni bir fenotipe çabucak yönelebildikleri anlamına geliyor. Eldredge ve Gould (1972) "kesintili dengeler" ("punctuated equilibria") ibaresini kullanarak bu modeli kabul etti ve kalabalık türlerin gelişimsel durağanlığının milyonlarca yıl sürebileceğini öne sürdü. Daha sonraki araştırmalar bu iddianın gerçekten de birçok tür için doğru olduğunu saptamıştır. Bu model kesin bir biçimde, makroevrimde gelişimin önemli olduğunu vurgulamaktadır, ancak belirli türlerin genotiplerinin çok kararlı olmasına karşın başka bazı türlerin hızlı evrimsel değişikliğe uğramasının nedenini açıklamaz. Bu farklılık, bugün bile açıklık kazanmış değildir.

Bu model, Fisher ve Haldane tarafından 1930'larda önerilen modelin neredeyse tam tersidir. Fisher ve Haldane'e göre, evrimsel değişimin hızı, bir popülasyon ya da türün genetik var-

yasyonu ile karşılıklı ilişki içindedir ve bu nedenle bir tür ne kadar büyük ve kalabalıksa o kadar hızlı evrimleşir. Sonraki tüm araştırmalar Fisher-Haldane tezini kesin olarak çürütmüştür. Benim karşıt yorumuma göre ise bir tür ne kadar kalabalıksa, o ölçüde durağan etkileşimlere tabidir ve yeni bir mutasyon veya rekombinasyonun (yeniden birleşim) türün tamamına yayılması daha uzun zamanda gerçekleşir ve dolayısıyla evrimin ilerleyişi daha yavaş olur. Daha az sayıda bireye sahip olduğu için daha az örtülü varyasyona sahip bir kurucu popülasyon ise, başka bir genotipe ya da bir benzetme kullanmak gerekirse, başka bir uyumsal zirveye geçişe daha hazırdır ve bu geçiş daha hızlı olur. Popülasyon ve türlerin evrimsel hızlarında mutasyon veya genetik rekombinasyonların neden olduğu değişim "heterokroni" olarak adlandırılır.

Gelişimsel süreçlerin hiyerarşisi içinde her basamakta önemli öçüde genetik varyasyonun olduğu, günümüzde artık çok iyi bilinmektedir. Milkman (1961) tek bir fenotipik özelliğin ifade edilmesi için doğal bir popülasyon içinde ne kadar çok gizli genetik varyasyonun bulunabildiğini güzel bir biçimde göstermiştir. Bu tür varyasyon, doğal seçilimin gelişim süreçlerini etkilemesine izin verir. Birçok morfolojik özelliğin fizyolojik süreçlerle sıkı bir ilişki içinde olduğu kesindir. Çok yönlü fenotipik etkiye sahip (pleitropik) bu fizyolojik süreçler üzerindeki seçici baskı, başka şekilde açıklaması mümkün olmayan morfolojik değişimlerden sorumludur.

Gelişim biyologları farklı coğrafi ırklar ve yakın akraba türlerdeki gelişim süreçlerinde gözlenen değişimleri karşılaştırarak, yakın akrabalarda hangi gelişimsel değişimlerin mümkün olduğunu, hangilerinin mümkün olmadığını gösterebilirler. Bu gibi çalışmalar için ne yazık ki gelişim biyologlarının geleneksel metodolojisi olan tipolojik düşünceye, aslında tercih edilmese de izin verilmektedir. Bu gibi araştırmalarda Darwin'in popülasyon düşüncesine çok seyrek olarak gereksinim duyulmuştur. Waddington gibi az sayıdaki araştırıcı değişkenliğin varlığını

kabul etmekle birlikte, gelişim biyologları arasında popülasyon düşüncesinin benimsenmesi yavaş gerçekleşmektedir. Geçmişte gelişim biyologları analizler yapmak için laboratuvarda model sistemlere -civciv, kurbağa, sirke sineği- yönelmiş ve fenotipten doğrudan doğruya gen düzeyine geçmişlerdir. Bu araştırıcılar yakın zamana kadar, coğrafi varyasyon adı verilen, makroevrimsel olayların çoğunun başlamasından asıl sorumlu olan yoldan yararlanmakta başarısız oldular.

Bununla birlikte biyolojinin başka hiçbir dalında, yaşam bilimlerinin farklı açıklayıcı yönleri gelişim biyolojisinde olduğu kadar örneklenmemiştir. Bu disiplin her genin gelişim sürecine yaptığı katkıyı belirleme amacını taşıdığı için, büyük ölçüde analitiktir (hatalı da olsa çoğunlukla indirgemeci olarak sıfatlandırılır). Aynı zamanda, açık şekilde bütünsel bir yaklaşım içindedir; çünkü gelişim bütün bir organizmanın etkileşimine bağlıdır ve bu durum genlerle dokular arasındaki etkileşimle kendini gösterir. Genetik programın deşifre edilmesi ontogenetik süreçlerin yakın nedenselliklerini temsil ettiği halde, genetik programın içeriği nihai (evrimsel) nedenselliklerin sonucudur. Canlılar dünyasını çekici ve güzel kılan da bu etmenlerin ve nedenlerin zenginliğidir.[13]

"Niçin?" Soruları: Organizmaların Evrimi

Ortaçağda ve neredeyse Darwin'in yaşadığı döneme kadar, Dünya'nın değişmez ve kısa bir geçmişe sahip olduğuna inanılıyordu. Ancak Hıristiyanlığa ait bu dünya görüşünün inanılırlığı, birkaç alanda gerçekleşen bir dizi bilimsel gelişmeyle çoktan sarsılmış bulunuyordu. Bunların ilki, Dünya'yı ve onun üzerinde yaşayanları kozmosun merkezinden uzaklaştıran ve dolayısıyla İncil'deki her cümlenin harfî harfine yorumlanmaması gerektiğini gösteren Kopernik Devrimi'ydi. İkinci gelişme, jeologların yaptığı araştırmaların Dünya'nın çok yaşlı olduğunu ortaya çıkarması ve üçüncü gelişme ise soyu tükenmiş fosil hayvanların bulunuşuyla, yeryüzündeki canlıların Yaratılış'tan beri değişmemiş olduğuna olan inancın çürütülmesiydi.

Dünyanın kısa bir geçmişe sahip ve değişmez olduğu fikrini zayıflatan bu ve başka pek çok kanıta rağmen (ve hatta Buffon,

Blumenbach, Kant, Hutton ile Lyell'in yazılarında ve Lamarck'ın aşamalı değişim üzerine yetkinleşmiş kuramında bu konudaki kuşkular belirtilse de), az ya da çok İncil'e dayanan bu dünya görüşü 1859'a kadar varlığını korudu. Bu, sadece sıradan insanlar arasında yaygın bir görüş değildi, çoğu doğacı ve felsefeci de bu görüşü benimsiyordu. Uzun geçmişe sahip, sürekli değişen bir Dünya'yı öneren evrimciliğin tümüyle yerleşmesine kadar bir dizi gelişmenin gerçekleşmesi gerekti. Belki bugün bize garip görünebilir, ancak evrim kavramı Batı dünyasına yabancıydı.

"Evrim"in Çeşitli Anlamları

"Evrim" sözcüğü, embriyonik gelişimi ön oluşum kuramıyla açıklamak için bu sözcüğü kullanan Charles Bonnet tarafından bilim dünyasına sunuldu (bkz. VIII. Bölüm), ancak sözcük gelişim biyolojisinde artık bu anlamda kullanılmamaktadır. Evrim, ayrıca yeryüzündeki yaşam tarihinin üç kavramı için kullanılmıştır ve bu kavramlardan biri için hâlâ kullanılmaktadır.

Transmutasyonal evrim yeni bir bireyin büyük bir mutasyon ya da sıçrama yoluyla aniden ortaya çıkmasını ifade eder. Bu bireyden türeyen nesiller, yeni bir türün öncülüğünü yaparlar. Sıçramayı temel alan fikirler -evrimsel anlamda kullanılmamakla birlikte- Eski Yunanlılar'dan başlayarak Maupertuis'e (1750) kadar savunulmuştur. *Türlerin Kökeni*'nin basımından sonra bile, Darwin'in arkadaşı T. H. Huxley'in de aralarında olduğu çok sayıda evrimci, doğal seçilim kavramını kabul edemediği için sıçramalı evrimi savunan kuramları benimsemiştir.

Buna karşın *transformasyonal evrim,* söz gelimi döllenmiş yumurtanın bir ergine dönüşümü gibi, bir nesnenin aşamalı değişimini ifade eder. Bütün yıldızlar transformasyonal evrime tabidir; sarı bir yıldızken kırmızı bir yıldıza dönüşmeleri gibi. Tektonik güçlerin etkisiyle bir dağ sırasının yükselişi ya da erozyon sonucu dağların ortadan kalkması gibi cansız dünyadaki hemen hemen her değişim -eğer yönlendirilmişse- bu özellik-

tedir. Darwin'den önce Lamarck'ın canlılar dünyası için öne sürdüğü evrim kuramı da transformasyonaldi. Lamarck'a göre evrim, tekhücreli basit ve yeni bir organizmanın kendiliğinden oluşumundan ve bunun daha yüksek ve mükemmel bir türe doğru aşamalı olarak değişiminden oluşuyordu. Lamarck'ın 1809'da yayınladığı *Philosophie Zoologique* (Zooloji Felsefesi) adlı eserinde anlattığı şekliyle transformasyonal evrim kuramı bir dönem yaygın olarak benimsense de dünyanın büyük kısmında yerini Darwin'in kuramına bırakmıştır.

Varyasyonal evrim, Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim kuramında ileri sürülen kavramdır. Bu kurama göre, her kuşakta çok büyük miktarda genetik varyasyon gerçekleşmekte, ancak çok sayıda yavrunun sadece küçük bir kısmı hayatta kalarak çoğalabilmektedir. Çevreye en iyi uyum sağlayabilen bireyler, hayatta kalma ve bir sonraki kuşağı oluşturma olasılığı en yüksek olanlardır. (1) Çevresel değişimlerle en iyi şekilde başedebilen genotiplerin sürekli seçilimi (ayrımlı hayatta kalma), (2) popülasyondaki yeni genotipler arasındaki rekabet ve (3) genlerin sıklığını etkileyen rasgele süreçler nedeniyle her popülasyonun oluşmasında sürekli bir değişim vardır ve bu değişim evrim olarak adlandırılır. Tüm bu değişimler genetik olarak biricik bireylerin oluşturduğu popülasyonlarda gerçekleştiği ve popülasyonlar genetik olarak yeniden yapılandırıldıkları için evrim aşamalı ve sürekli olmak zorundadır.

Darwin daha önceki yazılarında (Not Defterleri) evrimin iki boyutunun zaman ve mekân olduğunun farkındaydı. Zaman içinde gerçekleşen transformasyon (filetik evrim), uyumluluktaki değişimlerle ilgilidir. Söz gelişi, belirli bir tür yeni özellikler kazandığında gerçekleşen durum budur. Ancak bu kavram tek başına olağanüstü çeşitlilikteki organik yaşamı açıklayamaz, çünkü tür sayılarının artışını açıklamaya izin vermez. Mekân içinde gerçekleşen transformasyon (soyların türleşmesi ve çoğalması), çok sayıda yeni popülasyonun atasal popülasyonun yerleşim alanı dışında kurulması ve bunların yeni türlere ve do-

ğal olarak daha yüksek taksonlara doğru değişimiyle ilgilidir. Tür sayılarının bu artışı türleşme olarak adlandırılır.

Lamarck'ın, evrimin coğrafi yönüyle ilgili söyleyecek bir şeyi yoktu ve aslına bakılırsa, transformasyonu savunan ve kendiliğinden oluşumu kabullenmiş biri olarak, "Türler nasıl çoğalır?" sorusunun farkında olmadığı görülüyor. Darwin bile bu konuyu daha sonraki yazılarında göz ardı etmiştir. Darwin'in yaşadığı dönemde ve sonraki yıllarda paleontologlar uzun süre filetik evrimin geçerli tek evrim tipi olduğu fikrine saplanıp kaldılar. Ancak 1930'lu ve 1940'lı yıllarda Dobzhanksky ve Mayr'ın çalışmalarıyla, evrimin zaman içinde olduğu kadar mekan içinde de gerçekleşen bir transformasyon olduğu ve bir soy içindeki uyum değişimleri kadar, türleşme yoluyla organik çeşitliliğinin ortaya çıkışının da evrimsel biyoloji açısından önemli olduğu vurgulanmıştır.

Darwin, *Türlerin Kökeni*'nde varyasyonal evrimin farklı yönlerine ilişkin beş temel kuram oluşturdu: (1) Organizmalar zaman içinde sürekli evrimleşirler (biz bunu evrim kuramı olarak tanımlayabiliriz). (2) Farklı organizma çeşitleri ortak bir soydan türemiştir (ortak soy kuramı). (3) Türlerin sayısı zaman içinde artar (türlerin çoğalması kuramı veya türleşme). (4) Evrim, popülasyonların aşamalı değişimiyle oluşur (süreklilik kuramı). (5) Evrimin mekanizması, çok sayıda biricik birey arasında hayatta kalma ve üreme açısından farklılıklara yol açan, kısıtlı kaynaklar için rekabettir (doğal seçilim kuramı).

Kendi İçinde Darwin'in Evrim Kuramı

Darwin *Türlerin Kökeni*'nde hayvanların zaman içinde evrimleştiği kuramını destekleyen çok sayıda kanıt sundu. Sonraki yıllarda biyologlar böyle bir evrimin gerçekleştiğine ilişkin başka kanıtlar aradılar ve kuramı destekleyici çok sayıda kanıt bulmanın yanı sıra kuramın aksini kanıtlayan hiçbir veriyle karşılaşmadılar. Darwin zamanından bu yana bu kanıtlar o kadar artmıştır ki artık biyologlar evrimi bir kuram olarak değil, tıpkı

Dünya'nın Güneş etrafında dönüşü ve yassı olmayıp yuvarlak oluşu gibi tartışmasız bir olgu olarak kabul ediyorlar. Dobzhansky'nin belirttiği gibi, "Evrimin ışığı olmaksızın biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur." Evrimi tartışmasız bir olgu olarak kabul ederek, artık hiçbir evrimciler daha ileri kanıtlar bulmak için zaman harcamıyorlar. Sadece yaratılışçıların görüşlerini çürütmek gerektiğinde, evrimi doğrulayıcı güçlü kanıtlardan oluşan yüz otuz yıllık birikimi kullanmak için zahmete giriyorlar.

Yaşamın kökeni

Darwin'e ilk karşı çıkanların evrim kuramına itirazlarından biri, bu kuramın organizmaların birbirlerinden türemiş olduğunu açıklamış olmakla birlikte, yaşamın cansız maddeden nasıl oluştuğunu açıklamamış olmasıydı. Louis Pasteur ve diğerlerinin oksijen açısından zengin bir atmosferde kendiliğinden oluşumun olanaksız olduğunu gösteren araştırmaları, yaşamın doğal nedenlerle oluşamayacağı ve doğaüstü bir kökeni, yani bir Yaratıcı'yı gerektirdiği fikrini güçlü bir biçimde destekler görünüyordu.

Daha sonraları, dünyanın yaşamın başladığı ilk dönemlerindeki atmosferde bugünkünden farklı olarak oksijen bulunmadığı (veya az miktarda bulunduğu) ortaya çıkarılmıştır.[1] Stanley Miller (1953) tarafından yapılan deneyler, laboratuvarda dar boyunlu bir şişe içindeki metan, amonyak, hidrojen ve su buharı içeren gaz karışımı elektrik boşalımlarına maruz bırakıldığında, amino asitler, üre ve diğer organik moleküllerin oluştuğunu gösterdi. Bu organik moleküller oksijenden yoksun bir atmosferde birikebilmiştir ve benzer moleküller göktaşları içerisinde ve yıldızlararası uzayda da bulunmuştur.

Yaşamın ve özellikle proteinler ve RNA'nın bu organik molekül karışımından nasıl ortaya çıkmış olabileceği üzerine çok sayıda hipotez bulunmaktadır. Yaşam öncesine ait bu senaryoların bazıları oldukça ikna edicidir. Ancak ara aşamalara ait herhangi bir kimyasal fosilin yokluğunda hangi senaryonun doğru oldu-

ğunu saptama olanağımız hiçbir zaman olmayabilir. İlk ortaya çıkan organizmaların heterotrof (diğerbeslek) olmaları, yani çevrede bulanan ve yaşamın öncesinde oluşmuş organik bileşikleri kullanmış olmaları gerekir. Organizmalar protein ve nükleik asitler gibi büyük makromolekülleri kurmak zorundaydılar, ama amino asitleri, purinleri, pirimidinleri ve şekerleri yeni baştan (*de novo*) sentezlemeleri gerekmiyordu. Doğal olarak oluşmuş en basit bileşikler, polimerleri ve sonunda daha karmaşık yapılı bileşikleri oluşturmak üzere birbirleriyle tepkimeye girdiler.

Yaşamın kökeni konusu son derece karmaşık olmakla birlikte, artık Darwin sonrası dönemin ilk zamanlarında olduğu gibi bir sır değildir. Gerçekten de artık, yaşamın cansız maddeden kök salmasını fiziksel ve kimyasal yasalar ışığında açıklamanın önünde temel bir güçlük bulunmamaktadır.

Darwin'in Ortak Soy Kuramı

Beagle adlı gemiyle yaptığı yolculuktan 1830'lardaki dönüşünün ardından Darwin, Galápagos Adaları'ndaki üç papağan türünün Güney Amerika anakarasındaki tek bir papağan türünden türemiş olması gerektiği sonucuna varmıştı. Buna göre, bir tür çok sayıda başka türe başlangıç oluşturabiliyordu. Bu buluş, bütün papağanların ortak bir soydan türemiş olmalarına benzer şekilde, bütün ötücü kuşların, bütün kuşların, bütün omurgalıların, bütün hayvanların ve nihayet tüm yaşamın ortak bir soydan türemiş olduğunu varsaymak için küçük bir adımdı. Tüm organizma grupları, bir tane ortak atasal türden türemişti. Darwin'in bu kuramındaki yenilik, dallanan bir soyağacı önermesidir. Bu soyağacı, on sekizinci yüzyılda geniş ölçüde destek bulan, tek ve doğrusal bir merdiven şeklindeki varlık zinciriyle tezat oluşturuyordu.

Darwin'in kuramı ikna ediciydi; çünkü o zamana kadar sadece Dünya'nın garip yönlerine örnek olarak ya da Yaratıcı'nın planına kanıt olarak kaydedilmek zorunda kalınmış çok sayıda biyolojik olguya bir açıklama getiriyordu. Her şeyden önce,

Darwin'in ortak soy kuramı Cuvier ve Owen gibi karşılaştırmalı anatomicilerin bulgularını açıklıyordu. Bu bulgular, organizmaların ortak bir plana (yapısal tip veya morfotip) göre yapılandırılmış ve iyi tanımlanmış gruplara ayrıldıklarını ve bu ortak planın her grup için belirli bir ilk örneği (arketip) yeniden kurmaya izin verdiğini gösteriyordu. Ortak soy aracılığıyla evrim kuramı Linnaeus hiyerarşisinin kökenini açıkladığı gibi, organizmaların aşamalı olarak bütün kıtalara dağılışlarını ve yeni yerleştikleri alanlara uyum sağlayarak yayılışlarını dikkate alarak, biyotanın coğrafi dağılım şemasını da, son derece ikna edici biçimde açıklıyordu.

Ortak soy kuramı sahip olduğu olağanüstü açıklayıcı güçle, *Türlerin Kökeni*'nin yayınlanmasından itibaren Darwin'in evrim düşüncesinin kuramsal omurgası haline gelmiştir. Gerçekten de karşılaştırmalı anatomi, karşılaştırmalı embriyoloji, sistematik ve biyocoğrafyanın ortaya koyduğu ortak soyun kanıtları o kadar ikna ediciydi ki ortak soy aracılığıyla evrim, *Türlerin Kökeni*'nin basımını izleyen ilk on yıl içinde biyologların birçoğu tarafından kabul edildi.

Darwin, "bitki ve hayvanlarımızın tümü, önce hayat verilen tek bir formdan türemiştir" demiş olsa bile, başlangıçta ortak köken fikrinin ne derece genişletilebileceği konusu oldukça tartışmalıydı. Kısa süre içinde, gerçekten de hayvan ve bitki özelliklerini bir arada içeren protistler keşfedildi. Öyle ki bu ara formlardan bazılarının sınıflandırılması bugün bile tartışmalıdır. Ortak soy kuramının temel taşı, moleküler biyologların, çekirdek içermeyen bakterilerin bile protistler, mantarlar, hayvanlar ve bitkiler gibi genetik şifre içerdiğini ortaya çıkarmalarıyla yirminci yüzyılda konuldu.

Ortak soy kuramı taksonomi üzerinde olağanüstü bir itici etkide bulunmuştur (bkz. VII. Bölüm). Kuram, her organizma grubunun ve özellikle yalıtılmış halde olanların en yakın akrabasının bulunması için gayret edilmesi ve bunların ortak atalarının saptanması gerektiğini öne sürüyordu. Bu öneri bilim-

den çok hayvanlar için anlamlıydı ve Darwin'in yaşadığı dönemi izleyen yıllarda zoologların en çok ilgilendikleri uğraş filogeniler oluşturma oldu. Ortak soy kuramı özellikle her yapı ve organın bir akraba veya olası atasal organizmadaki karşılığıyla kökendeş olma ihtimali üzerine yapılan karşılaştırmalı araştırmaları hızlandırdı. Bir yapının başka bir organizmadaki yapıyla kökendeş olduğunu söyleyebilmek için, her iki yapının bu iki organizmanın yakın geçmişteki olası ortak atasındaki ilgili yapıdan filogenetik olarak kök almış olması gerekiyordu. Herhangi iki grup arasındaki akrabalık -örneğin kuşlar ve sürüngenler arasında olduğu gibi- bu yöntemle saptanınca, araştırıcılar ortak atanın neye benziyor olabileceğini tahmin etmeye çalışıyorlardı. Kısmen kuş kısmen de sürüngen özellikleri taşıyan bir fosil olan *Archaeopteryx*'in 1861'de bulunuşunda olduğu gibi fosil kayıtlarında bir "kayıp halka" bulunduğunda büyük bir sevinç yaşanıyordu. *Archaeopteryx* kesin olarak bu iki grubun doğrudan atası olmak zorunda değildir; dönüşümün hangi aşamalarla cereyan etmiş olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmalar, embriyolar üzerine yapılan karşılaştırmalı çalışmalarla genişletildi ve kısa süre içinde, Ernst Haeckel'in özellikle vurguladığı, bireysel gelişimin (ontogenez) seyrinin çoğunlukla atasal bir grubun geçirmiş olduğu aşamalara benzer aşamaları izlediği bulundu. Örneğin, bütün karasal dört ayaklılar (tetrapodlar) gelişimleri sırasında solungaç yayı içeren bir evreden geçerler. Böylece kendi balık atalarının solungaç gelişimini yinelemiş olurlar. Rekapitülasyon kuramının ılımlı bir versiyonu, hayvanların ontogenezleri sırasında atalarının ergin aşamalarını yineledikleri düşüncesinin yanlışlığına rağmen, önemli ölçüde geçerlidir (bkz. VIII. Bölüm).

Zamanla hayvanlar için güvenilir bir filogenetik ağaç oluşturmak mümkün oldu. Moleküler kanıtların yardımıyla bugün botanikçiler de aynı şeyi bitkiler için gerçekleştirme yolundadır. Son olarak, bu yöntem prokaryotlara da uygulandı ve Woese tarafından bu grubun iki ana dalı -eubacteria ve archaebacteria-

içerdiği gösterildi. Bu bulgular, tüm organizmaların yeniden sınıflandırılmasına yönelik bir önerinin yolunu açmaktadır (bkz. VII. Bölüm).

İnsanların kökeni

Ortak soy kuramının belki de en önemli sonucu insanoğlunun konumundaki değişim oldu. Dinbilimciler ve felsefeciler açısından insan, diğer tüm canlılardan ayrı bir yaratıktı. Aristoteles, Descartes ve Kant, diğer felsefi düşünceleri açısından birbirleriyle fikir ayrılığı içinde olsalar da, bu konu üzerinde hemfikirdiler. Darwin, *Türlerin Kökeni*'nde amacını ihtiyatlı bir biçimde şöyle dile getiriyordu: "İnsanoğlunun kökeni ve tarihine ışık tutulacaktır." Ancak, Haeckel (1866), Huxley (1863) ve 1871'de Darwin, insanların maymun benzeri bir atadan evrimleşmiş olması gerektiğini kesin bir biçimde ispatlamış ve böylece türümüzü hayvanlar âleminin filogenetik ağacına yerleştirmişlerdir. Bu, İncil'in ve çoğu felsefecinin koruduğu insan merkezli geleneği sona erdirmiştir.

Darwin'in Tür Sayılarının Artmasına İlişkin Kuramı

Biyolojik tür kavramına göre, üreme açısından yalıtılmış popülasyon toplamları tür olarak tanımlanır. Üremeyle ilgili bu yalıtımı, geleneksel olarak yalıtım mekanizmaları olarak adlandırılan, kısırlık engelleri veya davranışsal uyuşmazlıklar gibi belirli tür özellikleri etkiler. Bu mekanizmalar, yayılış alanları örtüşen farklı türlerin birbirleriyle çiftleşmelerini engeller. Türleşmeyle ilgili sorun, popülasyonların bu gibi yalıtım mekanizmalarını nasıl kazandığı ve aşamalı olarak nasıl evrimleştiğini açıklamaktı.[2] Üzerinde neredeyse evrensel bir fikir birliği olan nokta, yaygın türleşme sürecinin coğrafi (ya da allopatrik) türleşme olduğudur. Coğrafi türleşme, coğrafi olarak yalıtılmış popülasyonların genetik olarak farklılaşması demektir. Bu olay iki şekilde gerçekleşir: Dikopatrik türleşme ve peripatrik türleşme.

Dikopatrik türleşmede, daha önce kesintisiz yayılış gösteren popülasyonlar, yeni ortaya çıkan bir engelle (bir dağ silsilesi, bir körfez veya bitki örtüsünün neden olduğu bir kesinti) birbirlerinden ayrılmak zorunda kalırlar. Birbirlerinden ayrılan iki popülasyon, kromozomal uyuşmazlıklarda olduğu gibi ya kesin olarak rastlantıya bağlı, ya eşeysel seçilim sonucunda davranıştaki bir işlev değişikliği (bkz. aşağıda) ya da bir ekolojik kaymanın aniden ortaya çıkan yan ürünü olarak, genetik açıdan zamanla daha fazla farklılaşırlar. Sözü edilen popülasyonlar tekrar birbirleriyle yakın temasa geçtiklerinde, bu farklılığa bağlı olarak, farklı türler gibi davranmalarına neden olan yalıtım mekanizmaları kazanırlar. Birçok yalıtım mekanizmasının, yeni türlerin tekrar temasa geçmelerinden önceki zaman sürecinde evrimleştiği kesin gibidir. İkinci kez temasa geçilmesinden sonra, yalıtımda bazı ince ayarlar olabilir; ancak temel yalıtım faktörü temasın gerçekleşmesinden önce başlamıştır.

Peripatrik türleşmede, bir kurucu popülasyon daha önceki türün yayılış alanının dışına yerleşir. Döllenmiş tek bir dişi ya da sadece birkaç bireyle kurulan böyle bir popülasyon, atasal türdeki genlerin sadece küçük bir yüzdesini ve genellikle alışılmadık bir birleşimini içerecektir. Bununla eşzamanlı olarak bu popülasyon, değişen fiziksel ve canlı çevre nedeniyle yeni ve güçlü bir dizi seçilim baskısına maruz kalacaktır. Böyle bir kurucu popülasyon büyük bir genetik değişime girerek hızlı bir şekilde türleşebilir. Bunun yanı sıra bu kurucu popülasyon dar bir genetik temele dayandığı ve büyük ölçekli bir genetik yeniden yapılanmaya uğradığından ötürü, yeni evrimsel hareketleri üstlenmek için özellikle uygun bir konumdadır. Bu evrimsel hareketler içinde, makroevrimsel gelişimlere yol açabilecek olanlar da vardır.

Coğrafi türleşmenin bu iki biçimine ek olarak başka senaryolar da önerilmiştir ve bunların bir kısmı aslında gerçekleşebilir niteliktedir. Bu süreçler içinde gerçekleşmesi en olası olanı simpatrik türleşmeyle, yani atasal türe ait bireylerin hareket alanı

içindeki ekolojik bir özelleşmeye bağlı olarak yeni bir türün başlamasıyla gerçekleşir. Gerçekleşmesi büyük ölçüde olanaksız görünen türleşme şekli, bir türün yayılış alanı içindeki ekolojik bir engelin iki tür arasında bir sınır oluşturmasıyla gerçekleşen parapatrik türleşmedir.

Darwin'in Aşamalı Gelişim Kuramı

Darwin tüm yaşamı boyunca, evrimsel değişimin aşamalı olma niteliğini vurguladı. Bu aşamalılık sadece Lyell'in birörneklilik kuramının (uniformitarianism) zorunlu sonucu değildi, Darwin aynı zamanda yeni türlerin aniden ortaya çıkması fikrinin yaratılış iddiasına fazlasıyla teslim olmak gibi görüneceğini düşünüyordu. Belirli bir yerdeki her tür elbette diğer türlere karşı keskin bir biçimde sınırlanıyordu, ancak Darwin coğrafi olarak temsili popülasyon, varyete veya türleri karşılaştırdığında, her yerde aşamalı gelişimin kanıtını görüyordu.

Bugün evrimin popülasyonlar içinde gerçekleştiği ve eşeyli popülasyonların asla ani bir sıçramayla değil, sadece aşamalı bir biçimde değişebildiği, bizim için Darwin için olduğundan çok daha açık hale gelmiştir. Poliploidi gibi bazı istisnalar bulunmaktadır; ancak bunlar, hiçbir zaman makroevrimde önemli bir rol oynamamıştır.

Darwin'in aşamalı gelişim kuramına çok sık yöneltilen eleştirilerden biri, bu kuramın tümüyle yeni organların, yapıların, fizyolojik yeteneklerin ve davranış biçimlerinin başlangıcını açıklayamadığıydı. Örneğin, körelmiş bir kanat uçma işlevini sergilemeden önce doğal seçilim aracılığıyla nasıl genişleyebilmektedir? Darwin bunun gibi evrimsel bir yeniliğin kazanılmasını mümkün kılan iki süreç önermiştir. Bunlardan biri, Severtsoff (1931) tarafından işlev genişlemesi olarak adlandırılan süreçtir. Gözlerin kökenini bu süreç için örnek verebiliriz. Böylesine karmaşık bir organ, doğal seçilim tarafından nasıl yaratılabilmiştir? Işık algılayabilen (fotoreseptör) organların en eskilerinin üst deri (epidermis) üzerindeki, ışığa duyarlı basit lekeler

olduğu ve üst derinin kalınlaşmasıyla oluşan mercek benzeri bu pigmentin ve göze ait diğer bütün ikincil niteliklerin evrim süreci içinde aşamalı olarak eklendiği sonunda gösterilmiştir. Farklı omurgasız türlerinde göze ait çok sayıda ara aşama hâlâ mevcuttur. İşlev genişlemesine ilişkin buna benzer bir başka örnek, memelilerdeki ön kolun köstebeklerde, balinalarda ve yarasalarda olduğu gibi çeşitli değişikliklere uğramış olmasıdır.

Bununla birlikte evrimsel yeniliklerin kazanıldığı tamamen farklı ve çok daha çarpıcı bir başka yol, yapının işlevinde bir değişimin ortaya çıkmasıdır. Bu durumda mevcut bir yapı, örneğin su piresinin (*Daphnia*) duyargaları, yüzmeyi sağlayacak pedal işlevini de üstlenir ve yeni seçilim baskısı altında daha fazla genişleyerek değişikliğe uğrar. Kuşlardaki tüyler muhtemelen, sürüngenlerin ısının düzenlenmesine yardımcı olan pullarının değişikliğe uğramasıyla oluşmuş, ancak uçmayla bağlantılı olarak kuşların önkanat ve kuyruklarında yeni bir işlev kazanmıştır.

İşlevlerin birbirini izlemesi sırasında bir yapı daima her iki işlevi de aynı zamanda gerçekleştirdiği bir aşamadan geçer. Su piresinin duyargaları duyu organı ve yüzme pedalıdır. İşlev değişikliğiyle ilgili en ilginç örneklerden bazıları davranış biçimleriyle ilişkilidir; örneğin, gagayla tüylerin düzeltilmesi bazı ördeklerde çiftleşmeye çağrıyla birleşmiş davranışlardır. Hayvanlardaki davranışsal yalıtım mekanizmalarının birçoğu büyük olasılıkla, yalıtılmış popülasyonlardaki eşeysel seçilim aracılığıyla başlamış ve yeni işlevlerini ancak, sözü edilen tür ilgili türlerle temas kurduktan sonra kazanmıştır.

Toplu soy tükenmeleri

Toplu soy tükenmelerinin keşfi, Darwin'in aşamalı gelişim kuramına yöneltilen ikinci itirazı oluşturdu. Cuvier'den başlayarak doğal afetler kuramını savunanlar, daha önceki biyotanın büyük ölçüde ortadan kalktığı ve tamamen yok olmasa bile yerini yeni bir biyotaya bıraktığı çok sayıda toplu soy tükenmesinin yaşanmış olduğu konusunda ısrarlıydılar. Fosil kayıtları

Permiyen ile Trias ya da Kretase Dönemi ile Tersiyer arasında çok sayıda büyük çaplı değişimlerin olduğunu gösterdi. Lyell'in *Principles of Geology* (Jeolojinin İlkeleri) adlı eserinin temel amacı, doğal afetler kuramını çürütmek ve onun yerine Hutton'un yeryüzü tarihinin aşamalı değişime tabi olduğu tezini koymaktı. Darwin'in aşamalı gelişim kuramı, Lyell'in görüşünü yansıtıyordu. Toplu soy tükenmelerinin tam olarak doğal afetler kuramını savunanların tahmin ettiği yerlerde böylece güçlü bir biçimde belgelenmesi beklenmeyen bir gelişme oldu.

Toplu soy tükenmeleri, Darwin'in önerdiği aşamalı değişime yol açan normal Darwinci varyasyon ve seçilim döngüsüyle örtüşen ve nadiren gerçekleşen felaketlerdir. Darwin, tek tek türlerin ortadan kalkarak yerlerini yeni türlere bırakmasının yaşamın tarihi boyunca sürekli gerçekleştiğinin farkındaydı. Ancak arkaplandaki bu soy tükenmelerine ilaveten, aynı zamanda jeolojik zamanlar arasında sınır çizgileri oluşturmamıza yarayan, biyotanın büyük bir kısmının eşzamanlı olarak yok olduğu belirli dönemler olmuştur. Bunların en şiddetlisi, Permiyen Dönemi'nin sonunda mevcut türlerin % 95'ten fazlasının tümüyle yok olduğu devre olmuştur.

Toplu soy tükenmelerinin nedeninin ne olduğu konusu hâlâ tartışılmaktadır. Kretase Dönemi sonunda dinozorları ortadan kaldıran toplu soy tükenmesi, neredeyse kesin olarak, bir göktaşının yeryüzüne çarpması ve bunun neden olduğu iklimsel ve çevresel değişimlerin sonucuydu. Bu görüş ilk olarak 1980'de fizikçi Walter Alvarez tarafından ortaya atıldı ve bu tarihten itibaren pek çok destekleyici kanıt ortaya çıktı. Gerçekten de çarpmanın oluşturduğu krater Yucatán Yarımadası yakınlarında tespit edilmiştir. Toplu soy tükenmelerini göktaşı çarpmalarıyla ilişkilendirmeye yönelik diğer çabalar başarısız oldu. Bunların birçoğu, ya denizlerin kıyı tabanının boyutları ile okyanus akımlarının yönünü etkileyen tektonik olaylarla ya da iklimsel değişimlerle ilişkili görünüyor. Bu soy tükenmelerinin sıralanışında belirli bir düzen vardır ve bazı yazarlar, örneğin güneşin

ışmasındaki kararsızlıklar gibi dünya dışı nedenler olabileceği şeklinde akla yatkın kuramlar önermişlerdir. Bununla birlikte, dünya dışı nedenlerle ilgili açıklamalara ait kanıtların birçoğu eleştirel çözümlemelere göğüs gerememiştir.

Toplu soy tükenmelerine yol açan bir felakette hayatta kalabilecek kadar şanslı olan türler, bir kurucu popülasyonun üyelerine benzerler. Bunlar, tümüyle farklı bir biyotik çevre içindedirler ve yeni evrimsel yollara girebilirler. Bu olasılığın en görkemli örneği, memelilerin Tersiyer'in başındaki yayılışlarında görülen patlamadır. Dinozorların soyu tükenmeden önce yüz milyon yıldan fazla bir süredir bulunan memelilerin bu yayılışı dinozorların ortadan kalkışıyla gerçekleşmiştir.

Darwin'in Doğal Seçilim Kuramı

Darwin'in türlerin ortak bir atadan geldiğini savunan aşamalı evrim kuramının geniş çaplı kabul görmesinin ardından çok sayıda rakip kuram evrimsel değişimi hangi mekanizmanın etkilediği sorusunu yanıtlamaya çalıştı. Bu kuramları savunanlar, evrimsel sentez (bkz. aşağıda) döneminde, Darwinci olmayan tüm açıklamaların tamamen çürütülüp geriye sadece Darwin'in doğal seçilim kuramının kalmasına dek, yaklaşık seksen yıl boyunca birbirleriyle tartışmaya devam ettiler.

Evrimsel değişimle ilgili rakip kuramlar

Darwinci olmayan ya da Darwincilik karşıtı üç temel kuram ya da kuram toplulukları, sıçramalı evrim kuramı, teleolojik kuramlar ve Lamarckçı kuramlardır.

Darwin öncesi döneme egemen olan tipolojik düşüncenin bir sonucu olan sıçramalı evrim kuramı, Darwin'in çağdaşları T. H. Huxley ile Kölliger, Mendelciler (Bateson, De Vries, Johannsen) ve diğer birkaç araştırıcı (Goldschmidt, Willis, Schindewolf) tarafından desteklenmiş ve evrimsel sentez dönemine kadar varlığını sürdürmüştür. Bu görüş, popülasyon düşüncesinin daha yaygın olarak benimsenmesi ve söz konusu bir sıçramalı

türleşme sürecine ilişkin herhangi bir kanıt bulunamamış olması nedeniyle terk edilmiştir. Yeni türün bir sıçramayla başlaması eşeysel olarak üreyen organizmalarda sadece poliploidi ve başka bazı kromozomal yeniden yapılanmalar aracılığıyla gerçekleşir ve bunlar görece seyrek olan türleşme biçimleridir.

Teleolojik kuramlar doğanın özünde tüm evrimsel soy çizgilerini daha fazla mükemmelliğe yönelten bir ilke olduğunu öne sürer. Berg'in nomogenez, Osborn'un aristogenez ve Teilhard de Chardin'in omega ilkesi gibi ortogenetik kuramlar teleolojik kuramlara örnek oluşturur. Evrimsel değişimin (birçok geri dönüşler dahil) rastlantısal olduğunun gösterilmesi ve kesintisiz ilerleyen değişimi mümkün kılacak herhangi bir mekanizmanın bulunmamış olması nedeniyle, bu kuramlar sonunda tüm taraftarlarını kaybettiler.

Lamarckçı ve yeni-Lamarckçı kuramlara göre organizmalar evrim sırasında kazanılmış özelliklerin kalıtımıyla, yavaş yavaş değişime uğrar. Bu yeni özelliklerin, bunları kullanma ve kullanmamanın etkilerine bağlı olduğuna ya da daha açık ifadeyle, çevresel güçlerin bunlara neden olduğuna inanılıyordu. Lamarckçılık, aşamalı evrimi Mendelcilerin sıçramalı evriminden çok daha iyi açıkladığı için, evrimsel sentez ortaya çıkana kadar oldukça popülerdi. Aslına bakılırsa, 1930'lara kadar muhtemelen Darwincilerden çok Lamarckçı vardı.

Lamarckçı kuramlara duyulan ilgi, genetikçilerin kazanılmış özelliklerin kalıtımının ("yumuşak kalıtım") gerçekleşemeyeceğini, çünkü yeni kazanılmış fenotipik özelliklerin bir sonraki kuşağa geçirilemeyeceğini göstermeleriyle kayboldu. Yumuşak kalıtım kuramının aldığı son darbe, yirminci yüzyılda moleküler biyologların proteinlerde (fenotip) mevcut bilginin nükleik asitlere (genotip) aktarılamayacağını göstermeleri oldu. Moleküler biyolojide santral dogma olarak adlandırılan bu bulgu, Lamarckçılığa duyulan güvenin son kalıntılarını da yok etti. Bazı mikroorganizmaların (belki de protistlere kadar) dış koşullara bir tepki olarak mutasyona uğrama yeteneğine sahip olması olasılığı var-

dır, ancak bu, mikroorganizmalar için doğrulansa bile, genotipin DNA'sı fenotipten çok fazla uzaklaşmış olan üstün yapılı organizmalar için asla geçerli olamaz.

Doğal seçilim

Evrimsel değişimden sorumlu mekanizmanın Darwinci doğal seçilim olduğu, bugün biyologlar arasında neredeyse evrensel bir kabul görmektedir. Doğal seçilim iki basamaklı bir süreç olarak incelenebilir: Varyasyon ve uygun olanın seçilimi.

İlk basamak, her kuşakta genetik rekombinasyonlar, gen akışı, rasgele etmenler ve mutasyonlar nedeniyle genetik varyasyonun ortaya çıkmasıdır. Varyasyon, açık bir biçimde Darwin'in fikirlerinde en zayıf halkayı oluşturuyordu. Yürüttüğü kapsamlı çalışmalar ve düşünsel çabalara rağmen Darwin, varyasyonun kaynağını hiçbir zaman anlayamadı; varyasyonun doğasıyla ilgili, daha sonra Weisman ve 1900'den sonraki genetikçilerce düzeltilen bazı yanlış fikirlere sahipti. Bugün, genetik varyasyonun Darwin'in düşündüğü gibi "yumuşak" olmadığını, aksine "sert" olduğunu biliyoruz. Mendelci kalıtımın bireye özgü olduğunu, yani yumurta döllendiği zaman her iki ebeveynin genetik katkısının birbirine karışmayıp, ayrı ve değişmez kaldığını da biliyoruz. Nihayet, 1944 yılından beri, nükleik asitlerden oluşan genetik maddenin doğrudan fenotipe dönüştürülmediğini, sadece proteinlere ve fenotipin diğer moleküllerine çevrilen (translasyon) bir genetik bilgi ("mavi kopya" veya program) olduğunu biliyoruz.

Varyasyonun ortaya çıkmasının karmaşık bir süreç olduğu anlaşılmıştır. Nükleik asitler baz-çifti bileşimindeki değişimlerle mutasyona uğrayabilir ve bu mutasyonlar bol miktarda gerçekleşir. Bundan başka, eşeyli olarak üreyen organizmalarda gametlerin oluşumu (mayoz) sırasında, ebeveynlere ait kromozomların kırılıp yeniden bir araya geldiği bir süreç yer alır. Sonuç olarak ebeveynlere ait genotiplerin çok sayıda rekombinasyonu her yavrunun biricik olmasını garanti eder. Mutasyonda olduğu gibi rekombinasyon sürecinde de en çok rastlantının etkisi vardır.

Mayoz sırasında, genlerin karışımının geniş ölçüde rasgele olduğu, doğal seçilim sürecine büyük bir rastlantı bileşeni katan tüm bir ardışık basamaklar dizisi bulunur.

Doğal seçilimdeki ikinci basamak, uygun olanın seçilimidir. Bunun anlamı, yeni oluşturulmuş bireylerin (zigotların) hayatta kalış ve üremelerindeki farklılıklardır. Pek çok organizma türünde, her kuşaktaki bireylerin çok küçük bir oranı hayatta kalacak ve genetik bileşimine bağlı olarak belirli bireyler, geçerli koşullar altında diğerlerinden daha yüksek hayatta kalma ve üreme olasılığına sahip olacaktır. İstiridye ve diğer deniz canlılarında olduğu gibi, üreme evresinde her iki ebeveynin milyonlarca yavru ürettiği türlerde bile, popülasyonu durağan-durum frekansında sürdürmek için bu yavrulardan sadece ortalama iki tanesine gereksinim vardır ve bir sonraki kuşağın az sayıdaki bu öncülerinin hayatta kalışına rastlantı etmenleri büyük bir etkide bulunuyorsa, genetik özelliklerin hayatta kalış üzerine zaman içinde büyük bir katkı da bulunduğunda kuşku yoktur. Popülasyonun uyumluluğu bu şekilde kuşaktan kuşağa sürdürülür ve popülasyon, büyük değişkenlik gösteren yavrular arasında belirli genotipler tercih edileceği için çevredeki değişimlerle başa çıkabilecek yeteneğe sahip olur.

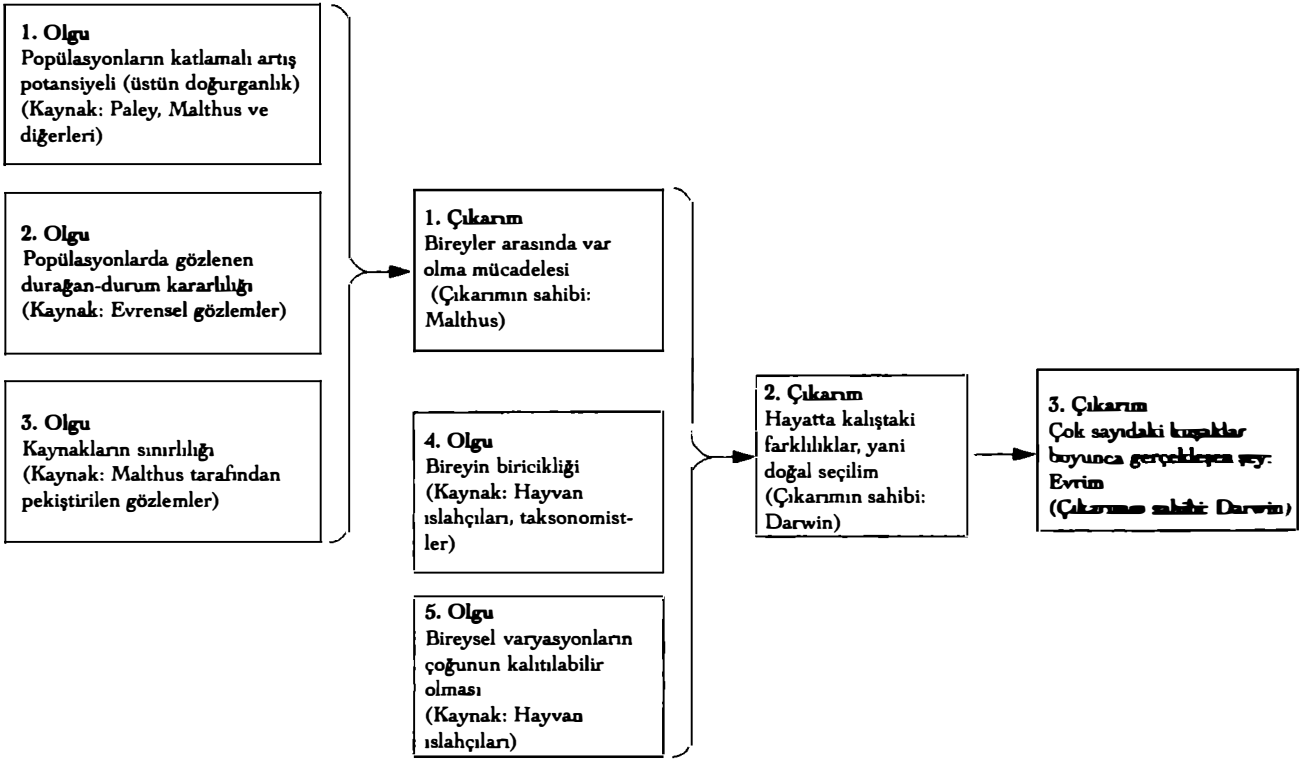
Rastlantı mı yoksa zorunluluk mu?

Eski Yunanlılar'dan on dokuzuncu yüzyıla kadar, dünyadaki değişimlerin rastlantıya mı yoksa zorunluluğa mı dayandığı konusunda büyük bir anlaşmazlık hüküm sürdü. Bu eski bilmeceye parlak bir çözüm getiren kişi Darwin oldu: Darwin'e göre her ikisi de doğruydu. Değişikliğin ortaya çıkışında rastlantı baskınken, seçilimin kendisi büyük ölçüde zorunlulukla gerçekleşir. Ancak Darwin'in "seçilim" (selection) terimini seçmesi bir talihsizliktir; çünkü bu terim, doğada kasıtlı olarak seçen bir etkenin olduğu fikrini çağrıştırmaktadır. Gerçekte, "seçilen" bireyler sadece, daha az uyum sağlamış ya da daha az şansı olan bireylerin popülasyondan çıkarılmasından sonra geriye kalan-

lardır. Bundan ötürü, seçilim teriminin "rasgele olmayan eleme" ifadesi ile değiştirilmesi önerilmiştir. Seçilim sözcüğü kullanılmaya devam etse de ve sözcüğü tercih edenlerin çoğunluğu evrimciler olsa da, hiç unutulmamalıdır ki sözcük aslında rasgele olmayan eleme anlamındadır ve doğada seçici bir güç bulunmamaktadır. Bu terimi basitçe, bazı bireylerin elenmesinden sorumlu olumsuz koşullar topluluğunu anlatmak için kullanıyoruz. Hiç kuşkusuz böyle bir "seçici güç" çevresel etmenler ile fenotipik eğilimlerin bir bileşimidir. Darwinciler bu terimi olduğu gibi kullandığı halde, evrim karşıtları genellikle bu terimlerin sözcük anlamlarına saldırırlar.

Evrimcilerin, Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim kuramının daha önceki özcü ya da teleolojik kuramlardan ne denli kesin farklılıklar içerdiğini hakkıyla anlamaları çok yakın yıllarda olmuştur. Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yayınladığında doğal seçilimin varlığına ilişkin herhangi bir kanıta sahip değildi; bunun varlığını çıkarımlara dayandırıyordu. Darwin'in kuramı şemada görüldüğü gibi beş tane olgu ve üç tane çıkarıma dayanıyordu. İlk üç olgu, popülasyonların katlanarak artma potansiyelleri, popülasyonlarda gözlemlenen durağan-durum kararlılığı ve kaynakların sınırlı oluşudur. Buradan çıkarılacak sonuç, bireyler arasında bir rekabetin (var olma mücadelesi) bulunması gerektiğidir. Diğer iki olgu, her bireyin biricikliği ile bireysel farklılıkların çoğunun kalıtılabilir olması, ikinci çıkarım olan hayatta kalıştaki farklılıklara (yani doğal seçilime) ve üçüncü çıkarım olan, bu sürecin kuşaklar boyunca sürmesinin evrimle sonuçlanacağı sonucuna götürür.

Bates'in (1862) yenilebilir kelebekler ile bunların zehirli veya yenilebilir olmayan modelleri arasındaki yakın benzerliği ve birbirine koşut coğrafi varyasyonu göstermesi, Darwin'i çok sevindirmiştir. Bates'in örneklediği bu benzerlik (mimikri) doğal seçilim için ilk kesin kanıt oldu. Bugün, binlerce olmasa bile yüzlerce kesin kanıt bulunmaktadır. Bunlar arasında en iyi bilinenler tarım zararlılarındaki tarım ilacı dirençliliği, bakteriler-



Darwin'in doğal seçilim aracılığıyla evrimi açıklama modeli

deki antibiyotik dirençliliği, endüstriyel melanizm, miksomotozis yapan virüsün Avustralya'da etkinliğini yitirmiş olması, orak-hücre geni ile kanla ilgili diğer genler ve sıtmadır.

Doğal seçilim ilkesi öylesine mantıklı ve açıktır ki, günümüzde bu ilkeyi sorgulamak neredeyse imkânsız hale gelmiştir. Tek tek her durum için sınanabilecek ve gerçekten sınanması gereken şey, fenotipteki belirli bir bileşenin özellikleri üzerine doğal seçilimin ne ölçüde katkı sağladığıdır. Her özellik için sorulması gereken sorular şunlardır: Bu özelliğin evrimsel olarak ortaya çıkışı doğal seçilim tarafından kolaylaştırılmış mıdır? Bu özelliğin doğal seçilim tarafından tercih edilmesine yol açan hayatta kalışını sağlayan değer nedir? Burada sözü edilen şey uyuma yönelik programdır.

Eşeysel seçilim

Hayatta kalışı kolaylaştırıcı özellikler, olumsuz iklim koşullarına (soğuk, sıcak, kuraklık) karşı daha fazla tolerans gösterilmesi, besin kaynaklarının daha iyi kullanılması, daha fazla rekabet edebilme yetisi, hastalık yapan etmenlere karşı daha fazla dirençlilik ve düşmanlardan kaçabilme yeteneğindeki artıştır. Bununla birlikte hayatta kalış tek başına, bir bireyin gelecek kuşağa genetik olarak katkıda bulunmasını sağlamaz.

Evrimsel açıdan bakıldığında, bir birey hayatta kalmakla ilgili üstün niteliklere sahip olmasıyla değil, sadece daha verimli üreyebilmesi sayesinde daha başarılı olabilir. Bireylerin üreme nitelikleri nedeniyle kayırıldığı bu süreç Darwin tarafından "eşeysel seçilim" olarak adlandırılmıştır.

Erkek cennet kuşlarının (paradiseidae) muhteşem sorguçları, tavuskuşunun kuyruğu ve geyiklerin gösterişli boynuzları Darwin'i özellikle etkileyen ikincil erkek cinsiyet özellikleriydi. Dişilerin bu gibi özellikleri dikkate alarak çiftleşebilecekleri eşi seçme yeteneğinin ("dişi seçimi" adı verilen süreç) eşeysel seçilimin önemli bir bileşeni olduğunu artık biliyoruz ve bu, muhtemelen erkeklerin dişilere yaklaşabilmek için rakiplerle rekabet

yeteneğinden daha önemlidir. Dişilerin yavruların hayatta kalışına en üstün katkıyı yapabilecek erkekleri seçme yeteneğine sahip olduğu bazı durumlarda, eşeysel ve doğal seçilimin birbirlerinden tamamen bağımsız olmaları zorunlu değildir.

Bunların ötesinde, yavruların rekabeti, ebeveynlik yatırımı gibi başka bazı yaşam hikâyesi olguları da vardır ve bu olgular, üreme başarısı üzerinde hayatta kalış üzerinde olduğundan daha fazla etkilidir. Bundan ötürü, üreme başarısı için yapılan seçim eşeysel seçilim teriminin anlattığından daha geniş bir kategori olarak karşımıza çıkmaktadır. Sosyobiyologlar tarafından yapılan çalışmaların çoğunu üreme başarısı için yapılan seçime ilişkin konular oluşturmaktadır.

Evrimsel Sentez ve Sonrası

Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nin yayımlanmasını izleyen seksen yıl boyunca Darwinciler ile Darwinci olmayanlar arasındaki tartışmalar giderek şiddetlendi. Mendel'in 1900 yılında genetik ilkeleri yeniden keşfetmesinin, varyasyon konusunu aydınlatma potansiyelinden dolayı taraflar arasında bir fikir birliği sağlayabileceği düşünülmüş olabilir; ancak bu, anlaşmazlığı daha da artırmıştır. İlk Mendelciler (Bateson, De Vries ve Johannsen) popülasyon düşüncesi konusunda yetersizdiler ve aşamalı evrim ve doğal seçilimi reddettiler. Onlara karşı çıkan doğacı ve biyometristlerin durumu ise daha iyi değildi. Bunlar, Mendel'in göstermiş olduğu kısmi (particulate) kalıtımdan çok karışımsal (blending) kalıtımı kabul ettiler ve doğal seçilim ile kazanılmış özelliklerin kalıtımı arasında sıkışıp kaldılar. 1930'lu yılların başları gibi geç bir zamanda bile, çeşitli gözlemciler yakın gelecekte bir fikir birliğine varılacağı konusunda hâlâ bir umudun olmadığını düşünüyordu.

Oysa fikir birliği için gerekli alt yapı ortada öylece duruyordu. Hem genetikçiler hem de doğacılar uyumluluk ve biyoçeşitlilik konusunda bilgilerini oldukça ilerletmişlerdi; ancak her iki kamp da diğerinin ulaştığı başarılardan habersizdi. Her iki taraf da ev-

rimsel biyolojinin diğer yarısı hakkında oldukça yanlış kanılar taşıyordu. Arada bir köprüye gereksinim vardı ve bu köprü Theodosius Dobzhansky'nin *Genetics and the Origin of Species* (Genetik ve Türlerin Kökeni) adlı eserinin yayınlanmasıyla kuruldu. Dobzhansky hem bir doğacı hem de genetikçiydi. Gençliğinde Rusya'da böcek taksonomistliği yapmış, tür ve türleşme üzerine yazılmış Avrupa'daki zengin literatürle tanışmış ve popülasyon düşüncesini tümüyle kavramıştı. 1927'den sonra, T. H. Morgan'ın laboratuvarında çalışmak üzere Amerika Birleşik Devletleri'ne gittiğinde, genetikçilerin başarılarını yakından görme ve düşüncelerini tanıma fırsatı buldu. Dobzhansky sonuç olarak kitabında evrimsel biyolojinin şu iki büyük dalının hakkını doğrulukla verdi: Gen havuzundaki genlerin dönüşümüyle uyumluluğun sürdürülmesi (ya da geliştirilmesi) ve yeni biyolojik çeşitlerin, özellikle de yeni türlerin ortaya çıkmasına yol açan popülasyondaki değişimler. Dobzhansky'nin kabaca ortaya koyduğu taslağın ayrıntıları Mayr (tür ve türleşme, 1942), Simpson (yüksek taksonlar, makroevrim, 1944), Huxley (1942), Rensch (1947) ve Stebbins (bitkiler, 1950) tarafından tamamlanmıştır. Bunlara koşut ve eşzamanlı bir başka sentez Almanya'da, Chetveriko'un öğrencilerinden Timofeeff-Ressovsky tarafından yapılmıştır.

Tür düzeyinin üstündeki düzeylerdeki evrimi inceleyen makroevrim konusu, evrimsel sentez dönemine kadar temelde, genetik ya da türleşme çalışmalarıyla etkin bağları olmayan paleontologların çalışma alanıydı. Paleontologların hemen hemen hiçbiri tam olarak Darwinci değildi; çoğu ya sıçramalı evrime ya da bir çeşit erekçi otogeneze inanıyordu. Paleontologlar genel olarak makroevrimsel süreç ve nedenselliklerin, genetikçilerin ve türleşme üzerine çalışanların inceledikleri, popülasyona ait olgulardan tamamen farklı ve kendine özgü olduklarını düşünüyorlardı. Bu görüş, görünürde Darwin'in aşamalı gelişim ilkesine tamamen aykırı olan yüksek taksonlar arasındaki kesintilerin yaygın oluşuyla doğrulanmış görünüyordu. Makroevrimdeki her şey mikroevrimde gözlenenlerden farklı görünmekteydi.

Makroevrim konusunda çalışanların çoğu hâlâ transformasyonal evrim bağlamında, yani evrimsel soy çizgilerinde sürekli değişimin daha çok türleşme ya da uyumluluk yönünde olduğunu düşünüyorlardı. Bununla birlikte Darwin'in karşılaştığı açmazla, yani fosil kayıtlarının bu kavramı desteklemediği gerçeğiyle yüz yüze geldiler. Filetik soy çizgilerindeki uzun, sürekli ve aşamalı değişimler -gerçekleşmiş olsalar bile- fosil kayıtlarında çok seyrektiler. Yeni tür ve daha yüksek tipler fosil kayıtlarında istisnasız olarak birden görülmeye başlıyordu ve birçok soy çizgisi er ya da geç yok oluyordu. Bu durumun fosil kayıtlarının eksikliğinden kaynaklandığı açıklamasına sığınılabilirdi elbette; ancak bu, geçerli bir itiraza kulakları tıkama anlamına geleceğinden, çok sayıda paleontolog sıçramalı evrimi benimsedi ve de Vries ve Goldschmidt gibi genetikçiler makro mutasyonlar ("umulan canavarlar") aracılığıyla evrim düşüncesini öne sürdüklerinde bunu memnuniyetle karşıladı.

Simpson (1944:206), kuantum evrimi adını verdiği bir başka çözüm önerdi. Kuantum evrimi, "denge durumunda olmayan biyotik bir popülasyonda eski koşuldan tamamen farklı bir denge durumuna doğru oldukça hızlı kayma" anlamına geliyordu. Simpson bu önerinin, "büyük dönüşümlerin görece büyük hızlarda, kısa zaman sürelerinde ve özel koşullarda cereyan ettiği" ile ilgili bildik gözlemi açıkladığını düşünüyordu. Yazılarından açıkça anlaşılacağı gibi, Simpson'ın aklında filetik bir soy çizgisindeki evrimsel değişimin çok hızlı olduğu düşüncesi vardı. Böyle bir çözüm, onun kesinlikle filetik tür kavramını benimsemiş olmasını gerektiriyordu. Kuantum evrimi sıçramalı evrime bir geri dönüş olarak eleştirildi ve Simpson sonraki yıllarda (1953) bu görüşü kısmen terk etti.

Makroevrimin açıklanışı

Evrimsel sentezin sıçramalı evrim, otogenetik kuramlar ve yumuşak kalıtımı reddetmesiyle, makroevrimi popülasyona ait bir olgu olarak, yani mikroevrim sırasında gerçekleşen olay ve

süreçlerden doğrudan doğruya türeyen bir süreç olarak açıklama gereksinimi giderek zorunlu hale geldi.[4] Bu, özellikle fosil kayıtlarında bulunan ve görünürde sıçramalı olan bulgular için geçerliydi. Paleontologlar bu sorunu çözecek ne bilgiye ne de kavramsal donanıma sahiptiler.

Ben, 1954'te bir çözüm önerdim. Buna göre, genetik yeniden yapılanma, kurucu popülasyonlardaki türleşme süreci sırasında gerçekleşir ve fosil kayıtlarındaki bazı boşluklar, zaman ve mekân içinde fazlasıyla sınırlılık gösteren türleşen kurucu popülasyonların fosil kayıtlarında bulunma olasılığının diğerlerine kıyasla çok az olmasından kaynaklanır. Yine de büyük evrimsel değişimler üzerine çalışanlar için en ilginç konu, çevrede tamamıyla yalıtılmış olarak türleşen popülasyonlardır.

Kafa karıştıran olguların birçoğu, özellikle de paleontologları ilgilendirenler, kayıp kurucu popülasyonlar, eşit olmayan (ve özellikle çok hızlı olan) evrimsel hızlar, evrimsel dizilerdeki kırıklar, belirgin sıçramalar ve son olarak yeni "tipler"in kökeni dikkate alınarak açıklanabilir görünüyordu. Çevrede yalıtılmış haldeki popülasyonların genetik yeniden yapılanmaları bu popülasyonlardaki evrimsel değişimlerin, sürekli bir sistemin parçası olan popülasyonlarda olduğundan çok daha hızlı olmasına izin verir. Burada yine, makroevrimsel yeniliklerin hızla ortaya çıkışına genetikte gözlenen olgularla hiçbir şekilde çelişmeksizin izin veren bir mekanizma çıkıyor karşımıza.[5]

Bu öneri 1971'de Eldredge, 1972'de ise Eldredge ve Gould tarafından ele alındı ve bu araştırıcılar türlerin bu şekilde evrimleşmesini "kesintili dengeler" (punctuated equilibria) olarak ifade ettiler. Buna ek olarak, Eldredge ve Gould'un vardığı sonuca göre, bu şekilde ortaya çıkan yeni bir tür eğer başarılı olursa durağan bir evreye girebilir ve soyu tükenene kadar geçecek milyonlarca yıl boyunca hemen hemen hiç değişmeden kalabilir. Dolayısıyla makroevrim, transformasyonal evrimin bir çeşidi değil, tür içindeki evrim gibi bir Darwinci varyasyonal evrimdir. Sürekli yeni popülasyonlar ortaya çıkar ve bunla-

rın birçoğu er ya da geç yok olur. Bu popülasyonlarm ancak belirli bir yüzdesi, çoğunlukla dikkate değer evrimsel yenilikler kazanmaksızın tür seviyesine çıkar, ancak sonuçta bunların da soyu tükenir. Bu yeni türlerden biri, genetik yeniden yapılanma ve bunu izleyen güçlü doğal seçilim sırasında, gelişerek geniş ölçüde yayılmasını ve fosil kayıtlarının yeni bir parçası olmasını mümkün kılan bir genotipi çok nadiren kazanır.

Eldredge ve Gould'un yayınladıkları makale etkili oldu ve sonunda paleontologlar türleşme evrimi olgusundan tam olarak haberdar oldular; fosil kayıtlarında niçin çok fazla boşluk olduğunu anlamaya başladılar. Ancak kesintili dengeler kuramının yaptığı en önemli katkı, dikkatlerin durağanlık frekansına çekilmesini sağlamak oldu. Bazı genetikçiler bu olguyu normalleştirici seçilime bağlayarak açıklamaya çalıştılarsa da, kuşkusuz bu açıklama yeterli olmamıştır. Her popülasyon sürekli olarak normalleştirici seçilime tabidir. Ancak, bu popülasyon ve türlerin bazıları normalleştirici seçilime rağmen hızla evrimleşirken, diğerleri milyonlarca yıl boyunca fenotipik olarak değişmeden kalırlar. Böylesine kararlı bir fenotipin özellikle iyi dengelenmiş ve içsel olarak bağıntılı bir genotipin ürünü olduğunu kabullenmemek elde değildir.

Aslına bakılırsa, yaşamın tarihinde böyle içsel bir bağıntının gerçekten var olduğu fikrini veren çok sayıda olgu vardır. Kambriyen Öncesi'nin sonları ile Kambriyen Dönemi'nin başlarında farklı yapısal tiplerin gerçek anlamda bir patlama göstermesi başka türlü nasıl açıklanabilir? Fosil kayıtlarının son derece kısıtlı olmasına rağmen, o döneme ait hayvan kollarında 60 ilâ 80 farklı morfotip tanımlanabilir. Bu sayı günümüzde 30 civarındadır. Öyle görünüyor ki yeni ortaya çıkan hayvanlar âleminin genotipi, başlangıçta çok sayıda yeni tip oluşturmaya uygun bir esnekliğe sahipti. Bu yeni tiplerden bir kısmı başarısız olup yok olurken, modern kordalılar, derisidikenliler, eklembacaklılar ve diğerlerince temsil edilen geriye kalan gruplar ise giderek, değişime karşı daha az esnek hale gelmişlerdir. Paleozoik Zaman'ın başlarından beri yeni ve büyük bir plana sahip tek bir hayvan tipi oluşmamış

tır. Mevcut olanlar sanki "donmuş" görünmektedir, diğer bir deyişle, mevcut gruplar öyle güçlü bir içsel bağıntı kazanmıştır ki, tümüyle yeni yapısal tiplerin üretimi gerçekleşmemiştir.

Genetik tarihinin başlarında, birçok genin pleitropik olduğu, yani fenotip üzerinde birkaç farklı etkiye sahip olabildiği anlaşıldı. Benzer şekilde fenotipi oluşturan bileşenlerin birçoğunun poligenik özellikte olduğu, yani çoklu genler tarafından etkilendiği bulundu. Genler arasındaki bu etkileşimler bireylerin uyumu ve seçilimin etkileri açısından mutlak bir öneme sahiptir, ancak bunları tek tek incelemek güçtür. Popülasyon genetikçilerinin birçoğu hâlâ, kendilerini genlerdeki etki eklenmesi olgusunu araştırmak ve tek-gen lokuslarını incelemekle sınırlamaktadırlar. Bu, evrimsel kararlılık ve yapısal tiplerin değişmezliği genetik incelemelere çok fazla açık olmadığı için anlaşılabilir bir durumdur. Genotipteki içsel bağıntıyı ve bunun evrimdeki rolünü daha iyi anlamak evrimsel biyolojinin belki de en zorlayıcı sorunudur.

Evrim Gelişir mi?

Darwincilerin büyük çoğunluğu yeryüzündeki yaşamın tarihinde gelişmeyi gösteren bir unsur fark etmişlerdir. Bu özellik, canlılar dünyasına iki milyar yılı aşkın süreyle hâkim olan prokaryotlardan iyi organize olmuş çekirdekleri, kromozmaları ve sitoplazmik organelleriyle ökaryotlara; tekhücreli ökaryotlardan (protista) özelleşmiş organ sistemleri arasında kesin bir işbölümü olan bitki ve hayvanlara; hayvanlar içinde, iklim koşullarının insafına tabi olan soğukkanlı (ektotermal) hayvanlardan sıcakkanlı (endotermal) hayvanlara; sıcakkanlı hayvanlar içinde küçük beyinli ve zayıf sosyal organizasyonu olan tiplerden büyük merkezi sinir sistemi, oldukça gelişmiş ebeveyn bakımı ve nesilden nesile bilgi aktarma yeteneğine sahip olanlara doğru gelişmede yansımaktadır.

Yaşamın tarihindeki bu değişimleri gelişme olarak nitelemek mantıklı mıdır? Bu sorunun yanıtı kişinin gelişmeyi nasıl kavradığına ve tanımladığına bağlıdır. Bununla birlikte böyle bir de-

ğişim doğal seçilim kavramı söz konusu olduğunda neredeyse bir zorunluluk haline gelir, çünkü rekabet ve doğal seçilimin bir arada oluşturduğu güçler soy tükenmesi ya da evrimsel gelişme dışında pek bir seçenek bırakmamaktadır.

Yaşamın tarihindeki bu değişim, endüstriyel gelişimdeki belirli değişimlerle benzerlik içindedir. Niçin modern motorlu arabalar yetmiş beş yıl önceki motorlu arabalardan çok daha iyidir? Bunun nedeni motorlu arabaların daha iyi olabilmek için içsel bir eğilime sahip olmaları değil, üreticilerin sürekli olarak çeşitli yenilikler yapması ve bu arada tüketici talepleri aracılığıyla ortaya çıkan rekabetin büyük bir seçici baskıya yol açmasıdır. Ne otomobil endüstrisinde ne de canlılar dünyasında, işleyen nihai güçler ya da herhangi bir mekanikçi belirlenimcilik buluruz. Evrimsel gelişme Darwin'in değişim ve seçilim ilkesinin kaçınılmaz sonucudur. Bu ilkede, Spencer gibi teleologların ve ortogenezi savunanların gelişmeciliğinde bulunan ideolojik unsur bulunmamaktadır.

Çok sayıda insanın Darwinci evrimin temsil ettiği gelişmeye yönelik salt mekanikçi bir yolu (ki bu yolda her filetik soy çizgisindeki gelişmeler farklıdır) anlamada güçlük çekmeleri şaşırtıcıdır. Prokaryotlar gibi bazı soy çizgileri milyarlarca yıldır neredeyse hiç değişim göstermemiştir. Bir kısım soy çizgileri geliştiklerine ilişkin hiçbir belirti göstermeden özelleşmişken, parazitlerin çoğu ve özel nişlerde yaşayan organizmalar gibi diğerleri ise geriye doğru evrimleşmişlerdir. Yaşamın tarihinde evrimsel gelişme için herhangi bir evrensel eğilim ya da kapasite bulunduğunu gösteren bir işaret yoktur. Görünürde gelişme olan her yerde, bu durum doğal seçilimin etkisiyle gerçekleşen değişimlerin bir yan ürünüdür.

Organizmalar niçin mükemmel değildir?

Doğal seçilim zorunlu olarak evrimsel gelişme ortaya çıkarmıyorsa, Darwin'in belirttiği gibi, mükemmellik de ortaya çı-

karmaz. Doğal seçilimin etkinliğinin sınırlarını soy tükenmesinin evrenselliği açıkça göstermektedir: Bir zamanlar var olmuş evrimsel soy çizgilerın % 99.9'dan fazlası yeryüzünden silinmiştir. Toplu soy tükenmeleri bize evrimin transformasyonal evrimin ortaya koyduğu gibi, sürekli olarak daha mükemmele doğru yaklaşmak değil, "en iyi" olanın bir felaket sonucunda aniden yok olabileceği ve evrimsel sürekliliğin bu felaketten önce hiç ümit vadetmeyen filetik soy çizgilerince sağlanabilceği, tahmin edilemez bir süreç olduğunu hatırlatır.

Darwin'in işaret ettiği gibi, "doğal seçilim en küçüğü dahil yeryüzündeki her değişikliği her gün ve her saat incelemektedir," ancak değişimi meydana getirme gücü üzerinde sayısız engeller ve sınırlamalar vardır.

Öncelikle, belirli bir özelliği mükemmelleştirmek için gerekli varyasyon ortaya çıkmayabilir. İkinci olarak, Cuvier'in işaret ettiği gibi, evrim sırasında yeni bir çevresel fırsat söz konusu olduğunda çeşitli olası çözümlerden birinin benimsenmesi, daha sonraki evrime yönelik olasılıkları büyük ölçüde kısıtlayabilir. Örneğin, omurgalılar ve eklembacaklıların ataları üzerinde iskelete sahip olma yönünde bir seçici baskı ortaya çıktığında, eklembacaklıların ataları dış iskelet, omurgalıların ataları ise iç iskelet kazanma yönünde önkoşullara sahiptiler. Bu iki büyük organizma grubunun daha sonraki tüm tarihleri, bunların uzak atalarının geçtiği farklı yollardan etkilenmiştir. Omurgalılar dinozor, fil ve balina gibi devasa yaratıklar geliştirebildiği halde, eklembacaklıların erişebildikleri en büyük tip, irice bir yengeç olmuştur.

Doğal seçilim üzerindeki bir başka kısıtlama gelişimsel etkileşimdir. Fenotipin farklı bileşenleri birbirlerinden bağımsız değildir ve bunların hiçbiri diğerleriyle etkileşmeksizin seçilime yanıt vermez. Gelişim mekanizmasının tümü tek bir etkileşim sistemidir. Bu gerçeğin fark edilmesi, morfoloji araştırıcıları arasında Geoffroy St. Hilaire'e (1818) kadar geri gider. St. Hilaire, bunu *Loi de balancement* (Dengeleme Yasası) adlı eserinde belirtmiştir. Organizmalar birbirleriyle rakabet içindeki is-

teklerin uyuşmalarıdır. Belirli bir yapı veya organın seçici güçlere ne derece yanıt verebileceği önemli ölçüde, diğer yapıların yanı sıra diğer genotip bileşenlerinin sunduğu dirence bağlıdır. Roux birbirleriyle rekabet eden gelişimsel etkileşimlerden, bir organizmanın farklı kısımları arasındaki mücadele olarak söz etmiştir.

Genotip yapısının kendisi, doğal seçilimin gücü üzerine bilirli sınırlar getirir. Genotip klasik benzetmeye göre, genlerin bir kolyedeki inci taneleri gibi ard arda sıralanmasından oluşuyordu. Bu görüşe göre her gen diğerlerinden az ya da çok bağımsızdı. Önceleri kabul gören bu imgeden geriye çok az şey kalmıştır. Farklı işlevlere sahip gen aileleri olduğunu artık biliyoruz. Bazı genler malzeme oluşturmakla, bazıları bunları denetlemekle görevlidir ve bir kısmının ise herhangi bir işlevi yoktur. Kodlama yapan tek genler, orta derecede veya çok sayıda tekrarlanan DNA parçaları, transpozonlar, ekzonlar, intronlar ve çok sayıda başka DNA çeşidi vardır. Bunların birbirleriyle nasıl etkileştiği ve farklı gen lokusları arasındaki epistatik etkileşimleri neyin denetlediği, genetiğin hâlâ çok az anlaşılmış bir alanıdır.

Doğal seçilim üzerinde başka bir kısıtlama genetik kaynaklı olmayan değişebilme yeteneğidir. Fenotip (gelişimsel esneklikten ötürü) ne kadar esnek ise olumsuz seçilim baskılarının gücünü o denli azaltır. Bitkilerin ve özellikle mikroorganizmaların fenotipik değişikliğe uğrama kapasiteleri hayvanlarınkinden çok daha fazladır. Doğal seçilim hiç kuşkusuz bu olguda da yer alır; çünkü genetik kaynaklı olmayan uyum yeteneği sıkı bir genetik kontrol altındadır. Bir popülasyon yeni ve farklı özellikteki bir ortama yerleştiğinde, genler birbirini izleyen kuşaklar boyunca seçilime uğrar. Bu seçilim genetik kaynaklı olmayan uyum yeteneğini güçlendirir ve sonunda geniş ölçüde değiştirebilir.

Sonuç olarak, bir popülasyondaki farklı hayatta kalma ve üreme yeteneği büyük ölçüde rastlantı sonucudur ve bu, aynı zamanda doğal seçilimin gücünü sınırlar. Ebeveyne ait kromo-

zomların mayoz sırasında parça alışverişine (cross-over) uğramalarından başlayarak yeni oluşmuş zigotların hayatta kalışına kadar her üreme basamağında rastlantı etkindir. Bundan başka, potansiyel olarak avantajlı gen bileşimleri çoğu zaman doğal seçilimin bu genotipleri tercih etmesine fırsat kalmadan, fırtınalar, seller, depremler veya volkan patlamaları gibi ayrım gözetmeyen çevresel etmenlerce yok edilir. Zaman içinde daha sonraki kuşakların öncüleri haline gelen az sayıdaki bireyin hayatta kalışında yine göreli uyum daima başrolü oynar.

Günümüzdeki Tartışmalar

Evrimsel sentez, Darwin'in evrimin genetik varyasyon ve doğal seçilime bağlı olması ilkesini bütünüyle doğruladı. Bununla birlikte bu temel Darwinci çerçeve yine de fikir ayrılığı barındırmaktadır.

"Seçilim birimi"nin ne olduğu üzerine şiddetli bir tartışma yıllardır sürüp gitmektedir. "Birim" terimini ilk kez kullananlar bunu tam olarak neden yaptıklarını asla açıklamadılar. Fizik ve teknolojide kullanılan birim terimi güçlerin niceliğini ifade eder. Seçilim kuramındaki birim terimi ise çok farklı bir anlam taşır ve daha da kötüsü bu terim, birçok tartışmada birbirinden çok farklı iki olgu için kullanılmaktadır. Bunlar, seçilimin hedefi olan gen, birey ya da grubu anlatmak için kullanılan, "...nın seçilimi" ve örneğin, kalın kürk gibi (bazen tek bir gen tarafından verilen) özel bir nitelik anlamına gelen, "... için seçilim"dir.

Gen, birey, tür ya da seçilimin hedefi olmayan bir şey söz konusu olduğunda, birim terimini kullanmak uygun değildir. Seçilenin ne olduğunu (gen, birey, tür) belirtmek isteyen evrimcilerin bunun için "hedef" terimini kullanmaları hiç kuşkusuz daha uygundur. Ancak, bu sözcük bile, "seçilim birimi" teriminin kapsaması beklenen her şeyi karşılamaz. Burada açıkça daha fazla kavramsal açıklığa ve terminolojik kesinliğe gereksinimin olduğu bir alan bulunmaktadır.

Genetikçilerin çoğu, öngörülerine daha uygun olduğu için seçilimin hedefinin gen olduğunu düşünmüş ve evrimi gen frekanslarındaki değişim olarak görmüştür. Doğacılar seçilimin temel hedefinin bir bütün olarak birey olduğu ve evrimin uyumsal değişim ve varyasyon kaynağından oluşan ikili bir süreç olarak düşünülmesi gerektiği konusunda güçlü ısrarlarını sürdürmüşlerdir. Herhangi bir gen, doğrudan doğruya değil, tüm genotip kapsamı içinde seçilime tabi olduğu ve farklı genotiplerde farklı seçici değerlere sahip olabileceğ için, genin seçilimin hedefi olması uygun görünmemektedir.

Seçilimin hedefinin gen olduğu fikrini en çok, "nötral evrim"i savunanlar desteklemektedir. 1960'lı yıllarda molekülleri elektrik yüklerine göre ayrıştırma (elektroforez) yöntemiyle yapılan allozim çalışmaları, daha önceleri tahmin edilen miktarın çok üstünde genetik değişkenliğin olduğunu ortaya çıkardı. Kimura, bu olgu ve bir kısım başka gözlemlerden yola çıkarak King ve Jukes, çoğu genetik değişikliğin "nötral" olması gerektiği sonucuna vardılar. Bu, yeni mutasyona uğramış allelin fenotipin seçici değerini değiştirmediği anlamına gelmektedir. Nötral mutasyonların frekansının Kimura (1983) tarafından iddia edildiği kadar büyük olup olmadığı tartışmalıdır. Ancak bundan daha fazla tartışmalı olan nokta, nötral allellerin yer değiştirmesinin evrimsel önemidir. Nötralistler, seçilimin hedefinin gen olduğunu düşündükleri için nötral evrimin çok önemli bir olgu olduğunu kabul ederler. Bununla birlikte doğacılar, seçilimin hedefinin bir bütün olarak birey olduğunu düşündüklerinden, evrimin sadece bireyin özelliklerinin değişimiyle gerçekleştiği konusunda ısrar ederler. Onlara göre, nötral genlerin yer değiştirmesi fikri sadece evrimsel bir "kuru gürültü"dür ve fenotipik evrimle bir ilgisi yoktur. Eğer bir birey, genotipindeki tüm niteliklerinden ötürü seçilime uğruyorsa, "otostopçu" olarak kaç tane nötral gen taşıdığının bir önemi yoktur. Doğacılara göre, sözde nötral evrim Darwin kuramıyla çelişkili değildir.

Grup seçilimi

Yakın zamanda yapılan yayınlarda, bireylerin yanı sıra tüm popülasyonların ve hatta türlerin seçilimin hedefi olup olmadığı konusunda dikkate değer bir belirsizlik hüküm sürmektedir. Yapılan tartışmaların çoğu "grup seçilimi" başlığı altında toplanmıştır. Sorun, bireylerin seçilim değerlerinden bağımsız olarak, bir grubun bütünüyle seçilimin hedefi olup olmadığıydı. Bu soruna doğru bir yaklaşım, yumuşak ve sert grup seçilimi arasında bir ayrım yapmayı gerektirir.

Yumuşak grup seçilimi, belirli bir grubun, tamamen grubu oluşturan bireylerin ortalama seçici değerinden dolayı diğer gruplardan daha çok (ya da daha az) üreme başarısına sahip olduğu durumlarda gerçekleşir. Eşeysel olarak üreyen türlerdeki her birey üretken bir topluluğun üyesi olduğu için, her bireysel seçilim aynı zamanda yumuşak grup seçilimi olayıdır ve daha açıklayıcı olan geleneksel bireysel seçilim terimi yerine yumuşak grup seçilimi teriminin tercih edilmesi hiçbir yarar sağlamamaktadır.

Sert grup seçilimi, grubun bir bütün olarak belirli uyumsal grup özelliklerine sahip olduğu ve bu özelliklerin her bir üyenin uyuma yaptığı katkının toplamından ibaret olmadığı durumlarda gerçekleşir. Böyle bir grubun seçilim üstünlüğü, tek tek bireylerin seçici değerlerinin aritmetik ortalamasından daha büyüktür. Sert grup seçilimi sadece, grup üyeleri arasında sosyal yardımlaşma olması ya da insan türü söz konusu olduğunda, grubun o kültüre ait grup üyelerinin ortalama uyum değerine katkı yapan ya da yapmayan bir kültüre sahip olması durumunda gerçekleşir. Söz konusu sert grup seçilimi, üyeleri arasında işbölümü ya da karşılıklı işbirliği olan hayvan gruplarında bulunur. Örneğin, çevrede yırtıcıların bulunduğunu haber veren gözcülere sahip bir grup emniyette olur. Başka bir grup ise yiyecek arama, yuva kurma, güvenli yerler bulmada ya da toplu yaşamanın işbirliği gerektiren diğer alanlarında işbirliği yaparak hayatta kalma potansiyelini artırabilir. Sert grup seçiliminin

söz konusu olduğu böyle durumlar için grup seçilimi teriminin kullanılması doğru olacaktır.

Fikir ayrılığı tür seçilimi adı verilen statü konusunda da yaşanmaktadır. Yeni bir türün ortaya çıkması sıklıkla bir başka türün soy tükenmesine etken olarak görülmektedir. Belirli bir yeni türün başarılı olması, tür seçilimi olarak tanımlanagelir. Bu terimin kullanımı doğrudur; çünkü başarılı olma açısından bakıldığında yeni türün hayatta kalma yeteneğinin eskisinden daha üstün olduğu görülür. Bununla birlikte bir türün diğeri ile yer değiştirme mekanizmasını etkileyen şey bireysel seçilim olduğu için, seçilim teriminin iki anlamlı kullanımından kaçınılması daha az çelişki yaratır. Bu nedenle ben, tür dönüşümü (species turnover) ya da bir türün diğerinin yerini alması (species replacement) terimlerini tercih ediyorum. Hangi terim kullanılırsa kullanılsın, bunun evrimsel değişimin en göze çarpan özelliği ve makroevrimde özel bir öneme sahip olduğunda kuşku yoktur. Bu, tam olarak Darwinci ilkelerle gerçekleşir.

Sosyobiyoloji

E. O. Wilson'ın 1975'de yayınlanan *Sociobiology: The New Synthesis* (*Sosyobiyoloji: Yeni Sentez*) adlı kitabı sosyal davranış üzerinde evrimin oynadığı rolün ne olduğu sorusu etrafında ateşli bir tartışma başlattı. Sosyal böceklerin davranışları üzerine çalışanların önde gelenlerinden biri olan Wilson, sosyal davranışın çok daha fazla dikkate değer olduğu ve bu çalışmanın sosyobiyoloji olarak adlandırdığı özel bir biyoloji disiplininin konusu olmayı hak ettiği sonucuna vardı. Wilson'ın tanımına göre sosyobiyoloji, "bütün sosyal davranışların biyolojik temelinin sistematik olarak araştırılmasıdır." *Sociobiology: Sense or Norsense* (1979a) (Sosyobiyoloji: Anlamlı mı Anlamsız mı?) adlı kitabında Ruse, sosyobiyolojiyi, "hayvan davranışının ya da daha açıkçası hayvanların sosyal davranışının biyolojik niteliğinin ve temellerinin araştırılması" olarak tanımlamaktadır.

Wilson'un çalışması iki nedenden ötürü büyük tartışmalara yol açtı. Öncelikle, insan davranışını da bu uygulamaya dahil ediyordu ve hayvanlardan elde ettiği bulguları insan türüne uyguluyordu. Diğer neden ise hem Wilson hem de Ruse, "biyolojik temel" ifadesini belirsiz bir anlamda kullanıyordu. Wilson'a göre davranışın biyolojik temeli, genetik yapının davranış fenotipine katkıda bulunması anlamını taşıyordu. Buna karşın politik olarak ona karşı çıkanlar için biyolojik temel, "genetik olarak belirlenmiş" anlamına geliyordu. İnsanlar olarak bütün etkinliklerimiz kesin bir biçimde ve yalnızca genlerce denetlenseydi, kuşkusuz sadece genetik otomatlar olurduk. Gerçeğin böyle olmadığını biliyoruz. Bununla birlikte özellikle ikizler ve evlat edinilmiş çocuklar üzerine yapılan çalışmaların gösterdiği gibi, genetik mirasımızın tavırlarımız, niteliklerimiz ve eğilimlerimizde büyük payı olduğunu Wilson da dahil herkes bilmektedir. Çağdaş biyolog, eski doğa-çevre tartışmasını yeniden canlandırmak istemeyecektir; çünkü neredeyse tüm insani özelliklerin kalıtım ile kültürel çevrenin etkileşiminin sonucu olduğunu bilmektedir. Wilson'ın işaret ettiği en önemli nokta, insan davranışı çalışmalarında karşılaşılan problemlerin birçok bakımdan hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemlerle aynı olduğudur. Benzer şekilde hayvan davranışı için doğru olduğu anlaşılan cevapların çoğu, insan davranışı çalışmalarına da uygulanabilir niteliktedir.

Wilson ve Ruse tarafından önerilen sosyobiyoloji tanımlarına bakıldığında, bu alanın hayvanlarda bulunan bütün sosyal etkinlik ve etkileşimleri kapsadığı sanılabilir. Bu tanım söz gelişi, Afrika'daki toynaklıların, sosyal göçmen kuşların, atnalı yengeçlerinin ve diğer omurgasız ve omurgalı (gri balinalar gibi) hayvanların sosyal göçlerini kapsayacaktır. Oysa, Wilson ve Ruse bunlar ve başka birçok sosyal olguyu ele almamıştır. Ruse'a göre sosyobiyolojinin konusu daha çok saldırı (agression), cinsiyet ve eşeysel seçilim, ebeveynlik yatırımı, dişilerin üreme stratejileri, özgecilik, akraba seçilimi, ebeveyn manipülasyonu ve karşılıklı özgeciliktir.

Bunların birçoğu iki birey arasındaki etkileşimle ilişkilidir ve doğrudan ya da dolaylı olarak üreme başarısını ilgilendirir. Bunların tümü sonuçta üreme başarısını artıran veya azaltan etkinlikleri temsil eder ve genel olarak eşeysel seçilimle ilişkilidir.

Bu çerçeve içinde sosyobiyoloji, tüm bir sosyal davranış alanının çok özel bir dalıdır ve bu haliyle her çeşit sorunun sorulmasına yol açar. İki birey arasındaki ilişkilerin hangileri sosyal davranış olarak nitelendirilir? Kaynaklar için rekabet edilmesi söz konusu, ise bu ne zaman sosyal davranıştır? Yavrular arasındaki rekabet -ki bu durum kaynaklar için rekabet etmektir- sosyal davranış niteliğinde ise, rekabet ne zaman sosyal davranış değildir?

Sosyobiyolojiye saldırıların birçoğu onun insana uygulanışına yöneliktir. Ruse'un yazılarının üçte ikisi hayvanlarınkinden yola çıkılarak insanın sosyal davranışını çözümlemeye ayrılmıştır. Sosyobiyolojinin tartışmalı niteliğinin ana nedeni budur ve bu durum Wilson ve Ruse tarafından sosyobiyolojinin konuları içinde sıralanan problemler üzerine aktif olarak çalışan kişilerin kendi çalışmaları için bu terimi kullanmama ve kendilerini sosyobiyolog olarak tanımlamama nedenini açıklamaktadır.

Moleküler biyoloji

Son yıllarda moleküler biyolojinin yeni bulgularının güncel evrim kuramının yeniden gözden geçirilmesini ne ölçüde gerektirdiği sorusu üzerinde önemle durulmaktadır. Moleküler biyolojinin ortaya koyduğu bulguların Darwin kuramının değiştirilmesini zorunlu hale getirdiği zaman zaman dile getiriliyor. Ancak durum böyle değildir. Moleküler biyolojinin evrimle ilgili bulguları, genetik değişikliğin doğası, kaynağı ve miktarıyla ilişkilidir. Transpozonların varlığı gibi bazı bulgular sürpriz niteliğindedir, ancak bu yeni moleküler keşiflerin yarattığı değişikliklerin tümü sonuçta doğal seçilimi açıklar ve dolayısıyla Darwinci sürecin bir parçasıdır.

Evrimsel önemi en fazla olan moleküler buluşlar şöyledir: (1) Yeni bir organizmanın yapıtaşlarını genetik programın (DNA) kendisi sağlamaz; genetik program sadece fenotipin yapılması için gerekli bilgidir (mavi kopya). (2) Nükleik asitlerden proteinlere doğru giden yol tek yönlüdür. Proteinlerdeki bilgi nükleik asitlere doğru geri yönde translasyona uğramaz; "yumuşak kalıtım" diye bir şey yoktur. (3) Sadece genetik şifre değil, temel moleküler mekanizmaların pek çoğu en ilkel prokaryotlardan yukarıya tüm organizmalarda aynıdır.

Çoklu nedenler, çoklu çözümler

Darwin'in yaşadığı dönemden beri biyolojide ortaya çıkan tartışmaların birçoğunun çözümünü evrimcilerin düşünme tarzındaki iki önemli değişikliğe borçluyuz. Bunların ilki, birden çok eşzamanlı nedenin varlığının öneminin anlaşılmasıdır. Sadece yakın neden ya da evrimsel neden dikkate alındığında bir evrim sorunu her zaman çelişkili görünmüş ve anlaşmazlığa yol açmıştır. Oysa gerçekte ortaya çıkan netice hem yakın hem de evrimsel nedenlerin eşzamanlı olarak gerçekleşmerinin sonucudur. Benzer şekilde başka anlaşmazlıklar da patlak vermiş, ancak bu anlaşmazlıklar daha sonra hem rastlantı olgusunun hem de seçilimin eşzamanlı gerçekleştiğinin ya da türleşme sürecini coğrafya ile genetik değişimlerin birlikte etkilediklerinin anlaşılmasıyla çözümlenmiştir.

Çoklu nedenlere ek olarak hemen hemen tüm evrimsel mücadeleler çoklu çözümler içerir ve bu olasılıkların fark edilmesi pek çok tartışmayı çözmüştür. Örneğin, türleşme sırasında çiftleşme öncesi yalıtım mekanizmaları bazı organizma gruplarında önce ortaya çıktığı halde, başka organizma gruplarında çiftleşme sonrası mekanizmalar önce ortaya çıkar. Bazı durumlarda coğrafî ırklar fenotipik olarak tür kadar farklılık taşırlar, ancak üreme açısından yalıtılmamışlardır. Buna karşılık fenotipik olarak birbirinden ayırt edilemeyen türler (kardeş türler) üreme açısından tümüyle yalıtılmış haldedirler. Bazı organizma grup-

larında poliploidiya da eşeysiz üreme önemli olduğu halde, başkalarında bu olaylar hiç bulunmaz. Kromozom yeniden yapılanması bazı organizmaların türleşmesinde önemli bir unsurken, diğerlerinde gerçekleşmez. Bazı gruplarda türleşme çok görüldüğü halde, diğerlerinde bu çok seyrek bir olaydır. Bazı türlerde gen akışı çok fazla olduğu halde, diğerlerinde aşırı derecede azdır. Bir filetik soy çizgisi çok hızla evrimleşebildiği halde, buna yakın akraba diğer soy çizgileri milyonlarca yıl boyunca hiç değişmeden kalabilir.

Kısaca, tümü Darwinci paradigmayla uyum içinde olmakla beraber, evrimle ilgili birçok sorunun birçok olası çözümü vardır. Bu çoğulculuktan öğrenmemiz gereken şey, evrimsel biyolojide genellemelerin nadiren doğru olduğudur. Hatta bir şey "çoğunlukla" gerçekleşiyor olsa bile bu, onun her zaman cereyan edeceği anlamına gelmez.

Ekoloji Hangi Soruları Sorar?

Bütün biyoloji disiplinleri içinde en heterojen ve kapsamlı olanı ekolojidir. Ekolojinin, organizmalar ile onların canlı çevreleri yanı sıra cansız çevreleri arasındaki etkileşimleriyle ilgilendiği konusunda neredeyse herkes fikir birliği içindedir, ancak bu tanımın kapsamı içine olası pek çok şey girebilir. O halde, ekolojinin gerçek araştırma konusu nedir?[1]

"Ekoloji" terimi 1866'da Haeckel tarafından, "doğanın aile efrâdı"nı anlatmak üzere üretildi. Haeckel 1869'da ise daha ayrıntılı bir tanım önerdi: "Ekoloji sözcüğü ile doğadaki ekonomiye ilişkin bilgi bütününü kastediyoruz. Bir hayvanın, doğrudan veya dolaylı olarak temas kurduğu diğer hayvanlar ve bitkilerle dostane ve düşmanca ilişkiler dahil olmak üzere, hem inorganik hem de organik çevresiyle ilişkilerinin tümünün araştırılması ekolojinin kapsamındadır. Tek kelimeyle ekoloji, Darwin'in

var olma mücadelesinin koşulları olarak sözünü ettiği karmaşık karşılıklı ilişkilerin tümünün araştırılmasıdır".

Haeckel tarafından vaftiz edilmesine rağmen ekoloji, 1920'li yıllara kadar gerçek anlamda aktif bir alana dönüşmedi. Ekoloji topluluklarının kurulması ve ekolojiye adanmış profesyonel yayınlar ise çok daha yakın bir geçmişte gerçekleşmiştir. Ancak ekolojiye bir başka bakış açısıyla bakıldığında, bir ekoloğun adlandırdığı gibi onun, "kendinin bilincinde bir doğa tarihi"nden başka bir şey olmadığı ve başlangıcı ilkel insana kadar inen doğa tarihine duyulan bir ilgi olduğu söylenebilir.[2] Bir doğacının ilgilendiği her şey -yaşam hikâyesi, üreme davranışı, parazitizm, düşmana karşı durmak vd.- doğrudan doğruya bir ekoloğun da ilgi alanı içindedir.

Ekolojinin Kısa Bir Tarihi

Aristoteles'ten Linnaeus ve Buffon'a kadar doğa tarihi tamamen olmasa da geniş ölçüde betimleyiciydi. Doğacılar gözlemlerine ek olarak karşılaştırmalar da yaptılar ve daima, içinde bulundukları *zamanın ruhunu* (Zeitgeist) yansıtan açıklayıcı kuramlar önerdiler. Doğa tarihinin en parlak dönemi on sekizinci yüzyıl ve on dokuzuncu yüzyılın ilk yarısına denk gelir. Bu dönemin baskın ideolojisi doğal dinbilimdir.

Bu dünya görüşüne göre doğadaki her şey uyum içindeydi, çünkü Tanrı başka türlü olmasına izin vermezdi. Var olma mücadelesi kötücül bir şey değildi; doğadaki dengeyi korumak üzere programlanmıştı. Her ebeveyn çifti aşırı sayıda yavru üretse de, bunların sayısı popülasyonun kararlı durumunun sürdürülmesi için gereken düzeye indirilmekteydi. Her nesilde bu sayıların azalmasından sorumlu etmenler iklimsel nedenler, yırtıcılık, hastalıklar ve üremedeki başarısızlık ve diğer nedenlerden oluşuyordu. Doğal dinbilimci için doğa, iyi programlanmış bir makine gibi işliyordu. Sonuçta her şey Yaratıcı'nın iyilikseverliğine atfedilebilirdi. Bu dünya görüşü Linnaeus, William Paley ve William Kirby'nin eserlerinde açık bir biçimde görülebilir.

Selborne papazı Gilbert White, İngilizce konuşulan ülkelerde en çok tanınan bir on sekizinci yüzyıl doğacısıydı; bununla birlikte doğa tarihi kıtada da gelişmiş bulunuyordu.[3] Ancak on dokuzuncu yüzyıl ortalarında doğal dinbilimin terk edilmesi ve daha genelde ise bilimciliğin sürekli güçlenmesiyle, geniş ölçüde betimlemeye dayanan doğa tarihi yetersiz kalmaya başladı. Doğa tarihi açıklayıcı olmak zorundaydı. Doğa tarihçileri her zaman yaptıkları şeyi -gözlem ve betimleme- yapmaya yine devam ettiler, ancak bu gözlemlere diğer bilimsel yöntemlerin (karşılaştırma, deney, tahmin, açıklayıcı kuramların sınanması) uygulanmasıyla, doğa tarihi ekolojiye dönüştü.

Ekolojinin sonraki gelişiminde iki önemli etkinin rolü olmuştur: Fizikselcilik ve evrim. Fiziğin açıklayıcı bir bilim olarak yüksek bir prestije sahip olması ekolojik olguları sadece fiziksel etmenlere indirgeme girişimlerine yol açtı. Bu süreç, Alexander von Humboldt'un, bitki örtüsünün yükselti ve enleme bağlı oluşumunu kontrol eden etmenlerin sıcaklık olduğunu kuvvetli bir biçimde vurguladığı (bkz. aşağıda) ekolojik bitki coğrafyasıyla (1805) başladı. Onun bu öncü çalışması, C. Hart Merriam (1894) tarafından Kuzey Arizona'daki San Francisco Dağı'nın vejetasyon bölgelerini sıcaklığa bağlı olarak açıklamaya çalışmasıyla genişletildi. Avrupalı bitki coğrafyacıları da benzer şekilde fiziksel etmenlerin, özellikle de sıcaklık ve nemin önemi üzerinde duruyorlardı.

Ekoloji üzerindeki ikinci önemli etki Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni yayınlaması oldu. Darwin doğal dinbilimi tümüyle reddetti ve doğadaki olguları rekabet, niş boşalması, yırtıcılık, doğurganlık, uyum, birlikte evrim gibi kavramlarla açıkladı. Aynı zamanda popülasyonun ve türlerin akıbetinin rastlantısal olduğunu kabul ederek, teleolojiyi de reddetti. Darwin ve modern ekologlara göre doğa, doğal dinbilimcilerin Tanrı kontrolündeki dünyasından tümüyle farklı bir şeydir.

Darwin'den sonra, organizmaların özelleşmiş yaşam biçimlerine ya da içinde yaşadıkları özelleşmiş çevrelere fizyolojik ve

davranışsal uyumlarının tamamı, olması gerektiği gibi, ekolojinin ilgi alanı içinde görülegeldi. Ekologların sormaya başladığı temel sorulardan bazıları şunlardı: Niçin çok sayıda tür vardır? Bu türler çevredeki kaynakları kendi aralarında nasıl bölüşürler? Niçin çoğu çevre, çoğu zaman görece kararlıdır? Bir türün esenliği ve popülasyon yoğunluğu daha çok fiziksel etmenler tarafından mı, yoksa biyotik etmenler -birlikte yaşadıkları diğer türler- tarafından mı kontrol edilir? Bir türün çevresiyle başa çıkabilmesine izin veren fizyolojik, davranışsal ve morfolojik özellikler nelerdir?

Bugünkü ekoloji

Modern ekoloji ve onun etrafında gelişen tartışmalar üç kategoriye ayrılabilir: Birey ekolojisi, tür ekolojisi (otekoloji ve popülasyon biyolojisi) ve komünite ekolojisi (sinekoloji ve ekosistem ekolojisi). Geleneksel olarak zoologlar tür ekolojisi, botanikçiler ise komünite ekolojisiyle ilgili problemler üzerinde yoğunlaşmışlardır. Harper (1977), zoologları ilgilendiren aynı tür otekolojik problemleri bitkiler üzerinde çalışan ilk olmasa bile ilk botanikçilerden biriydi. Ancak bugün bile bitki ekolojisi sonuçta hayvan ekolojisinden hâlâ oldukça farklı bir alandır. En azından bu isim altında bir mantar ve prokaryot ekolojisinden söz etmemiz neredeyse imkânsızdır.

Birey Ekolojisi

Ekologlar on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında, doğacıların etkinliklerinin bir uzantısı olarak, belirli bir türdeki bireylerin, iklimsel tolerans, yaşam döngüsü, gerekli kaynaklar ve hayatta kalışı kontrol eden etmenler (düşmanlar, rakipler, hastalıklar) gibi kesin çevresel gereksinimlerini araştırdılar. Bir türe ait belirli bir bireyin, o türe özgü çevre içerisinde başarıyla yaşaması için gereken uyumları araştırdılar. Kutuplardan çöllere kadar uzanan alanlardaki organizmaların kimi zaman karşılaştıkları aşırı koşullar altında hayatta kalmalarına ve üremelerine

izin veren kış uykusu, göç, sadece geceleri hareket etme ve diğer fizyolojik ve davranışsal mekanizmaların tümü bu uyumların kapsamı içindedir.[5]

Birey ekolojisinin bakış açısına göre çevrenin temel rolü, en elverişli durumun izin verdiği varyasyonun sınırlarını aşan bireyleri ayıklayan dengeleyici seçilimi sürekli etkin kılmasıdır. Bu, tam da bir Darwincinin bekleyeceği şeydir. Doğal seçilimde başrolü oynayan etmen, fiziksel olanla birlikte biyotik çevredir. Bir organizmanın her yapısı, fizyolojik özelliklerinin her biri, tüm davranışları ve aslında fenotip ve genotipinin hemen her bileşeni organizmanın çevresiyle en elverişli ilişkiyi kurabilme yönünde evrimleşmiştir.

Tür Ekolojisi

Birey ekolojisinden sonraki gelişme, popülasyon biyolojisi olarak da adlandırılan tür ekolojisiydi. Bu ekoloji dalının özel ilgi alanı, -diğer türlere ait popülasyonlarla ilişki içindeki- yerel popülasyondur. Popülasyon biyoloğu olarak bir ekoloğun araştırdığı şey, bir popülasyonun yoğunluğu (birim alandaki bireylerin sayısı), değişen koşullar altında bu popülasyonun çoğalma (ya da azalma) hızı ve eğer tek bir türün popülasyonlarıyla ilgileniyorsa, doğum, yaşam beklentisi, ölüm oranı vd. gibi, popülasyonun büyüklüğünü kontrol eden tüm parametrelerdir.

Bu dalın geçmişi, popülasyon artışı ve bunu kontrol eden etmenlerle ilgilenen bir matematiksel demografi ekolüne kadar geriye gider. Bu akımla özdeşleşen isimler R. Pearl, V. Volterra ve A. J. Lotka'dır.[6] Pratiğin içindeki ekolog için önemli bir gelişme, Charles Elton'ın, "hayvanların sosyolojisi ve ekonomisi"ni incelediği *Animal Ecology* (Hayvan Ekolojisi) adlı eserinin 1927'de yayımlanması oldu. Bu tarihten sonra, popülasyon biyolojisi açık bir biçimde ekolojinin ayrı bir alt dalı olarak kabul edildi.[7]

Matematiksel popülasyon ekologlarının çoğunluğu tarafından benimsenen popülasyon kavramı temelde tipolojikti; yani

popülasyondaki bireyler arasında mevcut genetik varyasyonu göz ardı ediyordu. Onların "popülasyonları" genetik ya da evrimsel anlamdaki popülasyonlar değil, matematikçilerin küme olarak söz ettikleri şeylerdi. Buna karşın, evrimsel biyolojide ortaya çıkan popülasyon kavramının en kritik noktası, popülasyonu oluşturan bireylerin biricikliğidir. Bu tür "popülasyon düşüncesi" özcülüğün tipolojik düşüncesiyle kesin bir zıtlık içindedir. Ekolojide bir popülasyondaki bireylerin genetik biricikliği genellikle göz ardı edilir.

Niş

Bir türün en can alıcı özelliği, çevrenin belirli bir alt bölümünü işgal etmesidir ki bu alt bölüm, o türün bütün gereksinimlerini sağlar. Ekologlar bu alt bölümü o türün nişi olarak adlandırırlar. Joseph Grinnell tarafından geliştirilen klasik niş kavramında doğa, her biri belirli bir tür için uygun çok sayıda niş olarak canlandırılmaktadır. Charles Elton da benzer bir fikre sahipti: Niş, çevrenin bir özelliğidir.

Evelyn Hutchinson farklı bir niş kavramı önerdi. Nişi çok boyutlu bir kaynak alanı olarak tanımlamakla birlikte, eğer yazdıklarını doğru anladıysam, onun ekolü nişi az ya da çok türün bir özelliği olarak kabul ediyordu. Eğer belirli bir tür bir alanda yoksa, bu aynı zamanda o türün nişinin olmadığı anlamına geliyordu. Ancak, belirli bir yeri araştıran herhangi bir doğacı, yeterince kullanılmayan kaynaklar ya da görünürde boş olan nişler keşfedebilir. Yeni Gine ormanlarında hiç ağaçkakan bulunmaması bu duruma çok iyi bir örnektir. Bu ormanlardaki genel yapı ve bitkisel özellikler, sırasıyla 28 ve 29 ağaçkakan türü barındıran Borneo ve Sumatra ormanlarına çok benzemektedir. Ayrıca, Yeni Gine'deki tipik ağaçkakan nişinin başka bir kuş çeşidi tarafından doldurulmamış olduğu görülmektedir. Benzer şekilde doldurulmamış nişler, o nişde daha önce var olmuş türün popülasyon büyüklüğü üzerinde istilacı türün çok az etkili olduğu veya hiç etkili olmadığı durumlarda da görülür.

Bir türün gereksinimlerinden biri yeterince karşılanmıyorsa -örneğin belirli bir madde toprakta bulunmuyor ya da sıcaklık çok aşırı ise- bu "kısıtlayıcı kaynak" veya "kısıtlayıcı etmen" o türün bu bölgedeki varlığını engeller. Türün yayılma alanının sınırları (coğrafi sınırlarla belirlenmediği zaman) genellikle sıcaklık, yağış, toprak kimyası ve yırtıcıların varlığı gibi kısıtlayıcı etmenlerce kontrol edilir. Darwin'in çok iyi bildiği gibi, anakaralar üzerindeki tür sınırları genellikle diğer türlerle olan rekabete bağlı görünmektedir.

Rekabet

Aynı türe ait bazı bireyler ya da birkaç farklı tür aynı kısıtlı kaynağa bağımlı olduğunda, bu durum rekabet adı verilen olguyu ortaya çıkarabilir. Rekabetin varlığı doğacılar tarafından uzun zamandır biliniyor. Rekabetin etkileri Darwin tarafından oldukça ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Aynı türün bireyleri arasındaki rekabet (tür içi rekabet) evrimsel biyolojinin ilgi alanındadır. Farklı türlerin bireyleri arasındaki rekabet (türler arası rekabet) ekolojinin temel konularından birisidir. Rekabet rakip türlerin büyüklüklerini denetleyen etmenlerden biridir ve aşırı koşullarda rakip türlerden birinin soyunun tükenmesine yol açabilir. Darwin bu olguyu, Avrupa kökenli rakiplerin sokulmasıyla ortadan kalkan, Yeni Zelanda'ya özgü hayvan ve bitkileri ele aldığı *Türlerin Kökeni*'nde açıklamıştır.

Gereksinim duyulan temel kaynak bol miktarda bulunduğunda, otoburların bir arada yaşadıkları birçok durumda olduğu gibi, önemli bir rekabet yaşanmaz. Buna ek olarak, birçok tür tamamen tek bir kaynağa bağımlı değildir ve temel kaynak azaldığında alternatif kaynaklara yönelir. Rekabet eden türlerin söz konusu olduğu durumlarda ise genellikle farklı kaynaklara yöneliş gerçekleşir. Rekabet genellikle, çevreden benzer şeyleri gereksinen yakın akrabalar arasında çoğu zaman çok ciddi boyutlardadır, ancak tohum yiyen kemirgenler ve karıncalar ara-

sında olduğu gibi, aynı kaynak için rekabet eden tamamıyla farklı formlar arasında da yaşanabilir. Pliyosen sonunda Kuzey ve Güney Amerika'nın Panama Kıstağı'nda birleşmesinde olduğu gibi, tüm fauna ve floralar rekabete girdiğinde ortaya çıkan etkiler belirgin hale gelir. Bu birleşmenin sonucunda, ek yırtıcılık da önemli bir etmen olmakla birlikte, Kuzey Amerika'ya ait istilacı türlerin rekabetine karşı koyamayan Güney Amerika memeli faunasının büyük bir kısmı ortadan kalkmıştır.

Rekabetin bir komünitenin oluşumunu ve belirli bir türün yoğunluğunu ne ölçüde belirlediği önemli bir tartışma konusu olagelmiştir. Buradaki sorun, rekabetin doğrudan doğruya gözlemlenememesi, ancak bir türün yayılış ve artışıyla birlikte diğer türlerin eşzamanlı azalması ya da ortadan kalkmasından çıkarılabilmesidir. Rus biyolog Gause laboratuvarda iki türle çok sayıda deney yapmış ve bu deneylerde sadece tek tip bir kaynak bulunduğunda, türlerden bir tanesi ortadan kalkmıştır. Bu deneyler ve arazi gözlemlerine dayanarak, rekabetçi dışlama denilebilecek bir yasa formüle edildi. Bu yasaya göre iki tür aynı nişe yerleşemez. Daha sonraları bu "yasa"ya uymayan istisnalar bulunmuş, ancak bunlar, iki türün temel bir ortak kaynak için rekabet etmekle birlikte, gerçekte tam tamına aynı nişi işgal etmedikleri gösterilerek açıklanmıştır.

Türler arasındaki rekabet evrimsel açıdan çok önemlidir. Bu olgu bir arada yaşayan türler üzerine merkezkaçlı bir seçilim baskısı yapar. Bu, hem simpatrik türler arasında morfolojik farklılaşmayı hem de nişlerin birbirleriyle çakışmadığı alanlara doğru genişlemesi eğilimini ortaya çıkarır. Darwin bunu farklılaşma ilkesi olarak adlandırdı. Rekabetin türlerden birinin soy tükenmesine yol açtığı durumlar "tür seçilimi" olarak adlandırılır. Ancak türün yer değiştirmesi ya da türün dönüşümü bu durumu daha iyi açıklayabilir; çünkü bir bütün olarak türün esenliği ve var oluşu rekabetten etkilense de, seçilim baskısı, rekabet eden türlerin bireyleri üzerinde kendini gösterir. "Tür seçilimi" aslında birey seçiliminin bir sonucudur.

Rekabet gereksinim duyulan herhangi bir kaynak için ortaya çıkabilir. Hayvanlar için bu kaynak genellikle besinken, orman bitkileri için ışık olabilir. Sığ sularda yaşayan deniz organizmalarında olduğu gibi mekân da bir rekabet nedeni olabilir. Aslında organizmalar için zorunlu olan fiziksel ya da biyotik etmenlerin herhangi biri rekabet nedeni olabilir. Popülasyondaki yoğunluk ne kadar fazlaysa rekabet de o derece çetindir. Yırtıcılıkla birlikte rekabet, popülasyondaki artışın denetlenmesinde yoğunluğa bağlı etmenlerin en önemlisidir.

Üreme stratejileri ve popülasyon yoğunluğu

Popülasyon biyologları, popülasyon büyüklüğü ve üreme stratejilerine göre birçok türün iki sınıftan birine dahil edilebileceğini buldular. İlk sınıftaki türlerin popülasyon büyüklüğü çok değişkendir. Bunlar sıklıkla felaketle karşılaşır ve zayıf tür içi rekabet gösterir. Bu türler yüksek üretkenlik eğilimindedir. Diğer bir deyişle, r-seçilim stratejisini benimsemişlerdir. Diğer türler ise yıldan yıla değişmeyen bir popülasyon büyüklüğüne sahiptir ve bu büyüklük çevrenin taşıma kapasitesine yakındır. Bu tip türler güçlü bir tür içi ya da türler arası rekabete tabidir. Hayatta kalış süreleri daha uzun olup, daha yavaş bir gelişim, gecikmiş üreme zamanı ve bir kez kuluçkaya yatma özelliğini kazandıkları bir seçilime uğramışlardır. Bu durum K-seçilim stratejisi olarak adlandırılır.

Üreme stratejilerindeki bu farklılıklar dikkate alındığında bile her türün üretkenliği çok yüksektir. Şöyle ki, eğer bir çift ebeveynin bütün yavruları üreyecek olsaydı, popülasyon büyüklüğü zaman içinde sonsuza yaklaşırdı. Oysa, çok eski zamanlardan beri bilindiği gibi, bir kuşaktaki yavruların sadece belirli bir kısmı hayatta kalır ve ürer. Her kuşaktaki bu azalmayı doğuran etmenler arasında kısıtlı kaynaklar için rekabet etme, iklim değişiklileri, yırtıcılık, hastalıklar ve üremedeki başarısızlık vardır. Bunların ortaya çıkardığı sonuç, türlere ait popülasyonlarm, bireylerin değişikliğe uğraması ve sürekli ölmeleri-

ne rağmen, durağan duruma ulaşmasıdır. Bu dengeye nasıl ulaşıldığı, ekoloji literatüründe çok sayıda tartışmanın kaynağı olmuştur.

Ekologlar (David Lack tarafından inandırıcı kanıtlarla gösterildiği gibi), doğal popülasyonlardaki ölüm oranının nüfus yoğunluğuna bağlı olduğunu erken bir tarihte fark etmişlerdir. Bir popülasyonun yoğunluğu arttıkça, yırtıcılık, rekabet, hastalık, yiyecek kıtlığı ve saklanacak yerlerin azalması gibi olumsuz etmenlerin etkisi artmakta ve bu durum ölüm oranının artmasına ve dolayısıyla popülasyonun büyümesinin yavaşlamasına neden olmaktadır. Bu buluş, popülasyonlarm, hâkimiyet alanları oluşturma, kuşlarda olduğu gibi kuluçkadan çıkacak yavru sayısını azaltma, bazı bitkilerde ve diğer birçok organizmada olduğu gibi yayılma alanını artırma şeklinde, yaşam döngüsünü belirleyen kısıtlamalar aracılığıyla kendi kendini denetleme gücüne sahip oldukları görüşünü doğurmuştur.[8] Kendi kendini denetleyen bu gücün işlevsel olabilmesi için grup seçilimini varsaymak gerekse de (bkz. VIII. Bölüm), bu sürecin başlangıçtaki kalabalık bir dönemin ardından, sosyal türler dışındaki türlerde etkin olmadığı gösterilmiştir. Lack, G. C. Williams ve diğerleri, bireyler üzerinde etkin olan doğal seçilimin, akraba seçilimi ile birlikte (bkz. XII. Bölüm) hâkimiyet alanı, düşük üreme hızı, yayılma gibi bir zamanlar kendi kendini denetleme gücüne atfedilen birçok olayı açıklamaya yeterli olduğunu gösterdiler. Kendi kendini denetleme kuramı artık ciddiye alınmamaktadır.

Andrewartha ve Birch, iklimin yoğunluğa bağlı tüm olumsuz etmenleri bastırabileceğini ve popülasyon büyüklüğünü yoğunluktan bağımsız olarak kontrol edebileceğini iddia ettiler. Aslında, sert geçen kışlar, sıcak yazlar, kuraklık ve aşırı yağış gibi iklimsel etmenlerin, özellikle böcek ve diğer omurgasız popülasyonları üzerinde yıkıcı bir etki gösterebildiğini herkes biliyordu. Popülasyon yoğunluğundan bağımsız popülasyon değişimleri üzerine ayrıntılı bir istatistiksel inceleme göstermiştir ki, yoğunluğun etkisi iklimin neden olduğu popülasyon dalgalanma-

larıyla çakışmaktadır. Popülasyon büyüklüğü açık bir şekilde hem fiziksel hem de biyolojik etmenler tarafından kontrol edilmektedir.

Yırtıcılar, av ve birlikte evrim

Birçok tür yıldan yıla çok fazla değişmeyen popülasyon büyüklüklerine sahip olduğu halde, diğerleri düzensiz ya da döngüsel olarak dalgalanan popülasyon büyüklükleri gösterirler. Elton (1924), küçük otoburlarm (fare, kırfaresi, yabani tavşan) yoğunluğundaki bu dalgalanmaların, bunların Kutup tilkisi gibi yırtıcılarda da benzer dalgalanmaları sonuç verdiğini göstermiştir. Küçük boyutlu Kutup kemirgenleri genellikle üç ya da dört yıllık yaşam döngülerine sahiptirler ve bunların yırtıcıları da aynı döngüyü sergilerler. Daha büyük boyutlu olan yabani tavşanlar ve bunların yırtıcılarının yaşam döngüleri benzer biçimde dokuz ilâ on yıllık süreleri kapsar. Otoburlarm yaşam döngülerinin yırtıcıların yaşam döngülerini de belirlediğini ve bunun tersinin söz konusu olmadığını artık biliyoruz.

Avlar, yırtıcı baskısına tepki olarak örneğin, sığınak arama ve bulma gibi bazı uyumsal davranışlar ya da örneğin, daha kalın kabuk gibi daha iyi korunma, lezzetsizlik vb. özellikler kazanırlar. Yırtıcılar zaman içinde, bu savunma yöntemlerinin üstesinden gelebilecek şekilde seçilime uğrarlar. Sonuç, yırtıcı ile av arasında giderek kızışan, bir çeşit "silahlanma yarışı"dır. Bitkilerin çoğu, çeşitli kimyasallar ve özellikle alkaloitlerle, kendilerini otoburlara karşı itici hale getiren tam bir savunma sistemi geliştirmiştir; ancak her zaman bu koruyucu kimyasalların üstesinden gelebilen birkaç otobur taksonu bulunur.

Bir bitkinin otoburlardan kendini korumak için yeni kimyasallar geliştirdiği, otobur böceklerin de bunlara karşılık yeni zehir giderme mekanizmaları geliştirdiğinde, birbirleriyle etkileşen bu türlerin "birlikte evrimi"nden söz edebiliriz. Birlikte evrim, ortak yaşam da (simbiyoz) dahil olmak üzere her iki canlının birbirinden faydalandığı ortak yaşam biçiminde de (mutua-

lizm) kendini gösterir. Ortak yaşama verilebilecek bilinen bir örnek, avizeağacı güvesidir. Bu güve gelişmekte olan larvası için avize ağacının bazı tohumlarına zarar verir. Ancak bu arada, avize ağacının çiçeklerini tozlaştırır. Böylece hem kendi larvasının esenliği hem de bitkinin devamlılığı için yeterli olacak tohum üretimini garantilemiş olur.

Yırtıcıların, özellikle yeni girdikleri bir alanda çeşitli av türleri üzerinde yıkıcı etkileri olabilir. Nadir gerçekleşen bazı durumlarda bir yırtıcı, Avustralya Queensland'da kaktüs güvesinin (*Cactoblastis*) bölgeye giren kaynanadili (*Opuntia*) popülasyonlarını tümüyle yok ettiği gibi, avladığı türü tümüyle ortadan kaldırabilir. Normal olarak, bazı bireyler hayatta kalır ve av popülasyonu, yırtıcı popülasyonunun yerleşmesinden sonra yeniden toparlanır. Yırtıcılar ile avları arasındaki çok yönlü etkileşimler ekolojinin aktif araştırma alanlarıdır. Bu araştırma alanları tarım zararlılarının biyolojik kontrolü için özel bir önem taşır.

Besin zinciri ve sayılar piramidi

Elton bir komünitedeki üyelerin doğal bir besin zinciri oluşturduklarına işaret etmiştir. Bu zincirin ilk halkasını fotosentez yapan bitkiler, ikinci halkasını otoburlar, üçüncü halkasını etoburlar, son halkasını ise parçalayıcılar (mikrop ve mantarlar) oluşturur. Besin zincirinde fotosentez yapan bitkilere üreticiler, diğer üyelere ise tüketiciler denir. Etoburlar farklı büyüklükte olabilirler. Büyük etoburlar sadece otoburlarla değil, aynı zamanda daha küçük etoburlarla da beslenirler.

Besin zincirinde yukarı basamaklara doğru çıkıldıkça, hayvanların ortalama büyüklüğü artar. Otoburlar arasında olan böcekler (ve bunların larvaları) çok büyük sayıdadırlar. Etoburlar ise genellikle daha büyük boyutludurlar ve sayıları çok daha azdır. Bununla birlikte, filler ve büyükbaş toynaklılar, otoburların da büyük boyutlara ulaşabildiğini gösterir. Aslında, en büyük otoburlar (filler ve büyük dinozorlar) bunlarla aynı zamanda yaşayan en büyük etoburlardan her zaman daha büyük boyutlardadır.

Yeryüzündeki biyolojik kitleye en büyük katkıyı fotosentez yapan bitkiler yapar. Otoburların katkısı biraz daha az, etoburlarınki ise çok daha azdır. Etoburların sayısı, besin kaynağı olarak kullandıkları otoburlara göre oldukça azdır ve bu olgu bizi bir "sayılar piramidi"ne götürür. Bu piramit besin zincirinin en tepesindeki organizmaların görece daha az sayıda olmaları gerçeğini yansıtır. Fareleri yiyerek beslenen bir kedi ya da milyonlarca minik deniz canlısını (Euphausia) yiyerek beslenen bir balina, besin piramidinin daha üst basamaklarında sayıların azalmasına birer örnek oluştururlar.

Yaşam döngüleri ve taksonomik araştırmalar

Ender bulunan türler, türün yayılış alanının boyutları, yırtıcı ve avı arasındaki etkileşimler gibi popülasyon biyolojisinin araştırma alanına giren diğer pek çok karşılaştırmalı çalışma, mevcut tür taksonları ve bunların yaşam döngüleri hakkındaki bilgilere bağlıdır. Geleneksel doğacıların çoğu ve özellikle botanikçilerin yanı sıra böcekler ve suda yaşayan organizmalar üzerine çalışanlar aynı zamanda taksonomistti. Gerçekten de bu araştırıcıların canlı organizmaların yaşam döngüleri üzerine yaptıkları çalışmalar taksonomik tanımlamalarında onlara çok yardımcı olmuştur. Söz konusu ikili beceri, ekolojinin doğa tarihinden bağımsız hale gelmesinin ardından gittikçe daha az rastlanır hale gelmiştir, ancak bütün iyi taksonomistler hep iyi doğacılar olmuşlardır.[9]

Hayvan ve bitkilerin yaşam döngülerinin araştırılması, ekologların çok eski ilgi alanlarından biridir. Bitkiler söz konusu olduğunda, bunları tek-yıllık ve çok-yıllık şeklinde sınıflamak için yaşam döngüleri kıstas alınır. Yine bitkileri ot, çalı ve ağaç sınıflarına dahil edebilmek için ekolojik kıstaslara başvurmak gerekir. Hayvanlar söz konusu olduğunda, yaşam döngülerinin neredeyse tüm yönleri -uzun yaşam, üretkenlik, yerleşim durumu, niş özelliği, mevsimsellik, üreme sıklığı, çiftleşme sistemleri vd.- onların üreme başarısını ve popülasyon büyüklüğünü et-

kiler ve dolayısıyla, popülasyon biyologlarının ilgi alanı içinde yer alır.

Taksonomistlerin yüzyıllara yayılan özverili çalışmalarına rağmen, mevcut türlerin sayısı hakkında hâlâ güvenilir bilgiye sahip değiliz ve tek tek türlerin yaşam döngüleri hakkında ise çok daha az şey biliyoruz. Temkinli bir tahminle, eğer 10 milyon hayvan türü varsa ve bunların yaklaşık 1,5 milyon tanesi tanımlıysa bu durum hayvanların sadece % 15'ini biliyoruz anlamına gelecektir. Bununla birlikte, geçerliliği kuvvetli olan bir tahminle, eğer hayvan türlerinin sayısı 30 milyon ise bunların sadece % 5'ni biliyoruz demektir.

Bunların dışında, farklı gruplar hakkında bildiklerimizin düzeyi son derece farklılık göstermektedir. Kuş türlerinin sayısı yaklaşık olarak 9.300'dür ve bu sayının son zamanlardaki artışı, yeni türlerin keşfedilmesinin değil, yalıtılmş haldeki popülasyonların tür düzeyine yükseltilmesinin sonucudur. Son on yıl içinde keşfedilen yeni kuş türlerinin sayısı, toplam sayının % 1'inin üçte birinden azdır. Diğer bir deyişle, mevcut kuş türlerinin en az % 99'u bulunmuş ve tanımlanmıştır. Buna karşın böcek, örümcek ve alt düzeydeki omurgasız gruplarının birçoğunun bilinen türlerinin sayıları gerçekte var olan tür sayılarının % 10'undan az olabilir. Aynı olasılık mantarlar, protista ve prokaryotlar için de geçerlidir. Tropikal biyota ve özel deniz ortamlarındaki yerel tür çeşitliliği üzerine yapılan araştırmalar ise son derece yetersizdir. Ekologlarm, taksonomik araştırmaları giderek artan biçimde ve yürekten desteklemelerinin bir nedeni de budur.

Komünite Ekolojisi

On dokuzuncu yüzyıl sonlarında ekoloji, doğa tarihi ve bitki coğrafyasından ayrılarak bağımsız bir bilim haline geldikçe, birey ya da popülasyon ekolojisinden tamamen farklı bir ekoloji çeşidi gelişmeye başladı. "Komünite ekolojisi" ya da "sinekoloji" denilen bu yeni ekoloji çeşidi farklı türlerden oluşan komünitelerin niteliği ve yapısıyla ilgileniyordu.[10]

Doğayı bu şekilde ele almanın ilk örnekleri Buffon'un eserlerinde bulunabilir. Ancak komünite ekolojisinin gerçek kurucusu, vejetasyon tiplerini -komüniteyi oluşturan türlerin taksonomik akrabalıklarından bağımsız olarak, benzer iklimlerde oluşan vejetasyon tipleri- inceleyen Alexander von Humboldt'tu. Vejetasyon tipleri arasında otlaklar, orta kuşaktaki yaprak döken ağaç ormanları, her dem yeşil tropikal yağmur ormanları, tundra ve savanlar yer alır. O dönemde, en göze çarpan komünite örnekleri bunlar olduğu için, sinekolojinin ilgisi bitki komüniteleri üzerinde yoğunlaştı ve büyük ölçüde coğrafi nitelikteydi.

Bir yağmur ormanı ister Avustralya bölgesinde isterse Amazon'da olsun, kendine özgü bir görünüme sahiptir. Aynı şey, hangi kıta üzerinde olduğuna bağlı olmaksızın, bir çöl için de geçerlidir. Darwin'in işaret ettiği gibi, farklı kıtalar üzerindeki belirli bir vejetasyon tipinin -örneğin çöller- bitkileri taksonomik olarak birbirleriyle değil, aynı kıta üzerindeki diğer vejetasyon tiplerindeki bitkilerle akrabadır. Humboldt'tan sonraki bitki ekologları, özellikle on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısından itibaren, bu farklı vejetasyon tiplerini ve bunların nedenlerini tanımlamaya çalışmışlardır.

Eugene Warming'in *Plant Ecology*'si (Bitki Ekolojisi, 1896) bu geleneğin en başarılı ürünüydü ve Warming, ekolojinin babası olarak adlandırılmıştır. Bu ekolün tüm üyeleri fizikselciydi ve vejetasyon tiplerinin dağılımında sıcaklık, su, ışık, azot, fosfor, tuz ve diğer kimyasalların rolü olduğunu vurguluyordu. Ancak Warming, kendisinden öncekilerin aksine, sıcaklıktan çok yağışın temel belirleyici olduğunu savunmuştur. Onu bu sonuca götüren tropik bölgelerde yaptığı araştırmalardı. Bu tarz ekoloji çalışmaları coğrafi bitki ekolojisi olarak bilinmiştir.[1]

Süksesyon ve klimaks

Amerikalı ekolog Frederic Clements bitki komünitelerindeki süksesyonun volkanik patlama, sel, fırtına ya da orman yangını gibi olayların tahribatından sonra ortaya çıktığını yirmin-

ci yüzyılın başlarında ilk gösteren kişi oldu. Örneğin, kendi haline bırakılmış bir tarla sırasıyla otsu bitkiler, çalılar ve ağaçlar tarafından işgal edilecek ve sonunda bir orman haline gelecektir. Işık seven türler daima ilk işgalciler arasında yer alırken, gölgeye toleranslı olanlar süksesyonda daha sonra ortaya çıkarlar.

Clements ve diğer ilk dönem ekologlar süksesyon sıralanışında hemen hemen yasa-benzeri bir düzenlilik olduğunu gördüler; ancak bu, tam olarak ispat edilememiştir. Titizlikle belgelenmiş süksesyon çalışmalarından bir tanesi, 1883'teki bir volkanik patlama sonucunda tamamen çorak hale gelen Krakatau Adası üzerindeki biyotanm yeniden kurulması üzerineydi (Thornton, 1995). Bu ve diğer süksesyonlarda genel bir eğilim gözlenmekle birlikte, ayrıntılar genellikle tahmin edilememektedir. New England'da terk edilmiş bir otlak, çam ve gri huş ağacı tarafından kaplanırken, yakınındaki bir başka otlak öncelikle ardıç, kuşkirazı ve akçaağaçlar tarafından işgal edilebilir. Süksesyonu etkileyen birçok etmen arasında toprağın niteliği, rüzgâr ve güneşe açıklık, yağış düzeni, rastlantısal kolonizasyonlar ve diğer birçok rasgele süreç sayılabilir. Süksesyon konusunda ilk çalışmaları yapanlardan biri de Amerikalı doğacı ve şair Henry David Thoreau'dur (1993).

Clements ve ilk dönemin diğer ekologları tarafından klimaks olarak adlandırılan, süksesyonun son aşaması da yine önceden tahmin edilemezdir ya da tekdüze bir oluşum sergilemez. Olgun komünitelerin tür bileşimlerinde bile hatırı sayılır ölçüde dönüşüm vardır ve süksesyonu etkileyen etmenler klimaksın doğası üzerinde de etkilidir. Bununla birlikte, olgun doğal popülasyonlar genellikle denge içindedir ve çevrenin kendisi değişmedikçe zaman içinde görece az değişirler.

Clements klimaksı bir "süperorganizma," yani bölünmez bir canlı varlık olarak görüyordu.[12] Klimaks kavramını kabul eden bazı yazarlar bile Clements'in bunu bir süper organizma olarak nitelendirmesine karşı çıkmışlardır ve gerçekten de bu tanım,

yanıltıcı bir benzetmedir. Bir karınca kolonisini süper organizma olarak nitelendirmek geçerli bir tanım olabilir; çünkü kolo-ninin iletişim sistemi o kadar iyi düzenlenmiştir ki, koloni koşullara göre, daima bir bütün olarak ve olması gereken şekilde hareket eder. Ancak, klimaks bitki oluşumunda buna benzer etkin bir iletişim ağı olduğuna dair herhangi bir kanıt yoktur. Birçok yazar etkileşimdeki bu gevşekliği vurgulamak için, "komünite" terimi yerine "birlik" terimini kullanmayı tercih eder.

Bu yaklaşımın, bitkiler yanı sıra hayvanları da kapsayacak şekilde genişletilmesi daha talihsiz bir durumdur. Bir arada yaşayan flora ve faunanın birleşimi anlamına gelen "biyom" terimi buradan ortaya çıkmıştır. Birçok hayvanın belirli bitkilerle kesin bir birliktelik içinde olduğu doğru olmakla birlikte, bir "ladinağacı-geyik biyomu"ndan söz etmek yanıltıcıdır; çünkü bunların birlikteliğinde bir organizmada olduğu gibi içsel bir bağıntı yoktur. Aslında, ladinağacı komünitesi, geyik varlığından ya da yokluğundan etkilenmez ve geyik barındırmayan çok büyük ladin ormanları mevcuttur. Bitki komünitelerinin süper organizma olarak tanımlanması her zaman gizemli bir anlam taşımıştır.

Clements'in bitki ekolojisi kavramlarına ilk karşıtlığı Herbert Gleason (1926) gösterdi ve kısa süre içinde başka ekologlar da ona katıldı. Bu ekologlar temelde, belirli bir türün yayılışının, bu türün niş gereksinimleri tarafından denetlendiğini, dolayısıyla vejetasyon tiplerinin tek tek bitki türlerinin ekolojilerinin basit bir sonucu olduğunu düşünüyorlardı.

Ekosistem

Belirli bir yerdeki hayvan ve bitki birlikleri için klimaks, biyom, süper organizma ve daha başka teknik terimler şu ya da bu nedenle eleştirilere neden olduğu için, ekosistem terimi çok daha yaygın olarak benimsendi. İngiliz bitki ekoloğu A. G. Tansley (1935) tarafından önerilen bu terim, birlik içindeki organizmalar ve bunların çevrelerindeki fiziksel etmenleri kapsayan tüm sistemi ifade eder.

R. Lindeman (1942) böyle bir sistemin enerji dönüşümündeki rolü üzerinde durdu. Bir ekolog bu rolü, "Bir ekosistem, enerji ve maddenin canlıların ortamı ve etkinlikleri aracılığıyla dolaşımını, dönüşümünü ve birikimini içerir" sözleriyle güzel bir biçimde betimlemiştir. Fotosentez, çürüme, otoburluk, yırtıcılık, parazitlik ve diğer ortak yaşamsal etkinlikler, madde ve enerjinin aktarım ve depolanmasından sorumlu temel biyolojik süreçlerdir. O halde bir ekolog, "öncelikli olarak, belirli bir ekosisteme giren ve o ekosistemden çıkan madde ve enerji miktarları ile bunların hızlarıyla ilgilenen kişidir" (Evans 1956). Uluslararası Biyoloji Programı'nın asıl görevi, bu niceliksel verileri elde etmekti.

Ne yazık ki bu fizikselci yaklaşımın öncül çalışmalara kıyasla önemli bir ilerleme gibi görünmemesi mümkün. Ekosistem kavramı özellikle Eugene ve Howard Odum'un gayretlerinden dolayı 1950 ve 1960'larda çok popüler olduysa da bugün başat paradigma değildir. Gleason'un klimaks ve biyomla ilgili karşı savları ekosistemler için de geniş ölçüde geçerlidir. Bunun dışında etkileşimlerin sayısı, çok gelişmiş bilgisayarların yardımıyla bile çözümü zorlaştıracak denli fazladır.

Son olarak, çoğu genç ekolog davranış ve yaşam döngüsü uyumlarını da içeren ekolojik sorunları, fiziksel sabitleri ölçmekten daha çekici bulmaktadır. Buna rağmen, hayvan ve bitkilerin oluşturduğu yerel bir birlikten söz edilirken, enerjiyle ilgili yönler fazla dikkate alınmaksızın ekosistem terimi kullanılmaktadır. Bir ekosistem, gerçek bir sistemden beklenen yekpare bütünlüğe sahip değildir.

Çeşitlilik

O halde, belirli bir yerde bir arada var olan türlerin sayısını hangi etmenler kontrol etmektedir? Yapılabilecek en açık genelleme, çevrenin talepleri ne kadar fazlaysa, komüniteyi oluşturacak tür sayısının o kadar az olacağıdır. Buna göre, bir çöl ya da kutup tundrası gibi son derece zorlu bir alan, bir astropikal veya tropikal ormanın barındırdığından çok daha az tür barın-

dıracaktır. Ancak, hepsi bunlarla sınırlı değildir. Daha önceleri birbirlerinden ayrılmış iki biyotanın yeniden kaynaşması sonucunda ortaya çıkan biyota ya da bir alanın türleşmeye uygun olması (çok sayıda potansiyel coğrafi engele sahip olması) gibi tarihsel etmenler de önemli bir etkiye sahiptir. Bu, Malezya'daki belirli bir bölgenin, Amazon yağmur ormanlarında benzer bir bölgedeki orman ağacı türlerinin üç misli kadar orman ağacı türüne sahip olmasının nedenini açıklayabilir.

İki tür belirli bir yerde birbirini dışladığı halde, bir başka yerde barış içinde birlikte var olabilir. Potansiyel rakipler, lonca diyebileceğimiz ve bir yerden diğerine değişebilen özgül oluşumlar meydana getirebilirler. Örneğin Yeni Gine'nin doğusundaki daha küçük adalarda meyve-yiyen büyük, orta boy ve küçük güvercinler bulmak mümkündür. Ancak, bu adalardan herhangi birinde büyük, orta boy ve küçük güvercinlerden hangilerinin bulunacağını tahmin etmek mümkün değildir ve bu durum, rastlantısal oluşumlara bağlı görünmektedir.

Bir komünite görece ne denli kararlı görünürse görünsün, bu kararlılık gerçekte soy tükenmesi ile yeni koloni oluşturma arasındaki dengeyi yansıtır. Bu denge, ilk olarak ada popülasyonları üzerine çalışan araştırıcılar tarafından fark edilmiş ve sonra ada biyocoğrafyası yasası adıyla matematiksel olarak förmüle edilmiştir. Bir ada ne kadar küçükse, türlerin dönüşüm hızı da o kadar fazladır; buna karşılık dönüşüm ne kadar yavaş olursa, endemik türlerin yüzdesi o kadar yüksektir. Bir adada yalıtılmış halde kalan bir popülasyon ne kadar uzun hayatta kalırsa, ayrı bir tür haline gelme olasılığı o ölçüde yüksek olacaktır.[13]

MacArthur 1955'de, bir komünitenin çeşitliliği ne kadar fazla ise bu komunitenin o denli kararlı olacağını öne sürdü. May (1973) ise bunun tersi bir sonuca ulaştı ve sonraki çalışmalar, ortak bir görüşe ulaşmayı henüz mümkün kılmadı. Kesin olan şu ki bir komünitenin oluşumu tarihsel, fiziksel ve biyotik etmenlerin karmaşık etkileşimlerinin sonucudur ve çoğu zaman sadece yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Çevrenin fiziksel özellikleri ve

rakip türler ve düşmanların varlığı gibi oluşumu etkileyen etmenler genellikle belirgin olmakla birlikte, bu etmenlerin görece önemi tarihsel rastlantılardan güçlü bir biçimde etkilenebilir.

Paleoekoloji

Paleontologlar fosil toplama çalışmaları ilerledikçe, geçmiş dönemlere ait biyota ekolojisine gittikçe daha fazla önem vermeye başladılar. Bu araştırmalardan çıkarılan sonuçlar farklı korunma koşullarının getirdiği sorunlar nedeniyle kısıtlı olsa da, fosil biyotasında bir dizi ekolojik problemin varlığı açık bir biçimde görülmektedir. Yumuşak vücutlu taksonlar çok nadir koşullar altında fosilleşirler, ancak kabuklu ve iskeletli taksonların korunmalarında bile önemli farklılıklar görülür. Resif komünitelerinde olduğu gibi, bazı durumlarda yerel komünitelerin tümü oldukça iyi korunmuş olabilir. Birikme ve korunma koşulları taponomi (taphonomy) yöntemleriyle araştırılır.

Paleoekolojide en fazla göze çarpan ilgi alanı, ana taksonların tümünün soyunun tükenmiş olduğu durumlardır. Örneğin, Paleozoik Zaman'da en baskın omurgasız takson olan trilobitlerin soy tükenmesine neden olan şey neydi? Ya da Mezozoik Zaman'da neredeyse eşit ölçüde baskın olan ammonitlerin soyu neden tükendi? Böyle bir grubun sonunun gelmesi Dünya tarihindeki büyük soy tükenmelerinin yaşandığı dönemlere rastlıyorsa, bu, son genel soy tükenmesiyle aynı nedene dayandırılabilir. Örneğin, Kretase Dönemi'nin sonuna rastlayan dinozorların yok oluşu için yapılabilir bu. Bugün, bu olayın Alvarez göktaşının Yucatán'a çarpmasıyla gerçekleştiği konusunda öyle ya da böyle bir fikir birliği bulunmaktadır. Trilobitlerin yok oluşu sıklıkla "işlevsel olarak daha etkili" olan yumuşakçaların rekabetine bağlanır, ancak bu sadece dolaylı olarak çıkarılan bir sonuçtur.

Yeryüzündeki yaşam suda başladı ve en büyük ekolojik devrimlerden biri karaların önce bitkiler, daha sonra da hayvanlar tarafından işgal edilmesiydi. Ancak, su ortamında trilobitlerin ammonitlerle yer değiştirmesi gibi karada da benzer

büyük yer değişiklikleri yaşanmıştır. Dinozorların yok oluşundan sonra memelilerin yayılışı en çok verilen örnek olmakla birlikte, tamamlanmamış olsa da çok daha büyük bir değişim kara bitkilerinde gerçekleşmiştir. Eğrelti otları, atkuyrukları ve açıktohumlulardan (gymnospermae) oluşan baskın bitki örtüsü, Kretase Dönemi'nde büyük ölçüde çiçekli bitkilerle (angiospermae) yer değiştirmiştir. Regal (1977), rüzgâr yerine böcekler aracılığıyla tozlaşmayı ve kuşlar ve memeliler aracılığıyla tohum yayılmasını içeren gerçekçi bir senaryo önermiştir. Bu senaryoda ilginç olan nokta, sözü edilen değişimin fizyolojik ya da iklimsel değil, ekolojik etmenlere bağlanmış olmasıdır.

Ekolojideki Tartışmalar

Ekolojideki temel tartışmaların birkaçı kesin olarak çözümlenmiştir. Popülasyon yoğunluğunu, rekabeti ya da yırtıcılığı kontrol eden nedir? Yoğunluğa bağlı etmenler mi, yoksa yoğunluktan bağımsız etmenler mi daha önemlidir? Süksesyonda nihai bir aşama var mıdır ve bunu tahmin etmek mümkün müdür? Rekabetçi dışlama "yasası" ne ölçüde geçerlidir? Bugün bu tartışmaların bazılarında geniş çaplı fikir birliği, bazılarında ise oldukça az uzlaşma bulunuyor. En zengin biyotanın aynı zamanda en kararlı olup olmadığı sorusunda olduğu gibi, birinden diğerine değişim çok hızlı gerçekleşir.

Ekolojideki tartışmaların çoğunda olmasa bile birçoğunda doğru cevabın çoğulculukta yattığı söylenebilir. Farklı organizma çeşitleri farklı kurallara uyabilir. Sucul ve karasal ortamlarda birbirinden farklı belirleyici etmenler bulunabilir veya baskın etmenler, enleme bağlı olarak değişebilir. Ekolojik bir problemin çözümünde iki yazar birbiriyle fikir ayrılığına düştüğünde, bunlardan birinin mutlaka haksız olması gerekmez. Böyle bir durum daha çok bir çoğulculuk örneği olabilir.

Biyolojinin diğer alanlarında olduğu gibi ekolojideki diğer tartışmalar da hem yakın hem de evrimsel nedenselliklerin far-

kına varmamaktan kaynaklanır. Ekoloji diğer çoğu biyoloji disiplininden, yakın ve evrimsel nedenselliklerin ikisine de tam olarak uymamasıyla ayrılır. Ayrıca, evrimsel ekoloji gibi bazı ekoloji dallarında yakın ve nihai nedenselliklerin girift bir biçimde bir arada etkisi egemendir. Eğer neden ve etki birbirinden doğru şekilde ayrıştırılmak isteniyorsa, ekolojik süreçleri araştırırken dikkat edilecek en önemli nokta bu iki nedenselliği ayırt etmektir.

Evrimle ilgili sorulara cevap bulmak için popülasyon düşüncesinin kullanılması nasıl zorunlu ise, ekolojik düşünce de çevresel sorunlarla uğraşırken, sadece koruma amacıyla değil, ormancılık, tarım, balıkçılık vd. gibi bütün ekonomik konuları içerecek şekilde uygulanmak zorundadır ve daima hatırlanması gereken şey, tek bir reçetenin uygulanabileceği durumların son derece az olduğudur. Ekolojik etkileşimler genellikle zincirleme tepkime şeklindedir. Bu etkileşimlerin sonuçları ancak çok ayrıntılı ve karmaşık çözümlemelerle anlaşılabilir. Novaja Zemlya'daki deniz kuşu kolonilerinin radyoaktif maddeler nedeniyle yok olmalarının, yerel balıkçılığın tamamen çökmesine yol açacağını hiç kimse tahmin etmiş görünmemektedir. Egzotik flora ve faunanın isteyerek veya kazara belirli bir alana sokulması (Avustralya'daki tavşanlar gibi) çoğunlukla hiç beklenmeyen yıkıcı etkiler ortaya çıkarmıştır. Bunların tümünü ekolojik araştırmalarla tahmin etmek ya da önlemek mümkün olmasa da bazıları için bu mümkündür. Bir kısım etkileri ise hiç değilse hafifletmek ya da geri çevirmek mümkün olabilir. Bazı durumlarda, zamanında yapılan ekolojik analizler, örneğin baraj inşa edilmesi gibi yıkıcı sonuçları olabilecek çeşitli etkinlikleri önleyebilir.

Uygar insanın ortaya çıkışı, daha önce doğal olan bitki komünitelerinin neredeyse hepsini etkilemiştir. George Perkins Marsh, Aldo Leopold ve sonraki doğacılar, insanların doğal bitki örtüsü üzerinde neden olduğu yok edici değişimlerin ne kadar farklı yolları olabileceğine işaret etmişlerdir. Akdeniz çevresindeki dağlarda ve günümüzde yağmur ormanlarındaki or-

mansızlaştırma ile astropikal alanlardaki (özellikle keçiler için) aşırı otlatmanın, doğal alanlar ve burralarda yaşayan insanlar üzerinde çok büyük ve genellikle de yıkıcı etkileri olmuştur. Koruma hareketinin daha ileri düzeyde hasarı azaltmak için zorunlu önlemlere (özellikle nüfus kontrolüne) işaret ederek dikkati çektiği nokta budur.

Diğer bütün türler gibi insanların da türe-özgü ekolojileri vardır. Ekoloğu ilgilendiren dört temel alan şunlardır: (1) İnsan nüfusunun artışının dinamikleri ve sonuçları, (2) kaynakların kullanımı, (3) insanların çevre üzerindeki etkisi ve (4) nüfus artışı ile çevresel etki arasındaki karmaşık etkileşimler. Ekologlar ve çevrecilerin sıklıkla belirttikleri gibi, insanoğlunun geleceğiyle ilgili sorun nihai olarak ekolojik bir sorundur.

İnsanların Evrim İçindeki Yeri Neresidir?

İlkel kültürlerin birçoğunda, Yunan felsefesinde ve Hıristiyanlık'ta, insanlar doğanın geri kalanından tümüyle ayrı kabul edilmiştir. İnsan ile insansı maymunlar (apes) arasındaki benzerlik, az sayıda cesur yazarın konuya dikkati çektiği on sekizinci yüzyıla kadar üzerinde durulmamış bir konuydu. Linnaeus, şempanzeleri bile *Homo* genusu içine dahil etmiştir. Ancak, açıkça insanların primatlardan türediğini kabul eden ilk kişi belki de Fransız doğacı Lamarck'tı (1809). Lamarck, insanların ağaçlardan inerek iki ayak üzerinde durma yeteneğini nasıl kazandığını ve insana ait yüz şeklinin beslenme tarzındaki değişimlere bağlı olarak nasıl değiştiğini açıklayan bir şema bile hazırlamıştı.

Ancak, insanların gerçekten insansı maymun benzeri atalardan türediğini hiçbir açık nokta bırakmadan ortaya koyan ku-

ram Darwin'in ortak soy kuramı oldu; karşılaştırmalı morfolojiye dayanan kanıtlar, karşı konulamaz nitelikteydi. Huxley, Haechel ve diğerleri, kısa süre içinde insanların kökeni konusunda doğaüstü hiçbir şey olmadığı ilkesini kesin olarak yerleştirmişlerdir. Artık canlılar dünyasının geri kalanından soyutlanmayan *Homo sapiens* ve onun evrimsel tarihi, teolojiden arındırılarak bir bilim dalı haline gelmiştir.

Yeni bir biyoloji disiplini olarak insan biyolojisi yavaş ama kaçınılmaz bir biçimde gelişmeye başladı. Bu disiplin çeşitli köklerden besleniyordu: Fiziksel antropoloji, karşılaştırmalı anatomi, fizyoloji, genetik, nüfus bilimi, kültürel antropoloji, psikoloji ve diğerleri. İnsan biyolojisinin görevi iki katlıydı: İnsanların diğer tüm organizmalardan ne şekilde ayrıldığını ve bunun yanı sıra insanın özelliklerinin atalarımızınkilerden nasıl evrimleştiğini göstermek.

İnsanların hayvan olduğu gerçeği ile diğer hayvanlardan ve hatta insansı maymunlar arasındaki en yakın akrabalarından tamamen farklı olduğu gerçeği arasındaki bu açık çelişki nasıl çözümlenecekti? Canlılar dünyasındaki muazzam varyasyon ve insan cinsi daha dikkatli incelendiğinde, insanın nasıl da olası hale geldiği konusunda etkilenmemek elde değildir. Böylesine olağanüstü bir yaratık hayvanlar âleminden nasıl ortaya çıkabilmiştir?

Darwin'den önceki dönemde mevcut literatürde (örneğin Lamarck tarafından yazılanlarda) konu ne zaman insana gelse, insanın ortaya çıkışı daima daha mükemmele doğru gelişmenin kaçınılmaz bir sonucu olarak açıklanmıştır: İnsanoğlu, "büyük varlık zinciri"nin (scala naturae) en üst basamağıydı. Ancak Darwin, bu teleolojik yorumu gereksiz kıldı; doğal seçilim kuramı, daha önceleri sadece metafiziksel kavramlar yardımıyla açıklanabilen bütün olguları otomatik bir biçimde açıklıyordu. Biyoloji biliminin artık yeni bir görevi vardı. Bu görev, insanların primat atalarından, doğal evrimsel sürecin, özellikle de tüm canlılar dünyasında geçerli olan doğal seçilim sürecinin bir sonucu olarak aşamalı evrimini açıklamaktı.

İnsan evrimi üzerine çalışmalarda 1859'dan sonra terk edilen diğer güçlü ideoloji özcülüktü. Darwin'in, bir popülasyon içindeki her bireyin biricik olduğunu vurgulayan yeni popülasyon düşüncesi kavramı insanlara da uygulanmak zorundaydı. Antropologlar bunu oldukça yavaş yaptılar, ancak yaptıklarında yeni kılavuzları çok güzel sonuçlar verdi.

Bugün bile *Homo sapiens*'in evrimi konusunda hâlâ çok fazla bilinmeyen vardır. İnsansı çizgisi ne zaman ve nerede insansı maymungiller (pongidae) çizgisinden dallanarak modern insansı maymunlara doğru yöneldi? İnsansı çizgisi insansı maymun çizgisinden ayrıldıktan sonra tam olarak insan düzeyine ulaşıncaya dek hangi aşamalardan geçti?

İnsanların İnsansı Maymunlarla Akrabalığı

Darwin sonrası dönemde oluşturulan ilk soyağaçlarında insansı çizgisinin çok erken bir dallanma noktasının olduğu varsayıldı. Ancak, 13-15 milyon yıl öncesine (Miyosen) ait insansı fosilleri bulmak için harcanan tüm çabalar başarısızlıkla sonuçlandı. Kısa bir süre boyunca, yaklaşık olarak 14 milyon yıl öncesine ait Asya kökenli primat fosilinin (*Ramapithecus*) insana diğer insansı maymunlardan daha yakın olduğu düşünülse de, sonradan bunun orangutan çizgisine ait olduğu gösterildi.

Neanderthal fosillerinin 1849'da Gibraltar'da bulunuşu, ilk insansı araştırmalarının başlangıcını simgeler. Daha sonraki kırk yıl boyunca bulunan bütün insansı fosilleri ya *Homo sapiens* ya da Neanderthal insanıydı. Daha sonra 1892'de Dubois, Jawa'da erken döneme ait bir insansı buldu ve bunu *Pithecanthropus erectus* olarak adlandırdı. Bunun Çin'deki vikaryantı olan Pekin Adamı (*Sinanthropus pekinensis*) 1921'de tanımlandı. Bu iki fosil de daha sonra *Homo erectus* türüne ait Afrika fosilleri grubuna dahil edildi (bkz. aşağıda).

Ancak asıl "kayıp halka" 1924'te Dart'ın, insanlar ile insansı maymunlar arasındaki geçiş formu olarak değerlendirdiği, Güney Afrika kökenli bir fosil tanımlanana kadar bulunamadı.

Dart bunu *Australopithecus africanus* olarak adlandırdı. O günden sonra, Doğu ve Güney Afrika'da çok sayıda australopithecine fosili bulundu. Bunlar, çoğunlukla iki dala dahil edilir. Biri, *Australopithecus africanus*'un ait olduğu ve Homo cinsine öncülük eden zayıf çizgi, diğeri ise Güney Afrika'da *Australopithecus robustus* (2-1,5 milyon yıl yaşında) ve Doğu Afrika'da *Australopithecus boisei* (2,2-1,2 milyon yıl yaşında) ile temsil edilen güçlü çizgidir.[1] Turkana Gölü'nün batısında bulunan "siyah kafatası" üçüncü bir güçlü türü, *A. aethiopicus*'u (2,5-2,2 milyon yıl yaşında) temsil eder. Bu tür muhtemelen *boisei*'nin atasıdır.[2] Güçlü çizgi yaklaşık 1 milyon yıl önce ortadan kalkmıştır.

Uzun süre, *Australopithecus*'un dahil olduğu zayıf dalın iki adet küçük beyinli tür içerdiği düşünülmüştür. Bu türlerden biri Tanzanya ile Etiyopya'nın kuzeyinde bulunan, 3,5-2,8 milyon yıl yaşındaki *A. afarensis*, diğeri ise Güney Afrika'da bulunan, 3,0-2,4 milyon yıl yaşındaki *A. africanus*'tur. Bu iki insansı türü de iki ayak üzerinde yürüyordu, ancak görece uzun kolları ve diğer özellikleri bu türlerin hâlâ yarı ağaçsıl olduklarını gösterir. Bunların beyinleri modern şempanzelerin beyninden kesinlikle daha büyük değildi ve muhtemelen insansı maymunlara insanlara olduğundan daha yakındılar.

Antropolojik araştırmalar sürerken, güçlü moleküler kanıtlar insan türünün Afrika insansı maymunlarıyla yakın akraba olduğunu ve şempanzelerin ise şaşırtıcı şekilde, gorillere olduklarından daha çok insanlara akraba olduklarını gösterdi. Buna göre goriller, insansı çizgisinin dallanmasından kısa bir süre önce şempanze çizgisinden dallanmıştır.[3] Moleküler kanıtlar insan çizgisinin şempanzelerden dallanmasının 5-6 milyon yıl öncesi gibi yakın bir geçmişte gerçekleştiğini göstermektedir.[4]

Afrika'nın her yerine yapılan çok sayıda keşif gezileri ve dikkatli araştırmalara rağmen, uzun yıllar australopithecine genusuna ait *Australopithecus afarensis*'ten daha eski bir tür bulunamamıştır. Sonra, 1994'te Etiyopya'da, 4,4 milyon yıl önce, insansı çizgisinin şempanze çizgisinden ayrılmasına yakın bir ta-

rihte yaşamış olduğu saptanan bir tür bulundu. Bu bulguların incelenmesine yakın zamanda başlanmış olmakla birlikte, bu fosil açık bir biçimde *A. afarensis*'ten çok şempanzelerle benzerlik göstermektedir. *Aridipithecus ramidus* adı verilen bu Etiyopya fosili bilinen en eski insansı fosilidir. Bu fosilin bulunuşundan sonra Doğu ve Güney Afrika'da, *ramidus* ile *afarensis* / *africanus* arasında bazı geçiş basamakları olduğunu belgeleyen, *afarensis* ve *africanus*'tan daha yaşlı ayak kemikleri ve dişler bulunmuştur. Ancak, 8 ile 4,4 milyon yıl öncesine ait, gerçek anlamda aydınlatıcı olabilecek kalıntılar henüz bulunamamıştır.

İnsan ve şempanzenin ortak atası, büyük bir olasılıkla, şempanzeye benzer biçimde parmak uçlarında yürümüştü ve her bir özelliği -kolları, bacakları, kafatası, beyni, dişleri ve hatta makromolekülleri- kendine özgü bir hızla evrimleşti (bu süreç "mozaik evrim" olarak adlandırılır). Diğer bir deyişle, *Homo* "tipi" bir bütün olarak evrimleşmedi. İnsanlar ve şempanzeler hemoglobin ve diğer makromoleküllerinin yapıları bakımından bugün bile olağanüstü bir benzerlik içindedirler, bununla birlikte beyin gelişimi ve ilgili davranışlar bakımından önemli ölçüde farklıdırlar.

Homo habilis, H. erectus ve H. sapiens'in ortaya çıkışı

1,9-1,7 milyon yıl öncesinde, zayıf australopithecine çizgisinden *Homo habilis* olarak adlandırılan yeni bir tür ortaya çıktı. Bu tür belirli kafatası özellikleri ve büyümüş beyin hacmiyle tanımlanır. Ayrıca, *habilis* fosillerinin bulunduğu her yerde basit taş aletler de bulunmuştur. İnsansı *Habilis*'ler vücut ve beyin boyutlarındaki büyük varyasyondan ötürü başlangıçta oldukça kafa karıştırıcıydılar. Sonuçta, bu grubun aslında iki tür içerdiğine karar verildi ve daha büyük olanına *Homo rudolfensis* adı verildi.

Homo habilis'in, çok daha büyük beyinli ve daha büyük boyutlu bir tür olan *Homo erectus*'un atası olduğu düşünülmektedir. Afrika'da şimdiye kadar bulunmuş fosil kayıtlarında *Homo erectus*'un *habilis* kadar eski olduğu, yani yaklaşık 1,9 milyon

yıl önce yaşadığı görülmektedir ve *habilis* ile *erectus*'un yaşam biçimlerinin -bazı *erectus* popülasyonlarının ateşi kullanabilmeleri dışında- benzerlik taşımış olması mümkündür. Büyük ölçüde vejeteryan bir beslenme tarzından kısmen et içeren bir diyete geçmiş olan ilk insansı belki de *Homo erectus*'tu. Diğer bir deyişle, bu tür hem toplayıcı hem de avcı oldu.

Görünen o ki *Homo erectus* oldukça başarılıydı ve Afrika'dan Yakındoğu ve Asya'ya doğru hızla yayılmıştır. *Homo erectus*'un bu bölgelerdeki en eski kalıntıları Jawa'da yaklaşık 1,9 milyon yıl öncesine ait tabakalar içinde bulunmuştur. En eski ve 300.000 yıldan daha az bir süre öncesine tarihlenen en yeni *Homo erectus* arasında çok kısa bir evrim süreci yer almış olması şaşırtıcı olsa da, bu tür belirli ölçüde coğrafi farklılık göstermektedir. En eski kalıntılarla birlikte sadece basit taş aletler bulunmuştur. Daha gelişmiş (iki yüzlü) el baltalarının yaklaşık 1,5 milyon yıl yaşındaki tabakalar içinde görülmeye başlamasına rağmen, takip eden süre içinde hemen hemen hiçbir ilerleme görülmemektedir. *Homo habilis* ise 1,9 milyon yıl önce ilkel taş aletler kullanmıştır.

Modern insanların ait olduğu *Homo sapiens* türü bir şekilde *Homo erectus*'tan evrimleşti, ancak bunun nerede ve nasıl olduğu oldukça tartışmalıdır. Modern insanların kökenine ilişkin iki temel kuram vardır. İlkine göre, modern insanlar her yerde yerel *Homo erectus* popülasyonlarından evrimleşmiştir. Çok bölgeli bu kuram, modern *Homo sapiens*'in coğrafi ırkları ile bunların karşılığı olan ve Afrika, Çin ve Doğu Hint Adaları'nda bulunmuş *Homo erectus* fosilleri arasındaki benzerliğe dayandırılmıştır. Bu benzerlikten yola çıkan Coon (1962), *Homo erectus*'un büyük çoğunluğu üzerinde büyük bir beyne yönelik seçilim baskısının, zaman içinde politipik *Homo erectus*'tan politipik *Homo sapiens*'e doğru aşamalı bir dönüşümü gerçekleştirdiğini öne sürmüştür.

Bazen "Havva Ana" hipotezi olarak adlandırılan karşıt kuram, mitokondriyal yeniden yapılandırmalara dayandırılır. Bu

senaryoya göre, Sahraaltı Afrikası'nda ortaya çıkan yeni bir tür, 200.000-150.000 yıl önceki dönemde bir kolonizasyon dalgası halinde şimdi yaşayan tüm insan popülasyonlarına kaynaklık etmiştir. Bu iddiaya göre, *Homo sapiens sapiens* türü Afrika'daki *Homo erectus*'tan türemiş olan arkaik *Homo sapiens*'ten, Sahraaltı Afrikası'nm herhangi bir yerinde, yaklaşık 200.000 yıl önce ortaya çıkmıştır. *Homo sapiens sapiens* Yakındoğu'da 100.000, Yeni Gine, Doğu Hint Adaları ve Avustralya'da 60.000, Batı Avrupa'da 40.000 (kalıntıları Cro-Magnon Adamı olarak bilinir), Uzakdoğu'da ise en az 30.000 yıl önce yaşamıştır. Cro-Magnon'un iskeleti şu an yaşayan insanlarınkine oldukça benzerdir ve aynı tür olduğu kabul edilir. Cro-Magnon Adamı, Chauvet, Lascaux ve Altamira'da bulunan çok güzel mağara sanatı örnekleri ile taş aletlerden sorumludur.

Ayala 1994'te Havva Ana hipotezini çürütecek gibi görünen ve insan evriminde *Homo erectus*'tan günümüze kadar uzanan bölgesel devamlılık kuramını destekleyen moleküler kanıtlar sunmuştur. Ayala'ya göre, insan gen havuzundaki eski polimorfizmin yüksek frekansı, Havva Ana hipotezinin öne sürdüğü gibi, insan türünün bir dar geçitten geçmiş olması olasılığını imkânsız kılmaktadır.

İnsan evriminin birden çok bölgede gerçekleştiği kuramının benimsenmesi fosil kayıtlarındaki bir başka bilinmeyenin açıklanmasına da yardımcı olabilir. Bu, Çin ve Jawa'dan, Batı Avrupa ve hatta Afrika'ya kadar yayılan arkaik *sapiens* fosillerinin *erectus*'a çok benzediği halde, daha büyük beyinli (yaklaşık 1200 santimetreküp) olmaları gerçeğidir. Geçiş formları olan bu fosiller 500.000 ile yaklaşık 130.000 yıl öncesine aittir.

Neanderthaller ve Cro-Magnon Adamı

Neanderthal fosillerinin 1849'da Gibraltar'da bulunuşundan beri *Homo sapiens* ile Neanderthaller arasındaki yakınlık sürekli tartışma konusu oldu. Yaklaşık 130.000 ile 150.000 yıl öncesi arasında, Cro-Magnon Adamı'nın (*Homo sapiens sapiens*)

gelişinden çok daha önce, Batı'daki arkaik *sapiens* popülasyonlarının yerlerini İspanya'dan (Gibraltar) Avrupa'ya, Batı Asya'ya (Türkistan), güneyde ise (Afrika ve Jawa hariç) İran ve Filistin içlerine kadar yayılmış olan Neanderthallere bıraktıklarını biliyoruz. Neanderthallerin ortalama beyin büyüklüğü (1600 santimetreküpe kadar) modern insanlarınkinden biraz fazlaydı, ancak sadece ilkel taş kültürüne sahiptiler ve var oldukları 100.000 yıllık süreçte hiçbir evrimsel değişim göstermemişlerdir. İnsansı çizgisinin Neanderthal dalı yaklaşık 30.000 veya bundan biraz daha az yıl önce, Cro-Magnon tiplerinin Avrupa'yı istila etmelerinden çok sonra ortadan kalkmıştır.

Neanderthal ve Cro-Magnon iki coğrafi ırk mıdır, yoksa iki ayrı tür müdür? Aralarındaki büyük fiziksel farklılıklardan ötürü, önceleri bunların iki ayrı tür olduğu ileri sürüldü. Ancak daha sonra her ikisi de coğrafi ırk (alttür) statüsüne indirildi. Neanderthal ve modern insanların yaklaşık 40.000 yıl boyunca (100.000 ile 60.000 yıl öncesinde) Filistin'de aynı bölge içindeki mağaralarda bir arada var oldukları düşünülmeye başladığında yeniden tür statüsüne yükseltildiler. Ancak bu dönem, büyük iklimsel dalgalanmaların olduğu bir dönemdi ve Neanderthallerin en soğuk zamanlarda Filistin'de yaşadığı saptandı. Buna karşın *H. sapiens sapiens* bu alanda iklimin daha ılıman ve kurak olduğu zamanlarda yaşamıştı. Dolayısıyla, her ne kadar her iki insansı aynı bölgede bulunmuş olsalar da, aynı yerde ve aynı zamanda var olmamışlardır.

Neanderthal'in modern *sapiens* ile türdeş olduğunun kabul gördüğü sıralarda, Filistin mağaralarında bulunan bazı fosiller, bu iki tip arasında melezleşme olduğunun kanıtı olarak yorumlanmıştır. Ancak yakın geçmişte yapılan bir analiz, bu fikri desteklememektedir ve 10.000-15.000 yıl boyunca birlikte yaşamış olmalarına rağmen, aralarında çiftleşme olduğuna dair Avrupa'nın hiçbir yerinde herhangi bir kanıt bulunamamıştır. *Homo sapiens sapiens*'in Neanderthallerin Avrupa'da yerleştiği bölgeyi istila etmesinden aşağı yukarı 15.000 yıl sonra Neanderthal-

ler ortadan kalkmıştır. Doğu ve Güney Asya'daki arkaik *sapiens* de yerini sonuçta modern *sapiens*'e bırakarak yok olmuştur.

Fosil insansı taksonlarının sınıflandırılması

İnsanın kökeni üzerine 1950'lerden önce yapılan çalışmalar neredeyse anatomicilerin tekelindeydi ve İnsansı sınıflandırmasında egemen yaklaşım tipolojik ve erekçi düşünceydi. Bireylerin biricikliği ya da tür içindeki büyük varyasyon çok az dikkate alınıyordu. Her fosil bulgusu farklı bir tip olarak düşünülüyor, ikili adlandırmayla adlandırılıyor ve bunların her biri, primat ataları modern insana bağlayan tekli dizilerin üyeleri olarak değerlendiriliyordu.[5]

Ancak güncel fosil bulguları bu kavramsal yapılandırmayı beklenildiği ölçüde doğrulamadı. Daha öncekilerle görünürde hiçbir bağlantı taşımayan yeni insansı tiplerinin birden ortaya çıkması özellikle rahatsız ediciydi. Örneğin, *Homo habilis* ile bunun atası olduğu sanılan *Australopithecus africanus*, *Homo erectus* ile bunun atası olduğu iddia edilen *Homo habilis* ve *Homo sapiens* ile bunun atası olan *Homo erectus* arasında çok büyük boşluklar vardır. Karşılaşılan bir diğer uyuşmazlık, coğrafi olarak uzak bölgelere ait bulguların aynı doğrusal dizi veya dikey kolona yerleştirilmesindeki güçlükte kendini gösteriyordu.

Tek boyutlu tipolojik düşünceyi benimsemiş olanların, dört ayaklılar arasında çok yaygın olan coğrafi türleşmeden habersiz oldukları açıktı. Primat türlerinin çoğu coğrafi türleşme gösterir; birçok primat genusu da (lemur ve *Cercopithecus* gibi çok büyük boyutlu olanlar dışında) hâlâ coğrafi türler içerir. Fosil insansı genuslarının de coğrafi türler içerdiğine inanmak için pek çok neden vardır. *Australopithecus africanus*'un Güney Afrika'yla, *afarensis*'in iyice kuzeyde, *Australopithecus robustus*'un Güney ve *boisei*'nin ise Doğu Afrika'yla sınırlı olması bu olguyu doğrulamaktadır.

İnsansı fosillerinin çoğunun bulunduğu, Afrika'nın doğusundan güneyine doğru uzanan alan küçüktür ve başka in-

sansı türlerine ait kurucu popülasyonların henüz keşfedilmemiş Batı, Orta ve Kuzey Afrika'nın geniş alanlarında yer almış olmaları mümkündür. (Gerçekten de australopithecine'e ait 3,5-3,0 milyon yaşındaki fosiller çok kısa bir süre önce Orta Afrika'da Çad'da bulunmuştur.) Afrika'nın keşfedilmemiş kısımlarında coğrafi *ramidus*, *afarensis*, *robustus*, *habilis* ve *erectus* türlerinden kelimenin tam anlamıyla düzinelercesi yaşamış olabilir. Fosil kayıtlarında gözlemlenen bazı ani dönüşümler "tomurcuklanma" ile açıklanabilir.[6] Bu, yeni türeyen bir tipin, çevrede yalıtılmış bir popülasyondan kaynaklandığı ve sadece kendi genetik yeniden yapılanması tamamlandıktan sonra atasal türle yeniden temasa geçtiği anlamına gelmektedir. Böyle yalıtılmış haldeki bir tipin yerini bulma şansımız oldukça azdır.

Sadece birkaç insansı fosilinin bilindiği sıralarda, onları sınıflandırmak kolaydı: *Afarensis*, *africanus*, *habilis*, *erectus* ve *sapiens*. Bu isimlerin her biri, 0,25 ile 1,5 milyon yıl öncesi arasındaki bir dönemi temsil ediyordu. Son yıllarda elde edilen çok sayıda yeni bulgu, ya tipik örnekler arasındaki geçiş dönemlerine ait olanlar ya da farklı coğrafi bölgelere ait olanlar, dolayısıyla tamamen tipik olmayanlardır. Bunlar, çoğunlukla hatırı sayılır oranda mozaik evrim gösterir, yani kısmen atalarının özelliklerini taşırken, kısmen sonraki torunların özelliklerini taşırlar, geriye kalan özellikler ise geçiş formlarınınkilerdir.

Günümüzde yaşayan *Homo sapiens*'in taksonomik sistem içerisine ne şekilde yerleştirileceği, temelde farklı sınıflandırma sistemlerinde farklı özelliklerin kullanılması nedeniyle, en şaşırtıcı fikir ayrılıklarından birine yol açmıştır. Julian Huxley (1942) özellikle kültürü ve yeryüzündeki hâkimiyeti yönüyle insan türünün biricik olduğu yargısından hareketle, *Homo sapiens* için Psikozoa adında yeni bir âlem kurmayı önerdi. Yarım yüzyıl sonra Diamond (1991), moleküler benzerlikten hareketle şempanzeleri *Homo* genusu içine yerleştirerek tartışmayı diğer bir uç noktaya götürdü. Huxley insanın biricikliğini abarta-

rak hataya düşerken, Diamond bunu tamamen redderek hataya düşmüştür.

Sınıflandırmanın en eski aksiyomlarından biri, ele alınan özelliklerin sadece sayılması değil, aynı zamanda tartılması gerektiğidir. İnsanlardaki merkezi sinir sisteminin hızlı evrimi, çocuğun ana-baba tarafından bakıldığı sürenin çok uzamış olması ve psikolojik, sosyal ve kültürel gelişimlerin tümü insan türünün şempanzelerin dahil olduğu *Pan* cinsinden farklı bir cins içerisine yerleştirilmesi gerektiğini doğrular. Bu noktada moleküler benzerlikler dikkate alınmaz. Diamond'ın kıstaslarına göre, *Australopithecus* da *Homo* ile eşanlamlı olmakta ve bizim adlandırmamız farklı insansı tipleri arasındaki farklılık derecelerini yansıtamaz hale gelmektedir.

Fosil insansıların belli başlı tipleri ve aralarındaki yakınlıklar üzerinde hatırı sayılır bir fikir birliği sağlanmış olsa da, bunların politipik tür-üstü taksonlarının ayrıntılı biçimde yapılandırılması ancak daha fazla fosil bulunması ve bunlar üzerine popülasyon düşüncesinin uygulanmasından sonra mümkün olabilir. Bu düşünce biçimi 1950'lerde fiziksel antropolojiye girmeye başladı, ancak *Australopithecus africanus* ile *Homo erectus* bugün bile yaygın olarak kabul edilen tiplerdir. Bu popülasyonların ne derece yaygın olduğu ve (*Homo erectus* söz konusu olduğunda) ne ölçüde coğrafi varyasyon gösterdiği yanı sıra belli sayıda çevresel izolatın bulunabileceği ihtimali, fiziksel antropologlar tarafından genellikle göz ardı edilmektedir.

İnsana Doğru

İnsanın ortaya çıkışını mümkün kılan şey neydi ve insanın özellikleri hangi sırayla kazanıldı? Aşağıdaki senaryo insanın evrimi üzerine çalışanları uzun bir süre rahat ettirmiştir. Afrika iklimi Miyosen'de giderek kuraklaşınca, insanın atalarından oluşan topluluklar, yürümenin daha avantajlı olduğu açıklık alanlarda yalıtılmış hale geldi. Kolların ve ellerin serbest kalması, alet kullanımını pekiştirdi ve bu da, yeni aletlerin keşfi ve da-

ha becerili kullanımı için beynin büyümesi üzerinde seçici baskı oluşturdu. Böylece, bu senaryoya göre, alet kullanımı yoluyla iki ayak üzerinde yürür hale gelme (iki ayaklılık) insanlaşmada kilit rol oynamıştır.

İnsansı maymunlardan insana dönüşümle ilgili çok daha yakın zamanda elde edilen kanıtlar, bu basit hikâyeyi geçersiz kılmaktadır. Memeliler arasında iki ayak üzerinde ve dik pozisyonda yürüyebilme özelliğinin sadece insana özgü olduğu doğrudur. Kangurular ve bazı kemirgenler gibi, iki ayaklı ve zıplayabilen memeliler bulunmaktadır ve bazı maymunlar ile ayılar gibi bir kısım memeliler arka ayakları üzerinde yükselebilmekte, hatta örümcek maymunları, goriller ve özellikle şempanzeler, ara sıra iki ayakları üzerinde yürüyebilmektedir, ancak bunların hiçbirinin asıl hareket etme biçimi bu değildir.

İki ayak üzerinde yürümek, yine de alet kullanmayı tek başına açıklayamaz ve alet kullanımı da, insan beyninin muazzam gelişiminin tek nedeni olamaz. İnsanın alet kullanımıyla her zaman benzerlik taşıması gerekmese de şempanzelerde yaygın alet kullanımı, insansılarda alet kullanımının, iki ayak üzerinde yürüyebilme özelliğinin evrimleşmesinden çok daha önce yerleştiğini düşündürmektedir. Fosil kayıtlarında, en eski insan araçlarının görülmesini izleyen yaklaşık 2 milyon yıllık sürede, alet teknolojisinde çok az ilerleme görülmektedir. Ayrıca, iki ayak üzerinde yürüme özelliği başlangıçta insan beyninin boyutlarında dikkate değer herhangi bir artışa karşılık gelmiyordu. Çeşitli australopithecine türlerinin yaşadığı 2 küsur milyon yıl boyunca bu türler iki ayak üzerinde yürüdüler; ancak diğer bütün ölçütler açısından hâlâ insansı maymundular. Dik pozisyonda yürüyebilme yeteneği, bu hayvanların beyin boyutlarının, o dönemde hâlâ oldukça küçük olan insanınkine benzer hale gelmesine neden olmadı.

İlk australopithecine'ler, tırmanmaya uyumlu ayakları ve daha sonraki fosil insansılar ve modern insanmkilere göre nispeten uzun kollarıyla hâlâ yarı ağaçsıldılar. Bunun sonucu olarak, ilk

australopithecine'lerin bebekleri, tıpkı bügün çeşitli insansı maymun türlerinde olduğu gibi, ağaç üzerindeki hareketleri sırasında annelerine tutunabilmek için, doğdukları anda yeterince gelişmiş olmak zorundaydılar. Bununla birlikte 2,0 ila 2,5 milyon yıl öncesinde gerçekleşen tümüyle yerde yaşamaya geçiş, annenin, elleri ve kollarıyla yavruyu taşıma zorunluluğunu ortadan kaldırdı ve bu durum yenidoğanın yardımsız geçireceği evrenin uzamasına izin verdi. Yavaş gerçekleşen bu gelişme sonuçta, bebekliğin ilk döneminde, insan türünün önemli bir özelliği olan beynin sürekli olarak büyümesini olanaklı kıldı. Dolayısıyla, iki ayak üzerinde yürüme olgusunun en büyük etkisi alet kullanımı üzerinde değil, annelik davranışı üzerinde olmuştur.[7]

Homo'nun bu ilk tanısal özelliklerinin -tam iki ayaklılık ve yavruyu kucakta taşıma- australopithecine'lerin tümünde değil de sadece çevrede yalıtılmış bir australopithecine popülasyonunda evrimleşmesi, iki ayak üzerinde yürüme olgusunun en büyük etkisinin annelik davranışı üzerinde olduğunu gösteren işaretlerdendir. Kuşkusuz bu evrim, uygun bir ekolojik nişin varlığıyla kolaylaşmıştır. Ancak, bu konuda muhtemelen hiçbir zaman kesin bir bilgiye ulaşamayacağız.

İnsanın atalarının dik yürüme yeteneğini kazanmaları, hareketi sağlayan sistemlerde büyük bir yeniden yapılanmayı gerektiriyordu. Kısmen ağaçlar üzerinde kısmen de yerde yaşayan zayıf yapılı australopithecine'lerden tümüyle yerde ve iki ayak üzerinde yürüyen *Homo erectus*'a geçiş, evrimin çok hızlı gerçekleştiği bir dönemdi, ancak vücudu dik durumda taşıma özelliği hâlâ mükemmellik kazanmamıştır. Modern insanlarda rastlanan sırt ve sinüs problemlerinin sıklığı bunun bir göstergesidir.

Australopithecine'ler bugün yaşayan şempanzeler gibi, çoğunlukla bitkilerle besleniyorlardı. Bir zamanlar, *Homo erectus*'un evrimleşerek tümüyle yerde ve iki ayak üzerinde yaşama geçişinin, avlanmanın başlamasına, yani vejeteryan diyetten et diyetine geçişe yol açtığı düşünülüyordu. Hatta bazı eski yazarlar, *Homo erectus*'un modern insana göre daha güçlü dişlere ve

kaba yüz yapısına sahip olmasından ötürü, onun bir yırtıcı olduğunu düşünmüşlerdir. Diş aşınmaları üzerine yapılan son çalışmalara ve kamp bölgelerinin yeniden değerlendirilmesine dayanan son kanıtlar bu senaryoyu doğrulamamaktadır. Modern şempanzelerde olduğu gibi, *Homo erectus*'un diyetinde de ara sıra bir hayvan bulunsa da, büyük hayvanları avlaması, tarihimizin daha yakın dönemindeki bir gelişmedir.

Muhtemelen avcılık ve çöpçülüğün (aslan, leopar, sırtlan gibi büyük yırtıcıların avlarının leşlerinin tüketilmesi) aynı anda olduğu bir ara dönem yaşanmıştır. Hiç kuşkusuz leş sağlayan toynaklı hayvan sürülerini izlemek için, iki ayak üzerinde yürüyebilmek bir avantajdı. Yavruların birlikte taşınabilmesi de büyük bir avantaj getiriyordu; bir insansı grubu, diğer birçok memelinin aksine, yardıma muhtaç yavruların bulunduğu sınırlı bir alana bağlı kalmak zorunda kalmıyordu artık. Bununla birlikte, insansılar çürümüş artıkların saldığı zehirlere karşı dirençli olmadıklarından, herhangi bir insansının öncelikli olarak leşle beslenmiş olması çok olası görünmemektedir. Trevino (1991) ilk *sapiens*'in yiyeceklerinin çoğunu otsu bitkilerin tohumlarından ve yabani tahıllardan sağladığına ilişkin ikna edici kanıtlar sunmuştur.

Ancak yine de, büyük çaplı avlanmaya nihai geçiş insanlaşma sürecinde muhtemelen önemli bir rol oynadı. Bu, daha teşkilatlı kampların kurulmasını, av-sürme planları yapılmasını, avcılık stratejileri geliştirilmesini ve daha etkili silahların yapılmasını gerektirdi. Her şeyden önemlisi bu yeni yaşam tarzının pek çok yönü daha gelişmiş bir iletişim sistemini, yani konuşmayı gerekli kılıyordu.

Dil, beyin ve aklın birlikte evrimi

Australopithecine'ler insansı maymunların küçük beyin hacmine (400-500 santimetreküp) sahipti. Buna karşılık *Homo erectus*'un beyni belirgin biçimde büyüktü (750-1250 santimetreküp). Ancak, gerçekten büyük beyinler sadece son 150.000

yıl içinde evrimleşti. Bu süre, insansı çizgisinin şempanze çizgisinden ayrılmasının ardından geçen sürenin küçük bir dilimidir. İnsan beyninin evrimindeki hayret verici bu patlamayı hangi seçici baskı tercih etmiştir?

Yavrularını taşıyabilme ve avlanmaya ek olarak beyin hacmindeki artışı destekleyen temel etmenler, konuşmanın gelişmesi ve bunun olanaklı hale getirdiği kültürün edinilmesi ve kuşaktan kuşağa aktarılmasıydı. Bu etmenlerden hangisinin baskın rol oynadığını belirlemeye çalışmak nafile bir çaba olacaktır, çünkü bunların tümü birbirine bağlıdır ve ortak katkıda bulunmuştur.

Hayvanlar arasında bir dil yoktur. Birçok tür ayrıntılı sesli iletişim sistemlerine sahiptir, ancak bunlar sinyal alışverişinden ibarettir ve sözdizimi ve gramerden yoksundurlar. Bir hayvan türü sinyal alışverişi yapsa bile, geçmiş olayların hikâyesini bildiremez ya da gelecek için ayrıntılı planlar yapamaz. Çeşitli araştırıcılar kırk yıldan uzun bir süredir şempanzelere dil öğretmeye çalışmakta, ancak çabaları boşa gitmektedir. Hayvanların çok sayıda sözcük öğrenme ve bu sözcükleri doğru sinyalleri verebilmek için kullanabilme konusunda gösterdikleri zekâ kayda değerdir, ancak hayvanların iletişim sistemleri sadece bir dilin aktarılabileceği şeyleri aktaramamaktadır.

Bir şempanzenin (ya da herhangi bir başka hayvanın) sinyal vermesi ile gerçek bir dil arasında büyük bir uçurum vardır. Dilbilimciler bir zamanlar, halen yaşayan en ilkel insan kabilelerinin dillerini inceleyerek geçiş formunda iletişim sistemleri bulabileceklerini düşünüyorlardı. Ancak bunların hepsi, istisnasız olarak, oldukça karmaşık ve olgunlaşmış dillerdir. Dilin bir sinyal sisteminden nasıl evrimleşmiş olabileceğini açıklayan çeşitli senaryolar oluşturulmuş olsa da, aradaki uçurumu doldurabilecek "fosil diller"e sahip olmadığımız için, hiçbir zaman kesinliğe ulaşamayacağız.[8] Dilin evrimine ışık tutabilecek en iyi yol, belki de çocukların konuşmayı nasıl öğrendiklerini incelemektir. Darwin bu çabanın öncülerindendi. Günümüzde bazı

psiko-linguistler bu tür çalışmaları sürdürmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta, bu çalışmaların birbirlerinden çok farklı gramerlere sahip dilleri konuşan çocuklar arasında, karşılaştırmalı olarak yapılması gerekliliğidir.

Konuşmanın gelişmesi sadece sinir sistemi üzerinde değil, gırtlağın ses oluşturmaya katkıda bulunan tüm kısımları ve solunum sisteminin gırtlağa yakın olan bölümleri üzerinde de seçici baskı oluşturmuştur. Bazı kanıtlar australopithecine'lerin ses organlarının konuşmaya izin verıniş olamayacağına işaret etmektedir. Buna karşılık *Homo* çizgisinin, gırtlağın alçak yerleşimi, dişlerin oval biçimde dizilmiş olması, dişler arasında büyük boşluklar olmaması, dil kökündeki kemiğin gırtlak kıkırdağından ayrı olması, dilin genel hareket kabiliyeti ve damağın kalkıp inebilme yeteneği gibi nedenlerle, konuşmanın gelişimine ön uyumu (preadaptasyon) vardı. Neanderthaller bu anatomik özelliklerin bazılarından yoksundu ve bundan ötürü bunların sesletim (articulation) konusunda daha aşağı düzeyde olduklarına inanılmaktadır.

Modern insanların vücut boyutlarına sahip olan Neanderthallerin beyinlerini daha iyi kullanamamaları, gerçek bir dil oluşturma yeteneğinden yoksun olmalarıyla açıklanabilir mi? Sonra gelen modern insanlarınkiyle karşılaştırıldığında Neanderthallerin kültürü, kullandıkları basit taş aletlerden anlaşıldığı gibi görece ilkel bir kültürdü. Neanderthaller ok, yay vb. ya da balık avlamaya yarayan araç gereçlere sahip değildiler. Oysa ilk *sapiens* de muhtemelen aynı ölçüde fakir bir kültüre sahipti. Dil, beyin ve kültürün birlikte evrimi konusunda bu ve başka belirsizliklere açıklık getirmek için çok fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Küçük avcı-toplayıcı gruplar içinde gelişmiş bir iletişimin seçici bir öncelik kazanmasına bağlı olarak, yaklaşık 300.000-200.000 yıl önce konuşmanın ortaya çıkması, beyin boyutlarının daha fazla artmasını destekledi. Ancak yaklaşık 100.000 yıl önce bu artış ani olarak durdu ve Neanderthaller ile ilk güçlü

modern insanların yaşadığı dönemden günümüze kadar geçen zaman içinde insan beyni aynı boyutta kaldı. Günümüzden yaklaşık olarak 10.000 yıl önce gerçekleşen tarımsal gelişme öncesindeki 100.000 yıl içinde, beynin büyümeye devam etmiş olması beklenebilir. Diamond'ın Büyük Atılım olarak adlandırdığı bu kültürel gelişim, sözü edilen dönemde çok hızlı gerçekleşmiş görünmektedir, ancak bunun, beyin boyutlarında benzer bir artış ya da diğer fiziksel özelliklerdeki değişimlere karşılık gelmediği görülmektedir. Niçin böyle olduğuyla ilgili kestirimler olmakla birlikte, ikna edici bir cevap bulunamamıştır.[9]

Beyin gelişiminde durmaya neden olan etmenlerden biri belki de sürünün büyümesidir. İlkel insanlar muhtemelen, şempanze sürülerine ya da avcı-toplayıcıların küçük kabilelerine benzer bir popülasyon yapısına sahipti. Bu gibi küçük gruplar içinde ölüm oranı yüksek, az sayıda sürü üyesi üreme açısından başarılı ve gen akışı kısıtlı olacaktır. Bu etmenlerin tümü, beyin boyutunda hızlı artışı sonuç vermiş olabilecek güçlü seçilim baskıları altında yüksek bir evrim hızını destekleyecektir.

İnsanlar arasında daha büyük gruplar ortaya çıktıkça, muhtemelen daha varlıklı olan liderin üreme avantajı azalacak, sürünün bütün üyeleri arasındaki gen akışı artacak ve daha küçük beyinli olanlar, insan gruplarının daha küçük olduğu zamanlara göre daha iyi korunacak, daha uzun süre hayatta kalacak ve daha fazla üreme başarısı gösterecektir. Diğer bir deyişle, insanların sosyal olarak bütünleşmelerinin artması, kültürel evrime büyük katkı sağlarken, insan genomundaki evrimin durağan bir döneme girmesine neden olmuş olabilir.

Evrim araştırmaları insan aklının kökenine nasıl ışık tutabilir? Akıl üzerine çalışmalar, terimin insanların zihinsel etkinlikleriyle kısıtlanması eğilimini doğuran anlamsal karmaşa nedeniyle uzun süre aksamıştır. Hayvan davranışı üzerine çalışan araştırıcılar, belirli hayvanların (filler, köpekler, balinalar, primatlar ve papağanlar) zihinsel etkinlikleri ile insanlarınki arasında kesin bir farklılık olmadığını kanıtlamış bulunuyorlar.

Omurgasızlar arasında bile izlerine rastlanan ve belki de tekhücreliler arasında bile izlerine rastlanabilecek bilinç için de aynı durum geçerlidir. Akıl ve bilinç, insan ile "hayvanlar" arasında bir sınır oluşturmaz.

İnsan aklı, hem primat hem de insansı atalarımızda azar azar ortaya çıkan, birbirine bağlı çok sayıda küçük gelişimin son ürünü gibi görünmektedir. Açıkça, aniden ortaya çıkma söz konusu değildi. İnanılmaz karmaşıklıktaki bir merkezi sinir sisteminin ürünü olan akıl, değişik aşamalarda çok farklı hızlarda olmakla birlikte aşamalı olarak ortaya çıkmıştır. Dilin evrimleştiği dönem, hem gelişmiş iletişimi hem de kültürün evrimini olanaklı kılarak, hiç kuşkusuz aklın büyük bir hızla ortaya çıktığı bir dönem olmuştur.

Son kırk yıl içinde öğrendiğimiz şeylerden biri, hâlâ sürmekle birlikte evrimin belirli atılımlarla ilerleyebildiği ve bir sistemin tüm özelliklerinin aynı zamanda ya da aynı hızla evrimleşmediğidir. Zayıf yapılı australopithecine'lerin temsil ettiği hâlâ "hayvandan başka bir şey olmama" aşamasından bu çok özel türe, yani modern insana doğru dönüşüm daima aşamalıydı, fakat bu dönüşümü değişimin hızındaki büyük değişiklikler belirliyordu.

Kültürel Evrim

Australopithecine'lerden *Homo habilis*'e, *Homo erectus* ve arkaik *Homo sapiens*'ten yaklaşık 200.000 yıl önceki modern *Homo sapiens sapiens*'e kadar, insansı çizgisinin fiziksel özellikleri dik yürüme, konuşma ve büyük beyin hacmini ortaya çıkaran sürekli değişimlere uğradı. Uzun bir süre insan ***kültürünün*** de buna paralel olarak, sürekli bir gelişim gösterdiği düşünüldü. Ancak, gerçek böyle değildir. İnsansıların var olduğu sürenin yüzde 85'lik bölümünde, kültürde göze çarpan bir ilerleme olmamıştır.

İnsanın kültürel evrimindeki gelişmelerin en önemlilerinden biri, insansı grubundaki sosyal bütünleşmedir. Maymunlar arasında orangutanlar gibi bazı türler daha yalnız yaşadıkları hal-

de, şempanze ve babun gibi türler daha büyük sosyal gruplar halinde yaşarlar. *Homo erectus*'la gerçekleşen yerde yaşama tarzına geçişle birlikte grupların büyüklükleri de arttı. Bunun belirgin avantajları, yırtıcılara karşı daha iyi savunma, türdeş rakip gruplarla daha iyi başa çıkabilme ve yeni kaynakları, özellikle de besin kaynaklarını bulmada daha etkin olabilmeydi.

Sonuçta böyle bir grup, seçilimin hedefi haline geldi ve hayatta kalma, refah ve üreme başarısını kolaylaştıran birçok davranışsal ve fizyolojik değişim grubun doğal seçilim tarafından bir bütün olarak tercih edilmesine neden olacaktı. Bu sonucu doğuran davranışsal ve fizyolojik değişimler, dişilerin sürekli olarak çiftleşebilmesi, kızgınlığın gizlenmesi, menapozun gelişimi, yaşam beklentisinin artması vb. gibi, modern insanın sahip olduğu fakat insansı maymunlarda ve hatta şempanzelerde dahi bulunmayan özelliklerdir.

Kuşkusuz, komşu grup ve kabileler arasında çok şiddetli bir rekabet vardı ve daha üstün gruplar sıklıkla daha alt düzeydekileri imha ediyorlardı. Neanderthallerin Batı Avrupa'da ortadan kalkışları hâlâ açıklanamamıştır. Neandertallerin 15.000 yıl boyunca Cro-Magnon'larla birlikte var oldukları sanılmaktadır. Cro-Magnon'ların kültür ve iletişimleri çok daha ileri düzeydeydi ve bu nedenle, Neanderthallerin soy tükenmesine bir soykırımın neden olduğu ihtimali yadsınamaz. Bu, insansı çizgisi içinde çok yeni sayılmayacak bir gelişmedir. Son yıllarda, şempanze gruplarında, komşu rakip gruplar arasında sistematik olarak birbirlerini imha etme olgusunun varhğı gözlemlenmiştir.

Sosyal hayvanlar arasında ve özellikle erkeklerin dişiler için rekabet ettiği türlerde, grubun kendi içindeki çatışma potansiyeli bir dereceye kadar işbirliğinin getirileriyle dengelenmektedir. Daha büyük gruplarda olağan olan çatışma, insanlar arasında monogami ve sosyal tabakalaşmaya yönelik kültürel eğilim nedeniyle hafiflemiştir. İlkel insan kabilelerinde ve hatta (İslam gibi) bazı modern kültürlerde bugün bile olduğu üzere, grup içinde "daha üstün" erkekler muhtemelen çok eşliliği (polijini)

uyguluyordu. Ancak büyük çoğunluk için tek eşlilik, çatışmayı düzeltmek için bir araç haline geldi ve sonuçta evlilik, başka koşullar altında birbirlerinin rakibi olabilecek aileler arasında bağlantı kuran bir strateji oldu.

Evlilik sosyal bir sözleşme olduğu için evliliğin sona ermesi genellikle büyük güçlükler yaratıyordu ve bu nedenle boşanmalar zorlaştırıldı. Muhtemelen aile içindeki çatışmayı azaltmak ve gen havuzundaki çeşitliliği artırmak için çoğu insan topluluğunda ensesti önleyici kurallar geliştirildi ve buna karşı yaptırımlar uygulandı. Bazı kültürlerde (kadınların birden fazla koca edinebildiği) poliandri uygulanmıştır, ancak daha sıklıkla görülen uygulama, önemli bir ek işgücü sağladığı için, damadın ailesinin gelini almak için bir ödeme yapmasıydı. Özellikle cinsel özgürlük ve kadının rolüne bağlı olarak sosyal yapıda ortaya çıkan çarpıcı farklılıklar, bugün bile binlerce insan topluluğunda açıkça görülebilir.

İnsansı çizgisi boyunca aile, grup yapısının temelini oluşturmuştur. Modern avcı-toplayıcılar arasında genellikle erkek ile kadın arasında bir işbölümü olduğunu görüyoruz. Bu işbölümünde erkek avcılık yaparak, diyete protein ve yağ sağlamakta, kadın ise toplayıcılık yaparak karbonhidrat ve kısmen (yemişlerden elde edilen) protein sağlamaktadır. Böylece her iki cins bir ortaklık birimi oluşturur. Bu bağlılık sadece çekirdek aile (karı-koca-çocuklar) içinde değil, geniş ailenin üyeleri (büyükanne, büyükbaba, kardeşler, kuzenler, amcalar, teyzeler) arasında da bulunur. Geniş aile yapısı sadece karşılıklı yardımlaşma için değil, kültürel bağlılık ve kültürün bir sonraki kuşağa aktarılması için de önemlidir. Geniş ailenin ve hatta çekirdek ailenin çökmesi, şehir yaşamındaki kültürel çöküşün temel kaynaklarıdır.

Gruplar büyüdükçe işbölümü ve işte uzmanlaşma daha önemli hale geldi ve bunun devamında sosyal tabakalaşma ortaya çıktı. Feodalizm bunun en uç örneğidir. Uzmanlaşma insanların hep birlikte daha çeşitli ekolojik nişleri işgal etmelerini sağladı. Diğer organizma türlerinin çoğu sadece bir nişi işgal ettiği halde, insan çok sayıda nişi işgal eder.

Simpson ya da Huxley gibi uyum bölgelerinin varlığını kabul eden bir kişi, insanoğlunun kendi başına tüm bir uyum bölgesini işgal ettiğini de görür. Eğer bir uyum bölgesinin işgal edilmesindeki farklılığın taksonomik farklılıkla bağlantılı olduğu düşünülürse, Huxley'in şempanzelerle genetik benzerlik içinde olmasına rağmen insanlar için Psikozoa adını verdiği ayrı bir âlem açması tamamen yanlış değildi.

Uygarlığın doğuşu

İnsan kültürünün evriminde avcı-toplayıcı aşamadan tarım ve hayvancılığa geçişin gerçekleşmesi çok önemli bir aşama olarak görülmektedir. Bu olay sadece 10.000 yıl önce gerçekleşmiş olmasına rağmen, insan türü ve onun yeryüzündeki rolü üzerine, insanlaşma sürecinin milyonlarca yıl süren önceki döneminde gerçekleşen her şeyden çok daha büyük bir etki yapmıştır. Bu, uygarlığın başlangıcıdır.

Bir kısmının büyüklüğü arkeologlarca şehir olarak nitelendirilen kalıcı yerleşim yerleri aşağı yukarı 10.000 yıl önce kuruldu. Bu yerleşimler işbölümünün daha fazla gelişmesini olanaklı kıldı ve teknolojik gelişmeyi ve özellikle yaşadığımız yüzyılda tıbbi gelişmeyi hızlandırdı. Şehirler ticareti olanaklı hale getirdi ve yenilenemeyen doğal kaynakların tüketilmesine yol açtı ve her şeyden çok, tarımsal faaliyetlerin yoğunlaşmasına ve buna bağlı olarak hızlı nüfus artışına neden oldu.

Bu kültürel başarılar sayesinde insanlar çevreden büyük ölçüde bağımsız hale gelmeyi başardılar. Artık kutuplardan Antarktika'ya ve en nemli tropik bölgelerden en zor şartları barındıran çöllere kadar her alanda yaşayabiliyoruz. Evler, giysiler, ulaşım ve her türlü makine insanları diğer organizmaların tabi olduğu yerel iklim koşullarından ve ekolojik özgülleşmeden bağımsızlaştırdı. Tüm bu nedenlerden ötürü insan nüfusundaki patlama henüz Malthus'un tahmin ettiği gibi olmamıştır. Bununla birlikte insanın uyum başarısı, doğal kaynakların geri dönüşümsüz olarak tüketilmesi ve doğal habitatların yok edilmesi pahasına gerçekleşmiştir.

İnsan Irkları ve İnsan Türünün Geleceği

Modern insanların ırklara ayrılması ve bu ırkların biyolojik statüsü Blumenbach'tan beri tartışılmaktadır. Köleliğin henüz kaldırılmadığı günlerde beyazlar arasında yaygın olan görüş, beyazlar, zenciler ve moğol tipi Asyalıların üç ayrı tür olduğuydu. Bu görüş tümüyle terk edilmiş olmakla birlikte, farklı yazarlar tarafından tanımlanan insan ırklarının sayısı -bu sayı beş ile altmış arasında değişmektedir- "ırk"m anlamı üzerindeki tartışmaların hâlâ sona ermediğini göstermektedir.

Tipolojik düşünce hiçbir zaman yaşamın araştırılması için aydınlatıcı olmamıştır. En kötü ve zararlı yaklaşım ise insan ırklarını bu düşünce tarzıyla değerlendirmektir. Modern moleküler biyoloji araştırmaları, tüm sözde insan ırklarının birbirleriyle çok yakın akraba ve popülasyonlar arasında yalnızca çok küçük farklılıklar olduğunu kanıtlamıştır. İnsan ırklarının çeşitli fiziksel, zihinsel ve davranışsal özellikleri ortalama değerler açısından birbirlerinden farklı olmakla birlikte, varyasyon eğrileri büyük ölçüde örtüşmektedir.

Hiç kuşkusuz ırkların kendine özgü özellikleri vardır. İki ırk ne kadar uzun süre ayrı kalmışsa, genetik farklılık o kadar fazla olacaktır. Bir ırka ait popülasyonların birbirlerine benzerliği, ırkların birbirlerine benzerliğinden daha fazladır.[10] Ten rengi, göz rengi, saç, burun ve dudakların biçimi, kafatası ve vücut biçimi gibi yapay fiziksel özellikler açısından, hiç kimse bir Orta Afrikalı'yı, bir Batı Avrupalı ya da Doğu Asyalıyı birbiriyle karıştırmaz. Genetik ve moleküler biyoloji başka olağan farklılıklar ve tanımlayıcı özellikler de ortaya koymuştur. Ancak, psikolojik özellikler söz konusu olduğunda, genlerin rolü büyük ölçüde belirsizdir.

İnsan ırklarına atfedilen önemli özelliklerin çoğunun ırkların genotipleriyle ilgisi yoktur; bunlar, etnik ve kültürel özelliklerdir. Irklar için söylenenler dost canlısı, zalim, akıllı, aptal, güvenilir, avare, çalışkan, tembel, meraklı, muzır, heyecanlı, anlaşılmaz vb. gibi nitelendirmelerden farklı değildir. Aslında bir kişi-

nin sahip olabileceği hemen hemen her vasfın, şu ya da bu insan ırkını tanımladığı iddia edilmektedir. Bu iddialardan herhangi birinin bilimsel olarak kanıtlandığını bilmiyorum. Ancak şurası gerçek ki belli insan popülasyonlarının gayet belirgin kültürel özellikleri vardır. Örneğin, New England Püritenleri, Avrupa Çingeneleri ve Amerikan şehirlerindeki gettolarda yaşayan zenci popülasyonları bunlar arasında sayılabilir. Bu alanda güvenilir gerçekleri saptamak güçtür. Çünkü ırklar arasındaki biyolojik farklılıklar üzerine bilimsel araştırmaların ırkçılığa yol açması mümkün olduğu için bu konuya sıcak bakılmamaktadır.

Kimi zaman insan türünün birden fazla türe ayrılabilme ihtimalinin olup olmadığı sorulmaktadır. Cevap ise bunun asla olamayacağıdır. İnsanlar, insan-benzeri bir hayvanın işgal edebileceği, kutuplardan tropiklere kadar uzanan alanlarda uygun nişlerin tümünü işgal etmektedir. Son 100.000 yıl içinde coğrafi olarak yalıtılmış ırklar ortaya çıktığında, bunlar, aralarında temas yeniden kurulur kurulmaz diğer ırklarla melezleşmiştir. Günümüzde insan popülasyonları arasında çok fazla temas olduğundan, türleşmeye yol açabilecek uzun süreli bir yalıtımın gerçekleşmesi mümkün değildir.

Zaman zaman sorulan bir başka soru, mevcut insan türünün bir bütün halinde daha iyi ve yeni bir türe evrimleşip evrimleşemeyeceğidir. İnsanoğlu Süpermen olabilir mi? Bununla ilgili de ümit beslenemez. İnsan genotipinde zengin bir genetik varyasyonun varlığı kesin olmakla birlikte, modern koşullar bazı *Homo erectus* popülasyonlarının *Homo sapiens*'e evrimleştiği koşullardan çok farklıdır. O zamanki koşullarda popülasyon yapımız küçük sürüler şeklindeydi ve her sürü, *Homo sapiens*'in ortaya çıkışıyla sonuçlanan özellikler açısından güçlü bir seçilime tabiydi. Bundan başka, sosyal hayvanların çoğunda olduğu gibi güçlü bir grup seçilimi bulunduğuna hiç kuşku yoktur.

Modern insanlar, aksine bir kitle toplumu oluşturmakta ve insan türünün mevcut yeteneklerinin üstüne çıkmasına izin verecek üstün genotipler lehine bir doğal seçilim olduğuna ilişkin

herhangi bir işaret bulunmamaktadır. Gerçekten de çok sayıda yazar, halihazırda insan gen havuzunda bir bozulmanın gerçekleştiğini iddia ediyor. İnsan gen havuzundaki büyük varyasyon düşünüldüğünde, türün genetik olarak bozulması hemen gerçekleşecek bir olay değildir. İnsanoğlunun geleceği konusunda daha korkutucu ve tehdit edici olan, çoğu insan topluluğunun değerler sistemindeki bozulmadır (bkz. XII. Bölüm).

Peki üstün genotiplerin yapay seçilimi konusunda durum nedir? Darwin'in kuzeni Galton, doğru bir seçilimle insanoğlunun daha ileri düzeyde geliştirilebileceğini ve bunun yapılması gerektiğini ileri süren ilk kişiydi. Galton "öjenik" (eugenics) terimini ortaya attığında, önce aşırı sağdan aşırı sola kadar pek çok kişi öjeniğin insan türünü daha mükemmele doğru yükseltecek bir yol olduğunu düşünerek bu ideali hemen benimsedi. Oldukça hazin ve bir o kadar da ironik biçimde, başlangıçtaki bu yüksek amaç insanoğlunun gördüğü en iğrenç suçların bir kısmını doğurmuştur. Bu görüş, tipolojik olarak yorumlandığında ırkçılığa dönüşmüş ve nihai olarak Hitler'in saçtığı dehşete yol açmıştır.

İnsan ırkının genetiğinde çok büyük bir "gelişme" ancak öjenik önlemlerle sağlanabilir, ancak birçok nedenden ötürü bunları uygulamak olanaksızdır. Öncelikle, günümüzdeki ve gelecekteki insanların, değiştirmek üzere seçilebilecek fiziksel olmayan özelliklerinin genetik temeli konusunda bilgi sahibi değiliz. İkincisi, insan toplumunun her zaman başarılı ve dengeli olabilmesi için çok farklı genotiplerin karışımını içermesi gerekir; ancak hiç kimse "doğru" karışımın ne olduğu ya da bunun nasıl seçileceği konusunda bir fikir sahibi değildir. Üçüncü ve en önemli neden, öjeniğin sağlanabilmesi için atılması gerekecek adımların bir demokraside tahammül edilebilir olmamasıdır.[11]

İnsanlar arasındaki eşitliğin anlamı

Eşeyli olarak üreyen diğer organizmalarda olduğu gibi, insan popülasyonlarında da birbirinin aynı iki birey yoktur. Her birey

farklı morfolojik, fizyolojik ve pisikolojik özellikler ile bu özelliklerin şekillenmesine katkıda bulunan genetik etmenlerin farklı birleşimlerine sahiptir. İnsan fenotipinde özellikle davranışsal özellikler açısından çok büyük bir esneklik olduğu kuşku götürmez, ancak, insanın davranış ve kişiliği üzerinde genlerin de katkısı vardır. Bazı insanlar kalıtsal olarak beceriksizken, diğerleri harika el becerisine sahiptir. Bazı insanların matematiğe keskin bir yeteneği olduğu halde, bu yetenek diğer insanlarda bir dereceye kadar bulunur. Müzik yeteneği her zaman doğuştan kazanılmış bir yetenek olarak kabul edilir.

İnsanın çok az sayıda özelliğinin her insan popülasyonunda büyük bir varyasyon (polimorfizm) göstermediği görülür. Sağlıklı bir toplumun temelini oluşturan şey kesinlikle bu varyasyondur. Bu varyasyon işbölümünü mümkün kılar ama aynı zamanda her bireyin toplum içinde kendisine en uygun özel nişi bulmasına olanak sağlayan bir sosyal sistemi de gerektirir.[12]

İnsanların çoğu eşitlik ister ve eşitliğin yasalar karşısında eşitlik ve fırsat eşitliği anlamına geldiğini kabul eder. Ancak eşitlik toptan özdeşlik anlamına gelmemektedir. Eşitlik biyolojik bir kavram değil, sosyal ve etik bir kavramdır. İnsanın biyolojik çeşitliliğini eşitlik adına göz ardı etmek sadece zarar getirir. İnsanın biyolojik çeşitliliğini yok saymak eğitim, tıp ve başka birçok insani girişimin önünde engel oluşturur.

Eşitlik ilkesinin insanın biyolojik çeşitliliği göz önünde bulundurularak uygulanması büyük bir duyarlılık ve yüksek bir adalet duygusu gerektirir. Haldane'nin (1949) çok haklı olarak belirttiği gibi, "Özgürlüğün fırsat eşitliğini gerektirdiği herkes tarafından kabul edilir. Yeterl kadar anlaşılmayan nokta ise özgürlüğün aynı zamanda fırsat çeşitliliğini ve kültürel olarak arzu edilir olmakla birlikte toplumun işleyişi için zorunlu olmayan standartlara uymakta başarısız olanlara karşı hoşgörüyü de gerektirdiğidir."

XII. Bölüm

Evrim Etiğin Nedenini Açıklayabilir mi?

Herhalde hiçbir insani ilgi alanı, Darwinci devrimin 1859'da ahlak kuramını sarstığı kadar derinden sarsmamıştır. Darwin'den önce, "Ahlakın kaynağı nedir?" sorusuna verilen geleneksel cevap, bunun Tanrı vergisi olduğuydu. Aristoteles'ten Spinoza ve Kant'a kadar önde gelen felsefeciler birbirleriyle bağlantılı olan şu sorular üzerinde düşünmüşlerdi: "Ahlakın doğası nedir?" ve "İnsanoğluna en uygun ahlak nedir?" Darwin bu derin sorular hakkında adı geçen felsefecilerin vardıkları sonuçlarla uğraşmadı. Yaptığı şey, ahlakın kaynağının Tanrı vergisi olduğu iddiasını geçersiz kılmaktı.

Darwin bunun için iki sav kullandı. Öncelikle, ortak soy kuramı sadece tektanrılı dinlerin değil, felsefecilerin de doğada özel bir yere koyduğu insanoğlunu bu konumdan mahrum bıraktı. Bununla birlikte Darwin de, ahlak söz konusu olduğun-

da insanlar ile hayvanlar arasında temel bir farklılığın bulunduğunu düşünüyordu: "İnsan ile alt hayvanlar arasında var olan tüm farklardan, eskiden, ahlak duygusunun ya da vicdanın daha önemli olduğunu savunan yazarlara tamamıyla katılıyorum" (1871:70).* Ancak, insanlar hayvan atalara sahip olduğuna göre, bu farklılığın artık evrim açısından açıklanması gerekiyordu. İnsanlar ile hayvanlar arasında kesintililiği gösteren herhangi bir farkın olduğunu kabul etmek, bir sıçrama olduğu anlamına gelecekti ve Darwin böyle bir sürece ödünsüz olarak karşı geliyordu. Aşamalı evrimin bir savunucusu olarak, her şeyin -hatta ahlakın da- aşamalı olarak evrimleştiği konusunda ısrar ediyordu. Görüldüğü gibi, Darwin insanların insansı maymunlardan ayrılma noktalarından itibaren çok uzun bir zamanın (bu süre bugün en az 5 milyon yıl olarak tahmin edilmektedir) geçtiğini ve bu zaman aralığının, insanların ahlaki gelişiminin tüm ara aşamalarından geçmelerine yetecek kadar uzun olduğunu düşünüyordu.

İkinci olarak, Darwin'in doğal seçilim kuramı doğanın işleyişinden tüm doğaüstü güçleri uzaklaştırıyor ve ahlak da dahil olmak üzere evrendeki her şeyin Tanrı tarafından tasarlandığını ve O'nun yasalarıyla yönetildiğini varsayan doğal dinbilimi tamamen çürütüyordu. Darwin'den sonraki felsefeciler çok zor bir görev üstlendiler. Bu görev, ahlakın doğaüstü güçlerle açıklanmasının yerine doğacı bir açıklamayı koymaktı. Son yüz otuz yıl içinde etik ile evrim arasındaki ilişki üzerine yazılmış literatürün büyük kısmı, bir "doğal ahlak" arayışına adanmıştır ve Darwin'in, problemi ortaya koyduğu 1871 yılından bu yana, konuyla ilgili her yıl ciltler dolusu yayın yapılmaktadır.

Bu yazarların bir kısmı, evrim aşamalarının sadece ahlakın kaynağına değil, *kalıplaşmış* etik kurallarına da açıklık getireceği konusunda ümitli olduklarını ifade edecek kadar ileri gittiler. Önde gelen evrimciler ise, uygun hedefe yönelmiş doğal seçilimin, doğal olarak özgeciliğe ve ortak çıkarların önemli bir rol

* Çev. Sevim Belli, *İnsanın Türeyişi*, Onur Yayınları, 2002, s. 138. (ç.n.)

oynayacağı bir insan etiğine yol açacağı şeklinde daha mütevazi bir önermeyi benimsediler. Etikçiler ise haklı olarak, genelde bilimin özelde ise evrim biyologlarının güvenilir ve özel bir etik kurallar kümesi ortaya koyamayacakları konusunda ısrarlıdırlar. Ancak, burada eklememiz gereken önemli bir nokta, insanın genetik programını olduğu kadar kültürel evrimini de dikkate alan gerçek bir biyolojik etiğin, bu etmenleri reddeden ahlak sistemlerine göre kendi içinde çok daha tutarlı olacağıdır. Biyolojik bilgiyi içeren böyle bir sistem, evrimden çıkarılmamaktadır ancak onunla uyumludur.

Etik geleneksel olarak bilim ile felsefe arasındaki tartışma alanlarından biri olagelmiştir. Felsefecilerin çoğu, etiğin değer yargıları içermesinden dolayı, bilim insanlarının olgulara dayanıp değer yargılarının oluşturulması ve incelenmesini felsefeye bırakmaları gerektiğini düşünmektedir. Diğer taraftan bilim insanları insan etkinliklerinin nihai sonuçları hakkında yeni bilimsel bulguların kaçınılmaz olarak etik düşüncelere yol açacağına işaret etmektedir. Nüfus patlaması, atmosferde karbon dioksit miktarının artışı ve tropik ormanların yok edilişi gibi güncel sorunlar bunlarla ilgili sadece birkaç örnektir. Bilim insanları bu gibi durumlara dikkati çekme ve bunların düzeltilmesi için öneriler getirmenin kendi görevleri olduğunu düşünmektedir. Bu, kaçınılmaz olarak değer yargıları içerir. Diğer bilimsel verilerin yanı sıra evrimsel süreçler hakkındaki bilgimiz, mevcut seçenekler arasından, etik açısından en doğru olanı seçmemize sıklıkla olanak verir.

İnsan Etiğinin Kökeni

Doğal seçilim sadece bencilliği ve dolayısıyla her bireyin benmerkezciliğini ödüllendiriyorsa, özgecilik ve toplumun refahı için sorumluluk taşıma duygusu temeline dayanan bir etik nasıl gelişebilmiştir? Bu konudaki karmaşıklık büyük ölçüde T. H. Huxley'in *Evolution and Ethics* (Evrim ve Etik) (1893) adlı makalesinden kaynaklanıyordu. Nihai nedenlere inanan Hux-

ley, doğal seçilimi reddediyor ve hiçbir şekilde gerçek Darwinci düşünceyi temsil etmiyordu. Huxley'in anladığı biçimde doğal seçilim, sadece birey üzerinde işlemektedir ve bu şekilde düşünmesi onun, doğal seçilim kuramının daha büyük katkılar getirmesini sağlayacak sonuçlara varmasına engel olmuştur. Huxley'in ne kadar büyük çelişkiler içinde olduğu düşünüldüğünde, adı geçen makaleye tam bir güvenle bugün bile başvurulması bir talihsizliktir.

Ancak Huxley, bireyin bencilliğinin, toplumun esenliğiyle bir şekilde çeliştiğini bulanık da olsa doğru biçimde anlamıştı. Herhangi bir doğacı etiğin temel sorunu, özünde bencil olan bireyler arasında var olan özgeci davranışların varlığı bilmecesini çözmektir. Bir Darwinci için özellikle zor olan ise doğal seçilimin özgeciliğe ne şekilde katkı yapmış olduğu sorunudur. Seçilim her zaman tümden bencil olan bireyleri ödüllendirmemekte midir?

Son otuz yıldır süregelen uzun ve hararetli tartışma, yazarların "özgeci" terimini kullandıklarında genellikle farklı şeyleri anlatmak istediklerini gösteriyor. Terimin her zaman, başka bir kişiye yardımseverlik anlamı taşıdığı kesindir. Ancak, bu davranış özgeci olana her zaman zarar getirmek zorunda mıdır? Bir hayvan, ait olduğu grubun üyelerine bir yırtıcının yaklaştığını haber vermek için uyarıcı sesler çıkarıyorsa, yırtıcının dikkatini kendi üzerine çekeceği için kendisini kesinlikle tehlikeye atmaktadır. Özgeci davranış genellikle "özgeci davrananın bedel ödemesi karşılığında, bir başka organizmanın kazanç sağlaması" olarak tanımlanır (Trivers 1985). Bu tanımdaki bedel ve kazanç üreme başarısına dayanmaktadır.

Ancak, günlük dilde kullanıldığı şekliyle özgecilik, her zaman bir tehlike ya da herhangi bir dezavantajı içermek zorunda değildir. Felsefeci Auguste Comte, terimi ilk kez ortaya attığında başkalarının iyiliğine ilgi duyma anlamında kullanıyordu. Örneğin, yürürken yere düşen yaşlı bir kadına yardım edersem, kendimi tehlikeye atmaksızın özgeci bir davranış sergilemiş olurum. Bu davranışının "bedeli" en fazla bir dakikalık

bir zaman kaybı olacaktır. Hepimiz, türlü türlü iyilikler yapmaktan hoşlanan, iyi kalpli ve cömert insanlar tanırız. Onların herhangi bir bedel içermeyen bu iyilikleri de özgecilik değil midir? İyi bir davranış için harcanan küçük bir çaba önemli bir "bedel" midir?

Ben, "özgeciliğin" sadece özgeci birey için potansiyel tehlike veya zarar içeren durumlarla sınırlandırılmasının terimin normal kullanımını temsil etmediği konusunda ısrarlıyım. Doğal seçilimin özgeciliğe ayrıcalığı nasıl tanımış olduğunu saptamaya çalışırken, sözünü ettiğimiz çeşitli davranış biçimleri arasında ayrım yapmak gerekmektedir.

Darwin bu sorunun cevabını kısmen buldu, ancak bir bireyin üç farklı bağlamda seçilimin hedefi olduğu son yıllarda hakkıyla anlaşılmıştır: Bir birey olarak, bir ailenin üyesi (daha doğrusu bir üretici) olarak ve bir sosyal grubun üyesi olarak. Bireyin hedef olduğu durumda, Huxley'in de fark ettiği gibi, sadece bencil eğilimler seçilim tarafından ödüllendirilecektir. Ancak, diğer iki durumda seçilim, diğer grup üyelerine karşı bir ilgiyi, yani özgeciliği ödüllendirebilir. İnsan davranışında sıklıkla gözlemlenen etik ikilemler, bu üç yönlü bağlam göz önünde bulundurulmaksızın anlaşılamaz.

Kapsayıcı uyum özgeciliği

Hayvanlar arasında ve özellikle de geniş aileli sosyal gruplar oluşturan ve ebeveynlerin yavruların bakımını üstlendiği türlerde özel bir özgecilik çeşidi olan kapsayıcı uyum özgeciliği oldukça yaygındır. Kapsayıcı uyum özgeciliği yavrunun anne ve bazen de baba tarafından korunmasını, diğer yakın akrabaların tehlikelere karşı korunması veya tehlike durumunda uyarılması yönünde bir eğilimi, onlarla yiyeceği paylaşma istekliliği ve alıcı için açıkça yararlı ama verici için en azından potansiyel olarak zararlı başka çeşit davranışları kapsar.

Haldane, Hamilton ve çok sayıda sosyobiyoloğun işaret ettiği gibi, bu davranışlar özgeci davranan ile onun bu davranışın-

dan yarar sağlayanların, yani yavrular ve diğer yakın akrabaların paylaştığı genotipin uyum değerini artırdığı için doğal seçilim tarafından çoğunlukla tercih edilecektir. Bu davranış biçiminin özgeci bireyin kapsayıcı uyumunu artırdığı düşünülmektedir. Bazı hayvanların, yakın akrabaların hayatta kalışına katkıda bulunmalarından bir sonraki kuşağın gen havuzunun bu yolla etkilenmesine ise akraba seçilimi denilmektedir.

Kapsayıcı uyumu artıran bu tip özgecilikle ilgili en çok göze çarpan örnek ebeveyn bakımıdır. Söz konusu davranış özgeci davranışta bulunanın genotipine tümüyle faydalı bir sonuç verdiği sürece bu, özgeci değil, kesinlikle bencil bir davranıştır. Sosyobiyoloji literatüründe, özgeci olarak görünen, ancak aslında kapsayıcı uyumu artıran ve dolayısıyla genotip "açısından bakıldığında" sonuçta bencil olan yüzlerce örnek olay ele alınmıştır.

Kapsayıcı uyum özgeciliği, bugünkü evrim literatüründe temel anlaşmazlık konularından biridir. Öyle görnüyor ki bazı yazarlar tüm etiğin az ya da çok kapsayıcı uyum özgeciliğine dayandığını düşünmektedir. Diğerleri ise insanın gerçek etiği evrimleştiğinde, bunun kapsayıcı uyum özgeciliğinin yerini aldığını düşünmektedir. Ben, bu iki görüşün arasında bir yerde bulunuyorum. Bir annenin çocuğuna karşı duyduğu içgüdüsel sevgi ya da yabancılarla alış verişte bulunduğumuzda kendi grubumuzun üyelerine gösterdiğimizden farklı bir ahlaki duruş gösterme eğilimimizde olduğu gibi, insan davranışlarında kapsayıcı uyum özgeciliğinin birçok kalıntısını ayırt ediyorum. Eski Ahit'in koyduğu ahlaki kuralların çoğu bu mirasa özgüdür. Bana öyle geliyor ki temelde ebeveynin çocuğa beslediği sevgiden oluşan bu sistemlerin bugün de varlıkları sürmesine karşın, kapsayıcı uyum özgeciliği insan etiğinin sadece küçük bir bölümüdür.

Darwin kapsayıcı uyumun var olduğunun tamamen farkındaydı. Bir kabiledeki üstün yeteneğe sahip insanların kurban edilmeleriyle ilgili olarak şunları söylüyordu (1871:161): "Bu insanlar zihinsel üstünlüklerini kendi çocuklarına bıraksaydılar daha da hünerli yeni üyelerin dünyaya gelmesi şansı biraz daha

artmış olurdu ve bu şans çok küçük bir kabilede kesinlikle en yüksek derecede olurdu. Bu gibi insanlar arkalarında döl bırakmamış olsalar da, kabile her zaman onlarla olan kan akrabalığını içinde taşıyacaktır..."* Darwin'in açıkladığı gibi bu kan bağları benzer genetik sermayeye sahiptir.

Kapsayıcı uyum özgeciliğinin yayılmasına yol açan seçici baskı sadece ilkel insanlar arasında değil, geniş ailelerin sosyal grupların çekirdeğini oluşturduğu tüm sosyal hayvanlarda bulunur. Bu sosyal hayvanların kendi akrabalarını tanıma ve kollamadaki üstün yetenekleri, Darwin tarafından tekrar tekrar vurgulanmıştır: "Toplumsal içgüdüler hiçbir zaman aynı türün bütün bireylerini kapsamaz" (1871:85).** Bazı hayvanlarda akrabalarını algılamanın ne kadar iyi gelişmiş olduğu, Pat Bateson (1983) tarafından deneysel olarak ve mükemmel bir biçimde belgelenmiştir.

Karşılıklı özgecilik

Leoplarlar gibi tek başına yaşayan hayvanlar, kapsayıcı uyum özgeciliğini kazanmada sosyal hayvanlardan daha az olanağa sahiptir. Bu gibi hayvanlardaki kapsayıcı uyum özgeciliği çoğunlukla annenin yavrularına karşı gösterdiği davranışla sınırlıdır. Tek başına yaşayan bireylerin yavrularından başka kimseye karşı özgeci olmadığı sonucuna en çok göze çarpan istisna, akraba olmayan bireyler arasındaki karşılıklı yarara dayanan etkileşimdir. Büyük avcı balıkları dış parazitlerinden kurtaran temizleyici balıklar bunun tipik bir örneğini oluşturur. İki bireyin üçüncü bir bireyle mücadele için ittifakı diğer bir örnek olarak verilebilir.

Doğrusu, özgecilik terimi burada geniş anlamda kullanılmaktadır; çünkü özgeci olduğu farz edilen birey bundan ya hemen yarar sağlar ya da uzun vadede yarar sağlama beklentisi içindedir. Özellikle primatlar arasındaki bu gibi karşılıklı etkileşimler,

* A.g.e., s. 183.
** A.g.e., s. 154.

şöyle bir akıl yürütmeyi akla getirir: "Eğer ben, bu bireye kavgasında yardım edersem, o da ben kavga ederken bana yardımcı olacaktır." Diğer bir deyişle, bu davranış şekli temelde özgeci değil, bencil bir davranıştır.

Karşılıklı özgecilik basitçe, karşılıklı yarar sağlama ya da iyilik değiş tokuşudur. Bununla birlikte bu yararlar, bir hayırseverin cömert bağışına karşılık diğer yurttaşların takdirini, saygısını ve hayranlığını kazanmasında ya da bir bilim insanının kendi alanına yaptığı büyük katkılardan ötürü bir Nobel, Balzan, Japon, Crafoord ya da Wolff ödülü kazandığında olduğu gibi zor anlaşılır niteliktedir. Büyük bir grubun uzun vadede yararına olacak bireysel başarıların ödüllendirilmesi toplumun daha iyiye gitmesi açısından çok önemlidir. Başarının ödüllendirilmesinin yalnızca spor alanında söz konusu olduğunu düşünürüz; sadece en iyi atletler olimpiyat madalyası alırlar. Ancak insanoğlunun büyük başarılarının tümünün, toplam insan nüfusunun yüzde birlik kısmı tarafından kazanıldığını hatırda tutmak gerekir. Toplumumuz ödüller olmaksızın ya da büyük başarılar takdir edilmeksizin herkese eşit pay ilkesi etrafında örgütlenmiş Marksist toplumlarda olduğu gibi kısa sürede çözülür.

Ancak özgeci davranışların tümü ödülle sonuçlanmaz. Özgecinin ödül beklemediği ve hatta hiçbir şekilde ödül istemediği özgeci etkinliklerin olduğunu biliyoruz. Karşılıklı özgeciliğin, eğer düzenli olarak uygulanırsa, bireye ya da yakın akrabalarına yarar sağlamasının beklenmediği saf özgeciliği kolaylaştırabileceğini savunanlar vardır. Dolayısıyla, insan-öncesi ataların-mızdaki karşılıklı özgecilik, ahlâkın köklerinden birisi olabilir.

Saf özgeciliğin ortaya çıkışı

Her ikisi de birey üzerindeki seçici baskı aracılığıyla evrimleşmiş olan kapsayıcı uyum özgeciliği ile karşılıklı özgecilik dışında insan etiğinin çok önemli bir başka kaynağı, kültürel insan grupları üzerindeki seçici baskı aracılığıyla evrimleşmiş etik kurallar ve davranışlardır. Darwin'in tamamen farkında olduğu

gibi, insansıların tarihi boyunca, oldukça sıkı bir grup seçilimi gerçekleşmiştir.[1] Birey seçiliminin tersine, grup seçilimi saf özgeciliği ve bireyin zararına olsa bile grubu güçlendiren diğer iyi davranışları ödüllendirebilir. Tarihin tekrar tekrar gösterdiği gibi, kültürel grubun tümünün iyiliği için en çok katkı yapan davranışlar ve davranış kuralları en uzun süre var olacaktır. Diğer bir deyişle insanların etik davranışı uyum sağlayıcı niteliktedir.[2]

Hayvan topluluklarının (gruplarının) çoğu, seçilimin hedefi değildir. Bunun istisnaları, aralarında işbirliği bulunan sosyal hayvanlardır. Kuşkusuz, bütün hayvan toplulukları sosyal gruplar değildir. Örneğin, balık sürüleri ya da kalabalık gruplar halinde göç eden Afrika toynaklaklıları bu nitelikte değildir.

İnsan türü, sosyal hayvanlar içinde en mükemmel örneği oluşturur. İlk insansı grupları -genişlemiş aile- sosyal primatlarda bulunan sürü yapısının devamı niteliğindeydi. Genç erkek ya da dişiler muhtemelen sürüyü terk edip bir başka sürüye katılıyor, bu şekilde grubun davranışı kapsayıcı uyum özgeciliğinin sınırlarının dışında kalıyordu. Geniş bir aile ya da küçük bir sürünün daha geniş ve açık bir topluluğa evrimleşmesi için, daha yakın akrabalar için geçerli olan özgeciliğin akraba olmayanları da kapsayacak şekilde genişletilmesi gerekir. Bu tip saf özgeci davranışın ilkel şekillerini babunlar gibi, birbirleriyle akraba olmayan bireyler arasında değiş tokuşun söz konusu olduğu diğer primat gruplarında da görmekteyiz.[3]

İnsanın evrim sürecinde, bazı insansı bireyler geniş bir sürünün, sadece geniş bir aileden oluşan küçük bir sürüye oranla, sürüler arasındaki çatışmalarda daha yüksek başarı şansı olduğunu keşfetmiş olmalıdır. Bir mağaraya, su kaynağına ya da avlanma alanına sahip olan bir sürünün, bu avantajlardan yararlanmak isteyen yabancı sürülerle karşı karşıya kalma olasılığı vardır. Ek insan gücü olan böyle bir sürü, seçici avantaja sahip olacaktır. Bununla birlikte, grubun genişlemiş olması, uzak akrabaların ya da akraba olmayanların da esenlikleriyle ilgilenmeyi gerektirmiştir ve bu durum, kapsayıcı uyumun sınırlarını aş-

maktadır. Nihayet sürüdeki bireylerin temel bencil eğilimlerini frenlemek ve bireyler üzerinde tüm gruba yarar sağlayan özgeciliğin kısıtlamalarını geçerli kılmak üzere akraba olmayanlara karşı gösterilen davranışın kültürel kuralları yerleştirilmiştir. Sonuçta, esenlikleri grubun esenliğine fazlasıyla bağlı olan birçok birey bundan yararlansa da, elbette bazıları (savaş sırasında ölenler gibi) bundan yararlanamaz.

Grup kurallarını doğru olarak uygulama yeteneği, insan beyninin akıl yürütme kapasitesinin evrimleşmesini gerektiriyordu. Daha büyük beyin ile daha büyük sosyal grubun birlikte evrimleşmesi iki yeni etik davranış biçimini mümkün kıldı: (1) Grup seçilimi aracılığıyla gerçekleşen doğal seçilim, belli bir birey için zararlı olsa bile, grup yararına olan ve bencil olmayan bazı özellikleri ödüllendirebiliyordu ve (2) artık akıl yürütme gücünü kazanan insanlar içgüdüsel olan salt kapsayıcı uyuma bağlı kalmayarak, bencillik yerine bilinçli olarak etik davranışı seçebildiler. Etik davranış bilinçli tercihleri doğuran bilinçli düşünceye dayanır. Anne kuşun özgeci davranışı bir tercihe dayanmaz, yani etik değil, içgüdüseldir. Simpson'ın (1969:143) tanımladığı biçimiyle, "İnsan kelimenin tam anlamıyla etik olan tek organizmadır ve insanınkiler dışında anlamlı bir etik bulunmamaktadır." Kapsayıcı uyum temeline dayanan içgüdüsel özgecilikten uzaklaşarak, karar verme temeline dayanan grup etiğine uyum sağlamak, insanlaşma yolunda atılmış belki de en önemli adımdı.

Simpson'a (1969) göre bir davranışın etik olarak tanımlanabilmesi için aşağıdaki koşulların bulunması gerekir: (1) Alternatif davranış biçimlerinin bulunması (2) Kişinin bu alternatifleri etik bakımından muhakeme etme yeteneğinde olması (3) Kişinin etik olarak iyi olduğunu düşündüğü şeyi seçmekte özgür olması. Dolayısıyla etik davranış, tamamen kişinin davranışlarının sonuçlarını önceden görebilme yeteneğine ve sonuçların sorumluluğunu bireysel olarak kabul etme isteğine dayanır. Ahlak duygusunun kökeni ve işlevinin temeli budur.

Ayala (1987) insanların etik davranışlar sergiledeğini, çünkü biyolojik yapılarının, onlarda üç tane zorunlu ve yeterli koşulun varlığını belirlediğini söylerken aşağı yukarı aynı düşünceyi dile getiriyordu. Bu üç koşul şunlardır: (1) Kişinin kendi davranışlarının sonuçlarını önceden görebilme yeteneği; (2) değer yargılaması yapabilme yeteneği ve (3) alternatif davranış biçimleri arasında seçim yapabilme yeteneği.

İçgüdüsel olarak hareket eden bir hayvan ile tercih yapabilme yeteneğine sahip bir insan arasındaki fark etiği belirleyen sınır çizgisidir. Ahlaki değerlendirmeye tabi olan ve genellikle davranışların sergilenişlerine eşlik eden suçluluk, vicdan azabı, pişmanlık, korku ya da sempati ve memnuniyet duyguları, insanın etik ya da etik olmayan davranışlarının bilinçli doğasını ortaya koyar. Sonuç olarak etik davranma yeteneği, insansı sürüsünün geniş ailenin boyutlarını aşacak şekilde genişlemesi ile kabilenin gelenekleri ve kültürün gelişmesine doğru bir eğilim olan, çocukluk ve gençlik döneminin ve dolayısıyla ebeveyn bakım, evresinin uzaması gibi diğer insan özelliklerinin evrimiyle bağlantılıdır (bkz. X. Bölüm). Birbirlerine bağlı bu gelişmelerin hangisinin neden, hangisinin sonuç olduğunu saptamak olanaksızdır.

Kültürel Bir Grup Kendine Özgü Etik Kuralları Nasıl Kazanır?

Bu soru Aristoteles'ten Spinoza'ya, Kant'tan modern zamanlara kadar birçok düşünürce tartışılmıştır. Darwin'den önce en çok benimsenen iki cevap ahlaki kuralların ya Tanrı vergisi olduğu, ya da tamamen insan aklının (ki bu da Tanrı vergisidir) ürünü olduğuydu.

Darwin sadece düşünerek yapılan davranışların mı etik ya da ahlaki olarak değerlendirilmesi gerektiği, düşünmeden veya "içgüdüsel" olarak cesurca ya da cömertçe sergilenen davranışların da ahlaki davranışlar olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği konusunda kuşku duyuyordu. Darwin, bilinçli davra-

nışım ahlak açısından önemli bir bileşen olduğunu düşünüyor ve ahlaki değerleri olan bir varlığı, "geçmişteki ve gelecekteki davranışlarını ve bunların nedenlerini karşılaştırarak, onları onaylama ya da onaylamama yeteneğine sahip birey" olarak tanımlıyordu. Bununla birlikte Darwin'e göre etik davranışlar, tüm sosyal hayvanlarda bulunan "sosyal içgüdüye" karşı yarı içgüdüsel bir tepkidir. Bu çözüm sosyal içgüdünün nasıl ve neden evrimleştiği sorusunu beraberinde getirir.

Bertrand Russell da benzer düşüncelere sahipti fakat bunları daha özlü bir biçimde dile getiriyordu. Ona göre, "grubun yararına en iyi hizmet eden [şey] ... nesnel olarak doğrudur. Dünyanın her yerindeki etik kuralların bir karşılaştırması, en başarılı grupların, bireyin isteklerinin hiç değilse bir dereceye kadar toplum yararının üstünde olmadığı gruplar olduğunu göstermektedir." Russell'ın önermesi Darwin'inkinden daha tatminkâr bir cevaba yaklaşmaktadır, çünkü farklı kültürlere sahip insan gruplarının başarılarının göreceliliğine değinmektedir. Bazı gruplar başarı şansını -ömür uzunluğunu- artıran ahlaki kurallara sahipken, diğerleri uyumu desteklemediği için hızlı bir şekilde soy tükenmesine yol açan ahlaki kurallara sahiptiler.

Sahip olunan değerler sisteminin bir kültürel grubun refahına ve sayısal olarak artışına neden olacağını, böylece komşu gruplara karşı girilen mücadelenin soykırımlara yol açacağını ve zafer kazanan tarafın yenilen tarafın bölgesine el koyacağını düşünebiliriz. Böyle bir senaryoda grup içi özgecilik ve grubu diğer gruplardan daha güçlü kılan diğer davranışlar, zaman içinde seçilim tarafından ödüllendirilecek, ya da grup içindeki ayrılıkçı eğilimler zamanla grubun zayıflamasına ve soyunun tükenmesine yol açacaktır. Dolayısıyla, her sosyal grubun ya da sürünün etik sistemi deneme-yanılma, başarı-başarısızlık ve belirli liderlerin etkinlikleri aracılığıyla sürekli olarak değişecektir.

Neyin ahlaki ve neyin grup için en iyi olduğu, geçici koşullara bağlı olabilir. Wilson (1975), patates kıtlığı sırasında İrlan-

da'nın ve İkinci Dünya Savaşı'nı izleyen Amerikan işgali sırasında Japonya'nın değerler sisteminde ortaya çıkan değişiklikleri bize hatırlatmaktadır. Yeni doğan çocuğun öldürülmesi, cinsel özgürlük, mülkiyet hakları ve saldırganlık gibi konularda kabileler arasında görülen büyük farklılıklar, kültürel etik kuralların ne kadar değişebilir olduğunun göstergesidir. Gerçekten de tüm insan topluluklarının aynı kurallara sahip olması oldukça dezavantajlı olurdu. Bebek ölümlerinin yüksek olduğu ilkel bir kabilede doğum oranının yüksek olması etiktir. Buna karşılık çok kalabalık bir ülkede çocuk sayısının bir ya da iki ile sınırlandırılması sadece o grup için değil, ailenin kendisi için de çok yararlıdır. Yüksek doğum oranı, kırsal toplumda birlikte yaşayan geniş bir aile için çok yararlı olabilir; fakat kalabalık şehir koşullarında bitmez tükenmez bir çekişmeye yol açabilir.

Belirli bir etik kuralının öncelik sırası koşullara bağlı olarak, kültürden kültüre değişmektedir. Günümüzde, Çinli yöneticilerin insan hakları konusunda düşük bir profil sergilemeleri bu duruma bir örnek oluşturmaktadır. Tüm dünyanın etik kuralları için aynı öncelik sırasının geçerliliğini garantiye alma çabasında görünen Amerikalı müzakerecilerimizin, Çinli yöneticilerin bu yaklaşımını anlamaları kolay değildir. Gençlere ahlak öğretimi kısmen, kuralların kendi özgün kültürleri içinde öncelik sıralarını göstermektir.

Batılı düşünürler değerleri sıralayabilecek çeşitli ölçütler önererek, etikteki bu göreceliliğin üstesinden gelmeye çalışmışlardır. Herkese iyilik etme kuralı bu tarz ölçütlerden biridir. Kuralın en fazla sayıda kişi için en iyi olanı ne derece ölçüt aldığıyla değerlendirilmesi gerektiğini savunan faydacı öneri bir diğer ölçüt örneğidir. Batı'da, doğru sözlü olmak önde gelen bir değer olarak kabul edilmiştir ve adalet de yüksek değere sahip bir kuraldır; bununla birlikte, neyin adil neyin doğru olduğu konusunda fikir birliği sağlanmış gibi görünmemektedir. Son yıllarda, kişinin yaşamına anlam kazandıran tüm davranışların yüksek bir değere sahip olması gerektiği söylenmektedir.

Bir şeyin ahlaki olarak değerlendirilmesi, çoğunlukla kişinin ait olduğu grubun büyüklüğüne bağlıdır. Görünen o ki ilkel topluluklar sosyal bir grup için en elverişli büyüklüğe sahipti. Grup çok büyüdüğünde, liderler grup üzerindeki kontrolü kaybediyor ve grup bölünüyordu. Bu durum, Güney Amerika'daki Kızılderili kabilelerinde ve bazı sosyal hayvanlarda gözlemlenmiştir. Grup çok küçük olduğunda ise rakip saldırılarına karşı dayanıksız hale geliyordu. 10.000-15.000 yıl öncesinde tarımın başlamasıyla birlikte, seçilim, grubun büyüklüğünde ilkel kabilelerin büyüklüğünü aşacak şekilde bir artışın lehinde işledi: Besin temininin kolaylaşması popülasyonun büyümesine izin veriyor ve daha büyük bir grubun kendini yağmacılara karşı koruması mümkün oluyordu. Ancak grup genişledikçe, yeni etik çatışmalar ortaya çıktı. Değerlerde bir değişim -örneğin mülkiyet haklarına daha fazla önem verilmeye başlaması gibi- kaçınılmazdı.

Kültürel insan gruplarının boyutları özellikle şehirleşme ve devletlerin ortaya çıkışının ardından büyüdükçe, tek bir toplum içinde her biri bir dereceye kadar farklı etik düşüncelere sahip farklı toplumsal katmanlar gelişti. Bunun ne derece kaçınılmaz ve hatta belki arzulanabilir bir şey olduğu tartışmalıdır. Bu büyüme büyük eşitsizlikler yarattığında, feodal toplumların çoğunda olduğu gibi, er ya da geç bir devrime yol açmıştır. Batı'da demokrasi ve eşitlik ilkesi için mücadele, önceki dönemin sosyal eşitsizliklerine karşı bir tepkiydi.

Bazı toplumlarda bireylerin değerleri grup içinde benzerlik gösterirken, diğer toplumlarda alt gruplar ahlaki kurallar açısından farklılık gösterir. Kürtaj, eşcinsellerin hakları, ölümcül hastalığı olanların hakları ve idam cezası konusundaki tartışmalar, etik olarak büyük farklılıkların bulunduğu modern Amerikan toplumunda fikir ayrılıklarının boyutlarını göstermektedir.

Akıl yürütme mi yoksa rasgele hayatta kalış mı?

Bu durumda, belirli bir kültürün kendine özgü ahlaki kuralları nasıl kazandığı konusunda hangi sonuca varacağız? Bunlar

insan aklının mı, yoksa sadece en fazla uyum sağlayan etik alışkanlığa sahip grupların rastgele hayatta kalışlarının sonucu mudur? İlkel insan kabilelerinin ahlaki kurallarındaki büyük varyasyon, birçok farklılığın sadece rastlantıya dayandığı fikrini verebilir. Ancak, Çin ve Hindistan'dakiler de dahil olmak üzere büyük dinleri ve felsefeleri karşılaştırdığımızda, geçmişleri birbirlerinden büyük ölçüde bağımsız olmasına rağmen, etik kurallarının dikkate değer biçimde benzer olduğunu görürüz. Bu, söz konusu kurallardan sorumlu olan felsefeciler, peygamberler ya da yasa koyucuların, kendi toplumlarını çok dikkatli bir biçimde incelemiş ve gözlemleri üzerine akıl yürütme yeteneklerini kullanarak, hangi kuralların yararlı olduğuna hangilerinin olmadığına karar vermiş olmaları gerektiğini akla getiriyor. Musa'nın getirdiği ya da İsa'nın Dağdaki Vaaz'da ilan ettiği kurallar kuşkusuz, büyük ölçüde aklın ürünüdür. Bu tür kurallar bir kez benimsendiğinde, kültürel geleneğin bir parçası haline gelmiş ve kuşaktan kuşağa aktarılmıştır.

Bazı yazarlara göre bir insanın tüm etik davranışları, sadece akılcı bir kâr-maliyet analizinin sonucudur. Diğerlerine göre ise etik davranış, Darwin'in "toplumsal içgüdü" dediği yarı içgüdüsel eğilime verilen bir tepkidir. Bana göre gerçek cevap kesinlikle bu ikisinin arasında bir yerdedir. Şurası açık ki davranışla ilgili etik bir açmazın olduğu her durum için akıl yürüterek özel bir ahlaki kural oluşturmayız. Çoğu durumda kendi kültürümüzün geleneksel kurallarını uygulayarak, otomatik olarak karar veririz. Sadece çeşitli kurallar arasında bir çelişki olduğunda akılcı bir çözümlemeye girişiriz.

Peki, bir kültürün içindeki bir birey bu geleneksel kuralları nasıl kazanır? Ahlak duygusunun gelişmesinde "doğa ve terbiye"nin rolleri nelerdir?

Birey, Ahlakı Nasıl Kazanır?

Genetiğin bu yüzyıldaki yükselişiyle birlikte, "Ahlak duygusu doğuştan mıdır, yoksa sonradan mı kazanılır?" sorusu git-

tikçe önem kazandı. Davranışcılar ve onları destekleyenler, bizlerin boş bir levha (tabula rasa) gibi doğduğumuza inanırlar. Diğer bir deyişle, davranışlarımızın tümü öğrenmenin sonucudur. Buna karşılık, etikçiler ve özellikle sosyobiyologlar büyük ölçüde genetik programlamaya inanma eğilimindedirler. Bu iki gruptan her birinin kendi iddialarını destekleyen kanıtları nelerdir?

Davranışcılar insanın etik eğiliminin çoğunlukla doğuştan kazanılmış olmadığı üzerine etkileyici kanıtlar öne sürebilmektedir. Bu kanıtlar oldukça çeşitlidir: (1) Farklı etnik grup ve kabilelerin, son derece farklı ahlaki değerleri olması; (2) belirli politik rejimlerin varlığında ya da ekonomik çöküşlerden sonra ahlaki değerlerin tümden yıkılması; (3) azınlıklara ve özellikle kölelere karşı sıklıkla sergilenen acımasız ve ahlâk dışı davranışlar; (4) örneğin sivil yerleşim alanlarının çekinmesizce bombalanması gibi savaşlarda gösterilen acımasız davranışlar; (5) çocukluk çağının kritik bir döneminde annesinden ya da annesinin yerini tutacak birisinden mahrum kalmış veya tecavüze uğramış bir çocuğun kişiliğinin bozulması.

Bu tür kanıtlar, davranışcıları ve onları destekleyenleri doğuştan kazanılmış bir bileşenin varlığını reddetmeye ve bütün ahlaki davranışların, çevresel uyaranlara verilmiş şartlı tepkilere dayanan akıl yürütmenin sonucu olduğuna inanmaya yöneltti. Davranışçıların karşıtları ise kayda değer bir genetik bileşenin varlığını kabul ettiler.

Son yıllarda biriken tüm kanıtlar, bireylerin sahip olduğu değerlerin hem doğuştan gelen eğilimlerin hem de öğrenmenin sonucu olduğunu göstermektedir. Bunların büyük kısmı, kültürel grubun diğer üyelerinin telkini ve gözlem yoluyla kazanılmaktadır. Ancak, bireyler arasında gruba ait ahlaki kuralları kazanma yeteneği açısından büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Etik kuralları kazanmak ve etik davranışı benimsemek için doğuştan sahip olunan yetenek, kalıtımın katkısına bağlıdır. Bireyin bu konudaki yeteneği ne kadar fazla ise, bencillik ve

kapsayıcı uyuma dayanan, biyolojik olarak kalıtılmış kuralları destekleyecek (ve kısmen değiştirecek) ikincil etik kurallar kümesini benimsemek için o ölçüde donanımlı olacaktır.

Bazı bireylerin çocukluktan itibaren kötü, acımasız, bencil, yalancı vs. olduğu görülür. Diğerleri ise en başından itibaren küçük melekler gibidirler; sevgi dolu, asla bencil olmayan, daima güvenilir, aşırı derecede yardımsever ve dürüsttürler. İkizler ve evlat edinilmiş kişiler üzerinde yapılan modern çalışmalar, bu farklı eğilimlerde genetik bileşenin hatırı sayılır bir katkısının olduğunu göstermektedir. Çocuk psikologlarının araştırmaları da yenidoğan ve çok küçük bebeklerdeki kişilik özelliklerinde farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu özelliklerin çoğu, ergenlik döneminde değişmeden kalır.[4]

Belirli bir özelliğin kalıtsal olduğunu göstermek çoğu zaman oldukça güçtür. Şaşırtıcı biçimde, kötü özelliklerin kalıtsallığını göstermek, iyi olanlarınkini göstermekten daha kolay görünmektedir. Darwin çok zengin ailelerde birkaç kuşak boyunca ortaya çıkan çalma hastalığı (kleptomania) vakalarını belirli etik dışı davranışların kalıtsallığı konusunda kesin kanıt olarak sunmuştur. Psikopatlarda sıklıkla genetik eğilimden söz edilebilmektedir. Dahası, alan hâkimiyeti kuran bütün hayvanlarda ve hemen hemen tüm primatlarda (belki de en az gorillerde) saldırganlığın evrenselliği, insanlarda da saldırganlığın doğuştan kazanılmış olduğu konusunda kuşkuya çok az yer bırakmaktadır. İnsanlar arasındaki korkunç cinayetlerin, aile içi istismar ve diğer şiddet eylemlerinin sıklığı, bu mirasın üzücü kanıtlarıdır. Darwin'in doğrulukla ifade ettiği gibi, "Kötü eğilimler soydan geçiyorsa, iyi eğilimlerin de geçmesi olasıdır" (1871:102).*

Ancak kalıtım her şey değildir. Doğum sırasının etkisi üzerine yapılan incelemeler, liderlik, yaratıcılık, tutucu eğilimler vs. gibi belirli kişilik özelliklerinin ne kadar esnek olduğunu göstermiştir.[5] "Ahlaki" özelliklerin hangilerinin kesinlikle doğuştan ol-

* A.g.e., s. 174.

duğunu, hangilerinin büyük ölçüde doğuştan sonra kazanıldığını doğru şekilde ayırt edebilmek, çok daha fazla araştırma gerektirecektir.

Açık davranış programı

Eğer bir çocuk kendi kültürünün etik sistemine bağlı olarak yetişecekse, hem o kültüre ait etik kuralların doğuştan gelen eğilimlerini kazanması ("doğa"nın katkısı) hem de bir dizi etik kuralla karşı karşıya gelmesi ("terbiye"nin katkısı) gerekmektedir. Çok sayıda çalışma, etik kuralların büyük ölçüde çocukluk ve gençlikte kazanıldığını göstermektedir. Waddington'un (1960) etologların çok iyi betimlediği, kaz yavrusunun annesine bağlılığı ile gösterilen, hayvanlardaki doğal tanımaya benzer özel bir öğrenme tipinin bulunduğu tezi bana oldukça ikna edici görünüyor.

İnsanlar, davranış programının ne derece açık olduğu açısından diğer bütün hayvanlardan farklıdır. Bununla anlatmak istediğim şey, davranışın amaçları ve bunlara gösterilen tepkilerin birçoğunun içgüdüsel olmadığı, yani kapalı bir programın parçası olmayıp yaşam boyunca kazanıldığıdır. Anne kazın geştaltının, yumurtadan çıktıktan sonra yavrunun davranış programına doğal tanımayla aktarılması gibi, insanların etik kuralları ve değerleri de bebeğin açık davranış programına yerleştirilir. Beynin büyümesi ve depolama kapasitesi, çevreye sınırlı sayıda değişmez tepki vermeye izin veriyordu. Bu kapasite yerini çok sayıda öğrenilmiş davranış kuralı depolama kapasitesine bıraktı. Bu durum çok daha fazla esneklik sağlar ve daha ince ayar yapılmasını olanaklı kılar. Waddington'un önerdiği gibi, "İnsan yavrusu muhtemelen, belirli özel inançları değil ama etik inançları kazanmak için doğuştan var olan belirli bir kapasiteye sahiptir" (1962:126).

Darwin bir şeyi erken yaşlarda zihne yerleştirmenin ne kadar önemli olduğundan haberdardı: "Beynin kolaylıkla etkilenebilir olduğu yaşamın ilk yıllarında, boyuna yinelenerek aşılanan bir

inancın hemen hemen bir içgüdü niteliğini kazandığı belirtilmeye değer."* Darwin'e göre, telkinin gücü sadece etik kuralların benimsenmesine yol açmakla kalmaz, aynı zamanda, birçok insan kültüründe bulunan bazı "anlamsız davranış kurallarının" sorgulanmadan kabul edilmesine de neden olur (1871:99-100).

Öğrenme üzerine çalışan psikologlar, belirli şeylerin diğerlerinden çok daha çabuk öğrenildiğini göstermişlerdir. Koku duyusu gelişmiş bir hayvan kokuları, görme duyusu gelişmiş bir hayvandan çok daha kolay öğrenir. Ya da bunun tersi söz konusudur. Eğer insansı tarihi boyunca belirli ahlaki kurallar belirli grupların hayatta kalma potansiyeline katkıda bulunmuşsa, bu gibi davranış kurallarının depolanmasını kolaylaştıran açık program içindeki yapının seçilmesi de tercih edilmiş olmalıdır. Bu bilginin beynin hangi bölgesinde depolandığı ve uygun koşullar altında nasıl hatırlandığı henüz bilinmemektedir.

Çocuk psikologları çocukların, normatif kurallar da dahil olmak üzere yeni bilgiler edinmeye ne kadar istekli ve bunları bütünüyle kabul etmeye ne kadar hazır olduğunu bilirler.[6] Bir kişinin değerler sistemi, büyük ölçüde onun gençliğinde bu açık davranış programına kattığı şeyler tarafından belirlenir. İnsanlardaki bu açık programın büyük kapasitesi etiği mümkün kılar. Ve çocuklukta atılan temel, normal koşullar altında ömür boyu kalır.

Waddington'un savı doğruysa, ilk dönemdeki etik eğitimi çok önemlidir. Çok yakın bir geçmişte, çocuğun sözde özgürlüğüne abartılı ölçüde önem verildiği ve kendi doğrularını geliştirmesine izin verildiği bir dönemden geçtik. Ahlak konusundaki çocuk kitaplarıyla alay ettik ve ahlak eğitimini okullardan uzaklaştırma eğilimi gösterdik. Ebeveynlerin rollerini doğru oynaması halinde bu durum az sorun yaratır, ancak ebeveynlerin bunu başaramadığı durumlarda sonuç felaket olabilir. Birey ahlakının kaynağını daha iyi anlamış olmamız ışığında, ahlak eğitimine tekrar daha fazla önem verme zamanı değil midir? Bu eğitimin mümkün olan en erken dönemde başlaması özellikle

* A.g.e., s. 172.

önemlidir. Küçük yaştaki çocuk, otoriteyi kabul etmeye en fazla istekli ve kurallar tarafından en kolay etkilenebilir durumdadır. İlkokulda günde yarım saat verilecek etik dersinin büyük etkileri olabilir. Kısa bir süre önce bir üniversite rektörünün vurguladığı gibi, etik derslerinin üniversitede verilmesinin etkisi çok daha az olacaktır.

Değerlerin değiştiği bir dönemden geçiyoruz ve yaşlı kuşağa mensup insanların çoğu, ahlaki değerlerin çöküşü nedeniyle büyük üzüntü içinde. Birileri bu çöküşün büyük ölçüde gençlerimize yönelik ahlak eğitiminin bozulmasından kaynaklandığını öne sürerse, böyle bir iddiayı çürütmek zor olacaktır. İyi bir ahlak eğitimi, bireye çocukluğundan itibaren kendi davranışlarının toplumun en üst standartlarına uyup uymadığını sorgulamayı öğreterek kendi davranışlarından sorumlu olduğunun farkındalığını güçlendirir. Davranış üzerine özdeğerlendirmeyle uygulanan bu güçlü baskı, genellikle kişinin vicdanı olarak ifade edilir.

Günümüzde etik üzerine yazılan eserlerin büyük kısmı, ümitsiz olmasa bile kötümserdir. Genetik belirlenimciliği savunanların çok etkilendiği ve onları umutsuzluğa iten şeytan, insanların saldırgan mirasıdır. İnsanlığın iyi mirasının, Lorenz'in (1966) deyişiyle "sözde-şeytanı" teslim aldığı bir dönemin gelip gelmeyeceği konusunda kaygılıdırlar. Çevresel etkilerin kalıtımdan daha baskın olduğuna inanan diğer kamptaki psikolog ve eğitimciler ise, en rasyonel sunumuna rağmen iyi ahlakın kazanılmadığı gerçeğiyle hayal kırıklığına uğruyorlar. Ancak her iki kesim de Waddington'un etik kuralların çocukluğun erken döneminde yerleştirilmesi ve bu eğitimin sürekli olması gerektiğini öne süren kuramını göz ardı etmektedir. Ahlak eğitiminin ne kadar başarılı olabileceği, Mormonlar, Mennonitler ve Yedinci Gün Adventistleri gibi düşük suç oranına sahip birçok dini toplulukta görülebilmektedir. Bu durum baştan başa düzeltilmek isteniyorsa yapılması gereken şey, ahlak eğitimini öne çıkarmak ve bunu mümkün olan en erken yaşta başlatmaktır.

Birçok okuyucu modası geçmiş görünen bu öneriye gülecektir. En ileri bilimin getirebildiği çözüm bu mu, diye sorabilirler. Açık olmak gerekirse, bu konuda çok ciddi olduğumu söylemeliyim. Okul kitaplarına bakıyorum, çocuk öykülerine ve birçok televizyon programına bakıyorum. Çoğunlukla eğlendirmek ve -eğitici yönleriyle ise- bilgiyi en zahmetsiz biçimde aktarmak üzere tasarlanıyorlar. Ahlak eğitimine rastlıyor muyuz? Nadiren ve sadece kamuya ait yayın organlarına konulan programlarda. Diğer yayınlarla karşılaştırıldığında bu yayınların toplamı devede kulak kalıyor. Bunun nedeni sorulduğunda alınacak cevap büyük olasılıkla, çocuğun beynini yıkamanın onun kişisel özgürlüğüne müdahale olacağı ya da ahlaktan söz etmenin eğlenceli olmadığı ve dolayısıyla para etmeyeceği olacaktır. Yüksek etik davranış standardının kazanılması için iradenin olmadığı bir kültürde buna nasıl ulaşılacağıyla ilgili şahsen bir fikre sahip değilim.

İnsanlığa En Uygun Ahlak Sistemi Nedir?

Yeni binyıla girerken, insanlığın uzun süredir karşı karşıya kaldığı savaşlar, hastalıklar ve besin darlığı gibi temel sorunların üstesinden giderek artan bir başarıyla gelinebiliyor. Buna karşın, sonuçta değerlerle ilgili bir dizi başka sorun önem kazanıyor. Bunlar arasında ailenin parçalanması, uyuşturucu sorunu, aile içi istismar ve diğer şiddet eylemleri, televizyon, video oyunları ve profesyonel sporlara bağımlılığın artmasıyla birlikte gerçek okur-yazarlığın azalması, önlenemeyen nüfus artışı, atıklar, doğal kaynakların tükenmesi ve çevrenin bozulması sayılabilir. Batı dünyasının geleneksel etik kuralları bugün yaşadığımız ve gelecekte de varlığını sürdürecek bu sorunların üstesinden gelmemize yardım edebilecek nitelikte midir?

Batı kültürünün geleneksel etik kuralları Musevi-Hıristiyan geleneğinden gelmekte, diğer bir ifadeyle Eski Ahit ve Yeni Ahit'te sözü edilen emir ve yasaklara dayanmaktadır. Kutsal metinlerde dile getirildiği şekliyle bu emirler mutlaktır. Örneğin

"Öldürmeyeceksin" emri, mutlak doğruluğa sahiptir. Bununla birlikte, çok acı çeken ölümcül bir hastayı yaşam-destek makinesinden çıkarmak merhametli bir eylemdir. Kürtaj için de aynı esneklik gösterilmelidir. İstenmeyen bir çocuk, mutsuzluk ve ihmal edilmişlikle yüz yüze kalacak ya da annesi tamamen çaresizliğe düşücekse, o zaman kürtaj kesinlikle daha etik bir seçenek olarak görünecektir. Yaşam konusunu bu tartışmaya dahil etmek de anlamsız görünüyor; çünkü bir biyolog olarak biliyorum ki her bir yumurta ve sperma da canlıdır.

Batı dünyasının geleneksel kuralları iki nedenden ötürü artık uygun değildir. İlk neden, bunların katılığıdır. İnsan ahlakının özünde, tercih yapabilme olasılığı ve doğru seçimi yapabilmek için karşıt etmenleri değerlendirebilmek vardır. Etik kurallar kültürümüzün bir parçası olmakla birlikte, bunları uygulama sorumluluğu kişiye aittir; kurallar çok katıysa, birey bunlara uymama kararı vermek zorunda kalabilir. Şu da unutulmamalıdır ki evrimsel sürecin özü çeşitlenme ve değişmedir, dolayısıyla etik kurallar değişen koşulların üstesinden gelebilmek için yeterli derecede çok yönlülük taşımalıdır. Etik kararlar çoğunlukla bağlamsaldır. Mutlak reçeteler etik ikilemleri her zaman çözmez ve katı biçimde uygulanırsa belli durumlarda etik olmayabilirler. Dahası, koşullara bağlı olarak, birden fazla olası çözüm bulunabilir ve en iyi sonuç farklı çözümlere aynı anda başvurmayı gerektirebilir.

İkinci neden, insanoğlunun gerçekten zorlayıcı ve hızla değişen koşullarda yaşıyor olmasıdır. Yakındoğu'nun kırsal alanında, 3.000 yıldan daha uzun bir süre önce yaşamış insanların benimsedikleri etik kuralların, aşırı nüfus artışı ve şehirleşmenin getirdiği problemleriyle modern kitle toplumu için uygun olmadığı her geçen gün kanıtlanmaktadır. Karasal koşullarda, kırsal bir yaşam süren insanlar için yararlı olan ahlaki standartlar, günümüzün büyük şehir merkezlerindeki yaşama uygun olacak standartlardan çok farklıdır. Simpson'ın (1969:136) doğru şekilde belirttiği gibi, "Kabile yaşamında, kırsal ya da diğer ilkel

koşullar altında başlayan tüm ahlak sistemleri, az ya da çok, günümüzün tümden farklı sosyal ve çevresel koşullarında uygulanabilir olmaktan çıkmıştır."

Bana öyle geliyor ki modern dünyamızın en az üç büyük ahlak sorunu Batı'nın geleneksel etik kurallarıyla doğru biçimde çözülemez. Bunların ilki Singer (1981:111-117) tarafından, "genişleyen halka" olarak adlandırılan sorundur. Sadece ilkel topluluklarda değil, Eski Ahit'te, Antik Yunanlılar'da ve hatta on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyılda Afrika ve Avustralya'daki Avrupalılar arasında yabancılara karşı kendi grup üyelerine uygulanandan tamamen farklı bir etik uygulanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde beyazlar bu davranışı özellikle Güney'de yakın bir süre öncesine kadar siyahlara karşı sergilediler. Güney Afrika'daki ırk ayrımcılığı, bu tip grup bencilliğinin günümüzdeki kalıntısıydı. Yirminci yüzyılın başlarındaki İngiltere'de olduğu gibi etnik olarak homojen toplumlarda bile dini gruplar, politik partiler, profesyonel gruplar, sosyal statüler vd. arasında fazilet, sadakat ve telkinler açısından farklılıklar vardı ve halen bulunmaktadır. Bu gibi farklılıklar gerilimlere ve zıtlaşmalara yol açmaktadır. Yasallaştırılmış etik kuralların, düşüncelerini daha rahat ifade edebilen daha üst sınıflarca belirlendiği durumlarda, bu kuralların daha alt sosyoekonomik katmanların ahlaki değerleriyle bir dereceye kadar çatışması mümkün olduğu için, bu durum özelikle geçerlidir. İlk Hıristiyanların çökmekte olan Roma İmparatorluğu'nun ahlaki değerlerine karşı isyan etmiş olmaları bunu açıkça gösterir.

Bir grubun halkası genişledikçe ve farklı etik sistemlere sahip gruplar kaynaştıkça, bu çatışmalar kaçınılmaz olmaktadır. Bunun nedeni her grubun kendi etik değerlerinin daha üstün olduğuna inanmasıdır. Bu sorunu görmek için, sadece modern bir Amerikalı ile köktendinci bir Müslüman'ın kadın haklarına yönelik tutumları arasındaki farkı, ya da kendi ülkemizde belirli dini gruplarla feminist grupların kürtaj konusundaki farklı duruşlarını düşünmek yeterlidir. Tüm bu güçlüklere rağmen gele-

cekteki etik farklı gruplara ait değerler çatıştığında çözümün nasıl üretileceğini göstermek zorundadır.

Günümüzdeki ikinci büyük etik sorunu, benmerkezcilik ve birey haklarına gösterilen aşırı dikkattir. Kendi toplumumuzdaki "genişleyen halka" özellikle azınlıkların ve kadınların meşru eşitlik mücadelesini doğurmuştur, ancak istenmeyen bazı yan etkileri de beraberinde getirmiştir. Martin Luther King Jr. kendi taraftarlarına, tüm hakların zorunluluklarla birlikte olması gerektiğini hatırlatan belki de tek özgürlük savaşçısıdır. Aşırı özseverliğimizin çok sayıdaki köklerinden bir kısmını şöyle sıralayabiliriz: Kitle toplumu, Freud öğretisi, birey haklarına önceleri saygı gösterilmemesine duyulan tepki, politikacının seçmenin oyu için bireye yönelmesine dayanan bir politik sistem ve tektanrılı dinlerin bireysel ahlak üzerinde durmaları. Bireysel ahlak ile toplum ahlakı arasında bir seçim yapmak zorunda kalındığında, neredeyse istisnasız olarak ciddi ikilemler doğmaktadır. Bu, doğum kontrolü, çevreyi geliştirmek için koyulan vergiler ve çözümü olanaksız derecede aşırı nüfusa sahip ülkelere yapılan insani yardımlarla ilgili tartışmalarda görülebilir.

Günümüzdeki üçüncü büyük etik sorunu, bir bütün olarak doğaya karşı sorumluluğumuzun farkındalığıyla ilgilidir. Ekonomik büyüme ve nüfus artışı, Batı'nın değerler sisteminde çok fazla öne çıkarıldı. Toplumu etkileme gücüne sahip belirli kişiler (örneğin Nobel Ödülü sahibi ekonomist F. Hayek ve son Papa) bile aşırı nüfus artışının getirdiği tehlikeyi görememişlerdir. Bu tehlikeyi daha ne kadar göz ardı edebileceğimizi bilemiyorum. Çin ve Singapur gibi bazı ülkeler birçok Batılı hümanisti kızdıran bir kısım kişisel hakların kaybına yol açmasına rağmen etik değerleri yeniden düzenleyerek bu sorunu cesaretle ele aldılar. Diğer kalabalık ülkeler Çin ve Singapur örneklerini ne kadar çabuk izlerlerse, kendileri, türümüz ve üzerinde yaşadığımız gezegen için o kadar iyi olacaktır.

Yaşadığımız ikilem, geleneksel olanlar ile yeni keşfedilen değerler arasındaki çelişkidir. Sınırsız üreme ve doğanın istismarı,

gelecek kuşakların gereksinimleri ve tehdit altındaki milyonlarca bitki ve hayvan türünün var olma hakkıyla çelişiyor. İnsan özgürlüğü ile doğal dünyanın esenliğine duyulan saygı arasındaki uygun denge nerededir?

İnsanoğlunun bir bütün olarak doğaya karşı sorumluluk taşıması oldukça geç ortaya çıkmış bir etik kavram olarak görünüyor. Bu kavram çoğu dinde ve diğer etik sistemlerinde garip bir şekilde yer almamaktadır. Aldo Leopold, Rachel Carson, Paul Ehrlich ve Garret Hardin Birleşik Devletler'de koruma ya da çevre etiği konusunda yakın tarihte öncü rol oynadılar. Ancak bu modern Amerikalıların etik olarak değerli kabul ettikleri şeylerin pek çoğu, belirli kişilerin kısa vadeli çıkarlarıyla çatıştığı için tepki görmektedir. Oysa, insan türü ve doğal yaşam bütün olarak bir geleceğe sahip olacaksa, topluma ve tüm canlılara duyduğumuz saygı adına, mevcut değerler sistemimizdeki bencil eğilimleri azaltmak zorundayız. Bu yüzden sürekli büyüme idealinden vazgeçilmesi, bunun yerine yaşam standartlarımızın düşmesine neden olsa da, istikrarlı ekonomik durumu koruma idealinin konulması gerekmektedir. Kırsal ya da tarım toplumundan şehirleşmiş kitle toplumuna dönüşüm, değerlerimizde önemli değişiklikler gerektiriyor. Aynı durum, seyrek yerleşimli bir dünyadan çok kalabalık devasa şehirleriyle modern endüstriyel dünyaya geçiş için de geçerlidir. Bizler uyum gösterebilen bir tür olarak kalacaksak, geleceğin etik kuralları bu problemler ortaya çıktıkça evrimleşmek için yeterince esnek olmak zorundadır.

Yeni çevre etiğinin temel kuralı, kişinin diğer bir kişinin çevresine (kelimenin en geniş anlamıyla) gelecek kuşakların yaşamını daha zorlaştıracak hiçbir şey yapmamasıdır.

Yapılmaması gerekenler arasında, yenilenemeyen kaynakların kayıtsızca tüketilmesi, doğal alanların yok edilmesi ve aşırı nüfus artışı yer almaktadır. Bu kural bencil düşüncelerle kaçınılmaz olarak çeliştiği için uygulanması zor bir kuraldır. Tüm insanlığın bu çevre etiğini kavraması için çok uzun bir eğitim

süreci gerekiyor. Bu eğitim ilk çocukluk döneminde, çocuğun hayvanlara karşı doğal bir ilgi duyduğu yaşlarda başlamalı ve çevresel değerlerin güçlendirilmesi için hayvanların davranışları ve yaşama ortamları çocuğa öğretilmelidir.

Bir evrimcinin benimsemesi gereken özel bir etik var mıdır? Etik çok özel bir konu ve kişisel bir tercih meselesidir. Benim değerlerim Julian Huxley'in evrimsel hümanizmasına oldukça yakındır. "Bu, insanlığa duyulan bir inanç, insanlıkla dayanışma duygusu ve insanlığa gösterilen sadakattir. İnsanoğlu, milyonlarca yıllık evrimin sonucudur ve bizim en temel etik ilkemiz insanlığın geleceğini güçlendirmek için her şeyi yapmak olmalıdır. Diğer bütün etik kurallar bu temelden türetilebilir."

Evrimsel hümanizma, çaba ve özveri gerektiren bir etiktir; çünkü her bireye türümüzün geleceği için bir şekilde sorumluluk düştüğünü söyler. Daha büyük gruba karşı duyulan bu sorumluluk, bireye verilen önem gibi kültürel etiğimizin bir parçası olmalıdır. Her kuşak sadece insan gen havuzunun değil, kırılgan dünyamızdaki bütün doğanın kendi dönemindeki koruyucusudur.

Evrim bize On Emir'dekiler gibi sistemleştirilmiş etik kurallar sağlamaz. Evrimin bize verdiği şey kişisel gereksinimlerimizi büyük grubun gereksinimlerini dikkate alarak mümkün kılabilecektir. Evrimin anlaşılması, sağlam bir etik sistemi için temel işlev görecek bir dünya görüşü kazandırır. Bu etik sistemi, sağlıklı bir insan toplumunun sürekliliğini ve dünyaya insanlarca korunmuş bir geleceği sağlayabilecektir. [7]

Teşekkür

Bu geniş kapsamlı kitabın tamamlanmasında birçok meslektaşımdan büyük yardım ve cesaret aldım. Walter J. Bock müsveddenin ilk ve son versiyonlarını tümden okuyarak çok sayıda değerli öneride bulundu. Bazı bölümler David Pilbeam ve Richard Alexander'ın eleştirileriyle oldukça zenginleşti. Rehberliğe en çok bilim felsefesi alanında gereksinim duydum. Pratiğin içindeki bir bilim insanının, çeşitli epistemoloji ekolleri arasındaki, genellikle fikir ayrılığı taşıyan tartışmaları takip etmesi kolay değildir. Profesör Adolf Grünbaum ve Profesör John Beatty daha önceleri anlamadığım birçok konuyu bana sabırla açıkladılar. David Hull, Michael Ruse ve Robert Brandon'dan da değerli tavsiyeler aldım. Bunların bir kısmı yer darlığı nedeniyle kitaba dahil edilemedi. Sözünü ettiğim arkadaşlarımın hepsine müteşekkirim.

Yazdıklarımın büyük bir kısmı Güney'e yaptığım kış gezileri sırasında yazıldı. Birkaç yıl için beni misafir araştırıcı olarak kabul eden Panama'daki Smithsonian Tropikal Araştırma Enstitüsü (STRI) Müdürü Dr. Ira Rubinoff'a en içten şükranlarımı ifade etmek isterim. Dr. John Fitzpatrick ve ekibine, Lake Placid, Florida'daki Archbold Biyoloji İstasyonu'nda benim konuğum oldukları için teşekkür ediyorum. Profesör Karl Peters ve Profesör Dan DeNicola'ya Winter Park, Florida'daki Rollins Koleji'nin Felsefe ve Din Bölümü'nde çalışma olanakları sağladıkları, Rollins Koleji Başkanı Rita Bornstein'e 1995 yılında Johnston Ziyaretçi Bilim İnsanı Bursu'nu kullanmamı sağladığı ve gösterilen misafirperverlik için tekrar teşekkür etmek isterim.

Son sekreterim fedakar Walter Borawski, müsvettenin önceki hazırlık aşamalarında da olduğu gibi yapıcıydı. Onun bece-

rikli ve çalışkan halefi olarak Lisa Reed'in varlığından dolayı son derece şanslıydım; sadece metnin çok sayıda versiyonunu temize çekmek ve bibliyografyanın büyük bir bölümünü derlemekle kalmadı, konu indekslerini titiz bir şekilde hazırlayarak bölümlerdeki çakışmaların ortadan kaldırılmasında da yardımcı oldu. Chenoweth Moffatt son versiyonu tape etti, bibliyografyayı tamamladı ve metni yayıncıya hazır hale getirdi. Bütün yardımcılarıma akılcı ve inançlı desteklerinden ötürü çok büyük şükran borçluyum.

Harvard Üniversitesi Yayınları personeline, her zamanki gibi kitabın basımında en yüksek kaliteyi tutturabilmek için gösterdikleri çabadan ötürü teşekkür ederim. 1982'den beri editörlüğümü yapan ve geçen yıllar boyunca sunduğu fikir ve önerilerin bu kitabın organizasyonu ve okunabilirliğine büyük katkısı olan Susan Wallace Boehmer'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Biyoloji Budur'un sadece biyolojinin değil, bir bütün olarak bilimin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunması en büyük dileğimdir. Bu ülkenin ve tüm dünyanın gelecekte birlikte yaşamak zorunda olacağı değer yargıları geliştireceksek, bu zorunludur.

Cambridge, Massachusetts
Eylül 1996

Notlar

I. Bölüm: "Yaşam"ın Anlamı Nedir?

1. "Akıl" ya da "bilinç" sözcükleri "canlı" sözcüğü yerine kullanıldığında, araştırma daha da sonuçsuz hale gelmektedir. Bu yerine kullanma, insan yaşamı ile hayvanların yaşamı arasında bir ayrımı ortaya koyabilmek için yapılıyordu, ancak akıl ve bilincin hayvanları dışta bırakıp sadece insanlara uygulanabilecek tanımlamalarının olmamasından ötürü, bu ayrımın yetersiz bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.
2. Geçen yüzyılda canlılığı ya da yaşamı tek bir cümlede tanımlamak için bir kısmı fizyolojiyi diğerleri genetiği temel alan pek çok girişim olmuştur, ancak bunların hiçbiri tam anlamıyla yeterli değildir. Bununla birlikte canlılığın tüm yönleri gittikçe daha doğru ve daha tam olarak betimlenmiştir. "Canlılık, bir genetik program tarafından kontrol edilen, kendiliğinden-yapılanmış sistemlerin etkinliklerinden oluşur," denilebilir. Rensch'in (1968: 54) tanımı şöyleydi: "Canlı organizmalar yaygın olarak bulunan organik moleküllerden oluşan, hiyerarşik düzene sahip, açık sistemlerdir. Hücrelerden oluşan bu bireyler kesin sınırlamalara tabi ve kısıtlı ömür uzunluğuna sahiptirler". Sattler'e (1986: 228) göre ise canlı sistem şöyle tanımlanabilir: "Kendi kendine çoğalabilen, kendini düzenleyebilen, bireysellik gösteren ve çevreden enerji sağlayan açık sistem." Bu ifadeler birer tanımlamadan çok betimlemedir; gereksiz kısımlar içermekte ve canlı organizmaların belki de en tipik özelliği olan genetik programa değinmemektedirler.
3. Tarihçiler Maier (1938) ve Dijksterhuis (1950, 1961) Eski Yunanlılar'dan "Karanlık Çağlar"a, skolastik felsefeden Copernicus, Galileo ve Descartes'ın temsil ettiği Bilimsel Devrim'in başlarına kadar gerçekleşen aşamalı değişimi gayet güzel açıklamışlardır. Bu tarihçiler bu gelişim üzerindeki çok yönlü etkileri ve Eski Yunan geleneğinin süregelen yönlerini saptamışlardır. Bunlar arasında örneğin, "her yerde olguların değişkenliğinin arkasındaki değişmez olanın izini sürmek için klasik fizik biliminin ısrarlı çabası," yani özcülük vardır (Dijksterhuis 1961: 8). "Tüm felsefenin [yani Platon felsefesinin] temel düşüncesi bizim tarafımızdan algılanan şeylerin, ideal biçimlerin ya da düşüncelerin kopyaları, taklitleri ya da yansımaları olduğudur" (Dijksterhuis 1961: 13). Bu fikirlerin geliştirilmesinde Platon'un etkisi şüphesiz Aristoteles'inkinden fazla olmuştur. "Bilimin matematikleştirilmesinin başlangıç noktası ... Pythagoras ilkesini gayretli bir şekilde destekleyen" Platon'du. "Platon, âlemin bedenini âlemin ruhu ile kuşatarak kozmosu canlı varlık haline getirir" (Dijksterhuis 1961: 15).
4. Aslına bakılırsa bu, Descartes'ın sonuca varmak için izlediği yolun oldukça basitleştirilmiş bir sunumudur. Bitkilerin besleyici ruha, hayvanların duyusal ruha ve yalnızca insanların akılcı ruha sahip olduğu düşüncesi skolastik felsefecilerin de kabul ettiği Aristoteles öğretisine kadar iner. Maddi tözün hayvanların duyusal ruhuna ait olduğu, akılcı ruhun ise ölümsüz olduğu düşünülüyordu. Hayvanların duyusal ruhunun kapasitesi, duyu algılamaları ve hafıza ile sınırlandırılıyordu. Tartışmalarında açıkca görüldüğü gibi Descartes'm (akılcı) ruh olarak nitelediği şey, "özne ile düşünce nesnesinin zihinsel bilinçliliği"dir. Hayvanlara akılcı düşünme kapasitesinin atfedilmesi, onlara aynı zamanda ölümsüz bir ruhun verilmesi anlamına gelecekti ve böylece ruhlarının cennete gideceğine inanmak gerekeceğinden bu önerme Descartes için de kabul edilemezdi. (Anlaşılan o ki, aynı zamanda insanların ruhları için de

bir cennetin olmayabileceğine dair ateist düşünce Descartes'ın aklına hiç gelmemişti.) Descartes'ın düşüncesi sonuçta hayvanlarda ruhun varlığını dışlayan ve bunu düşünüp akıl yürüten insanlarla sınırlayan, töz ve özün skolastik tanımlarına dayanıyordu. Bu yargı, ölümsüz ruha sahip hayvanların ölümden sonra cennete gideceklerine dair kabul edilemez olasılığı ortadan kaldırıyordu (Rosenfield 1941: 21-22). On yedinci yüzyılda Avrupa'da hayvanların ruha sahip olduğunu reddetmek, aynı zamanda, o dönemde hâlâ geniş ölçüde yaygın olan bir ruh, bir anima ya da bir *vita mundi*'nin tüm evrene yayıldığı inancının reddini beraberinde getiriyordu.

5. Mekanikçi sözcüğü on dokuzuncu yüzyıl boyunca ve yirminci yüzyılın bir kısmında iki farklı anlamda kullanılıyordu. Bir taraftan, hiçbir doğaüstü gücün varlığını kabul etmeyenlerin bakış açılarına işaret ediyordu. Örneğin Darwinciler için bu, herhangi bir kozmik teleolojinin varlığının reddi anlamına geliyordu. Bununla birlikte, diğerleri için mekanikçi sözcüğünün temel anlamı, organizmalar ile cansız madde arasında herhangi bir fark olmadığına, yani yaşama-özgü süreçler gibi bir şeyin olmadığına ilişkin inançtı. Fizikçiler için mekanikçi sözcüğünün temel anlamı buydu.
6. Nägeli (1845: 1) bunun, "genel olarak, mutlak olarak ve bir devinim biçiminde ifade edilen" bir açıklamadaki özel terimlerle önerme haline getirilmesinin zorunluluğunu belirtir. Roux 1915'i izleyen Rawitz yaşamı, "moleküler hareketlerin özel bir biçimi ve yaşamın tüm belirtilerini de bu hareketlerin değişkeleri" şeklinde tanımlar.
7. Driesch (1905) gibi dirimselciler tarafından yazılan ya da dirimselcilikte hiçbir iyi taraf görmeyen karşıt cephedekilerce kaleme alınan tarih kitaplarının önemli bir kısmı tek taraflıdır. Belki de en açıklayıcı olanlar Hall'in yazdıklarıdır (1969, 28-35. bölümler). Blandino'nun (1969) yaklaşımı Driesch üzerine yoğunlaşır ve Cassirer ise (1950) yine Driesch, onun taraftarları ve karşıtları üzerine odaklanır. Jacob (1973) dirimselciliğin yazgısını canlıcılığa kadar inerek dengeli ve özlü bir şekilde sunar. Bununla birlikte, dirimselciliğin tarihini daha kapsamlı ve gerçekten dengeli bir biçimde anlatan bir eser henüz bulunmamaktadır.
8. Lenoir'nın (1982) doğru bir biçimde işaret ettiği gibi.
9. "Aslında dirimselciliğin çeşitli biçimleri mekanikçi biyolojideki Kartezyen programın Newtoncu yollarla meşru uzantılarını temsil etmektedir" (McLaughlin 1991).
10. Müller'in Lebenskraft kavramının genetik program kavramına ne kadar da benzediği birkaç alıntıyla belgelenebilir: "[Müller'in] Lebenskraft'ı tüm organlarda belirli bir plana [program] göre tüm olayların neden ve baş etkeni olarak iş görür" (DuBois-Reymond 1860: 205). Lebenskraft'ın parçaları, "bütünü temsil ederek, üreme sırasında hiçbir kayba uğramadan her üreme hücresine aktarılır ve çoğalmaya başlayana kadar orada uykuda kalır" (a.g.e.). Müller'in sıraladığı Lebenskraft ilkesinin dört temel niteliği aslında genetik programın özellikleridir: (1) Belirli bir organda konumlanmamış olması, (2) çok sayıda parçaya bölünebilmesi ve parçaların her birinin bütünün özelliklerini taşımaya devam etmesi, (3) herhangi bir kalıntı bırakmaksızın ölümle birlikte yok olması (ayrılan bir ruhun olmayışı) ve (4) bir plana göre hareket etmesi (teleonomik özellikler taşıması). J. Müller'in inançlarını oldukça ayrıntılı biçimde açıkladım. Bunun amacı Müller'i bilim-dışı bir metafizikçi olarak karalayan DuBois-Reymond gibi fizikselcilerin erekçi yaklaşımlarını onarmaktır.
11. Von Uexküll, B. Dürken, Meyer-Abich, W. E. Agar, R. S. Lillie, J. S. Haldane, E. S. Russell, W. McDougall, DeNouy ile Sinnott adları anılması gereken, yirminci yüzyıl başlarındaki pek çok dirimselciden sadece birkaçıdır. Ghiselin (1974); W. Cannon, L. Henderson, W. M. Wheeler ve A. N. Whitehead'i gizli dirimselciler olarak tanımlar.
12. Goudge (1961), Lenoir (1982). Darwin'in doğal seçilim düşüncesine karşıtlık, dirimselci tartışmalarda sık rastlanan bir öğeydi. (Driesch 1905).
13. Bu düşünce C. F. Wolff'tan (1734-1794) başlayarak, daha biçimli öğeleri ortaya çıkaran farklılaşmamış temel bir madde fikrine dönüştü. F. Dujardin (1801-1860)

bunu ilk kez betimledi (1835) ve "sarkoit" adıyla uygun bir biçimde tanımladı. Mikroskopla inceleme yönteminin gelişmesiyle, bu madde giderek daha fazla ilgiyi üzerine çekti. Purkinje 1840'ta bu madde için "protoplazma" terimini önerdi. 1869'da T. H. Huxley için protoplazma yaşamın fiziksel temeliydi. Sitoplazma terimi, Kölliker tarafından, çekirdeğin dışındaki hücresel malzemeyi ifade etmek için ortaya atıldı.

14. Her ne kadar organikçilik sosyologlar için biyologlara ifade ettiğinden bambaşka bir anlam içerse de, aslında terimin kullanımı sosyal bilimlerde Comte'a kadar geriye gider. Bertalanffy (1952: 182) bütüncü bir yaklaşıma ilgi duyduklarını açıklayan otuz kadar yazarın listesini vermiştir. Oysa bu liste oldukça eksiktir ve Lloyd Morgan, Smuts ve J. S. Haldane'nin isimlerini bile içermemektedir. F. Jacob'un (1973) integron kavramı, organikçi düşünceyi destekleyen, etraflıca tartışılmış bir kavramdır.
15. Woodger (1929) organikçi bakış açısını destekleyen biyologların etkileyici bir listesini verir. Örneğin, bu listede yer alan E. B. Wilson (1925: 256), "Hücre etkinlikleriyle en yüzeysel tanışma bile bize şunu gösterir ki, [hücrenin kimyasal bir makine olarak izahı] hiçbir şekilde kaba mekanikçi anlamda ele alınamaz -hücre ile en karışık yapay makine arasındaki farklılık o kadar büyüktür ki, bu ikisi arasında mevcut bilgilerle benzerlik kurmak mümkün değildir ... Modern araştırmalar hücrenin organik bir sistem olduğu ve bir çeşit düzenli yapı ya da organizasyonu içerdiğini kabul etmek zorunda olduğumuz gerçeğini giderek artan biçimde ortaya koymaktadır" diyordu. Bütüncü düşüncenin özellikle gelişim biyologlarınca her zaman benimsenmiş olması sürpriz değildir. C. O. Whitman, E. B. Wilson ve F. R. Lillie'nin yazılarında bunu açıkça görürüz. Haraway (1976) bir kitabının önemli bir kısmını üç embriyologun, Ross Harrison, Joseph Needam ve Paul Weiss'm organikçiliğine ayırmıştır. İlginçtir ki Harrison ortaya çıkmayı metafizik bir ilke olarak kabul etmiş ve dolayısıyla Lloyd Morgan'ı bir dirimselci olarak değerlendirmiştir. 1925 sonrası dönemin birçok biyoloğu gibi o da, görelilik kuramı, Bohr'un tamamlayıcılık ilkesi, kuantum mekaniği ve Heisenberg'in belirsizlik ilkesi gibi yeni keşfedilen fizik ilkelerinin biyoloji ve fizikte eşit derecede geçerli olduğunu düşünmüştür.
16. Nagel (1961) biyoloji alanındaki bir mekanikçiyi, "tüm yaşam olgularının fizikokimyasal terimlerle açık bir şekilde ortaya konulabileceğine, yani başlangıçta canlı ile cansız arasındaki ayrımın rol oynamadığı araştırma alanları olan fizik ve kimya için geliştirilmiş kuramlarla ve fizik ve kimyaya aidiyetine göre sınıflandırılmış ortak kabuller üzerinden açıklanabileceğine inanan kişi" olarak tanımlıyordu. Böylesine indirgemeci bir yaklaşım Nagel'ın tüm açıklamalarında görülmektedir.
17. Örneğin, "Bütüncülük, kesin nitelik arz eden ve evrendeki tüm nitelikleri ortaya çıkaran ve bu nedenle kozmik gelişmenin tüm seyriyle bağlantılı sonuçları ve açıklamaları doğuran belirli bir eğilimdir" (1926: 100). Smuts'ın sunduğu şekliyle bütüncülüğün yaygın biçimde, daha çok metafizik bir kavram olarak kabul edilişi şaşırtıcı değildir.
18. Bütünleşme düzeyleri konusu, özel bir sempozyum kitabında ayrıntılı olarak tartışılmıştır (R. Redfield, 1942).
19. Özellikle sık düşülen bir hata her bütünleşme düzeyinin evrensel bir olguymuş gibi değerlendirilmesidir. Düzeylerle ilgili böyle bir durum söz konusu değildir. Moleküllerden organizma-üstü düzeye kadar her integron tektir. Bu açıklama ile Navikoff'un (1945), "her düzeyin kendine özgü özelliklerini betimleyen yasalar niteliksel olarak farklıdır ve bu yasaların keşfi her düzeye özel, uygun araştırma ve inceleme yöntemlerini gerektirir" cümlesi arasında bir uyuşmazlık yoktur. Bu durumda önermeyi "her düzey" ibaresinin yerine "her integron" ibaresini koyarak da okuyabiliriz. Modern bir evrimci, yeni ve daha üstteki bir düzeyi temsil eden, daha kompleks bir sistemin oluşumunun tamamen varyasyon ve seçilimle ilgili bir konu olduğunu söyleyecektir. Burada Darwinci ilkelerle bir çelişki söz konusu değildir.

II. Bölüm: Bilim Nedir?

1. Bu literatür Whewell'le (1840) başlamış ve Nagel (1961), Popper (1952) ve Hempel'in (1965) klasik açıklamaları yanı sıra, daha yakın zamanda Laudan (1977), Giere (1988) ve McMullin'in (1988) çalışmalarıyla zenginleşmiştir; oldukça geniş bir ek literatür bu kitaplarda listelenmiştir. Burada adı geçen yazarlar ve daha birçokları bu soruya net bir cevap bulmaya çalışmışlardır. Pearson'a (1892) göre bilimi tanımlayan şey, aynı metodolojinin paylaşımıdır. Ancak bu ölçüt, daha ileride göreceğimiz gibi, tüm gerçek bilimlerin aynı zamanda, söz gelimi nesnellik gibi belirli ilkeleri paylaştığına ilişkin çok önemli kabulü gözden kaçırmaktadır.
2. Nagel (1961: 4). Şüphesiz bilimin ne olduğunu ve bilim insanının ne yaptığını tanımlamak özlü ve evrensel kabul görebilecek bir tanımı bulmaktan daha kolaydır. Tanımlara örnek vermek gerekirse: "Bilim, kafa karıştıran ve bu nedenle insanların merakını çeken şeyleri araştırır", "Bilimin amaçları, nedenleri tahmin etmek, kontrol etmek, anlamak ve keşfetmektir" (Beckner 1959: 39) ya da "Bilim, açıklayıcı ilkeler temelinde bilginin örgütlenmesi ve sınıflandırılmasıdır" (Nagel, 1961: 4). Diğer bazı tanımları şöyle sıralayabiliriz: "Bilim, açıklayıcı ilkeleri temel alıp tüm bulguları daimi ve eleştirel bir sınamaya tabi tutarak dünya kavrayışımızı artırma çabasıdır" (Mayr, müsvedde), ya da "Deneysel bilimin iki temel amacı vardır: Deneyim dünyamızdaki belirli olguları betimlemek ve bu olguların hangi yollarla açıklanabildikleri ve bunlar üzerine ne şekilde tahmin yürütülebildiği üzerinden genel ilkeler oluşturmaktır" (Hempel). Diğerleri: "Bilim, tümüyle nesnel veri ve mantığa dayanan insan zekâsının tüm faaliyetlerini ve aynı zamanda kuramların sınırsız şekilde sınanabilirliğini kapsar," ya da bilim, "gözleme dayanan, doğrulamaya ya da çürütmeye açık, doğrudan ya da dolaylı ve açıklamayla tahmin yürütmede kullanılabilecek mantıklı genel hükümlerdir" ya da, "açıklayıcı ilkeler temelinde bilginin örgütlenmesi ve sınıflandırılmasıdır."
3. Bilimsel problemlerin niteliği konusunda ayrıntılı bir tartışma için bkz. Laudan (1977).
4. Bkz. Hall (1954).
5. Bkz. Mayr (1996).
6. Alman felsefeci Windelband (1894), Almanca 'bilim' karşılığı kullanılan Wissenschaft (beşeri bilimleri de içerir) teriminden hareketle iki çeşit bilim tanımı öne sürmüştür. Windelband'ın kullandığı terminoloji yasa koyucu (nomotetik), yani soyut evrensel ilkeleri araştıran doğa bilimlerini, genel ilkeler ve yasalarla değil, bireysel, özel, kendine has koşullarla ilgilenen ve bu koşullarla açıklanabileni araştıran (ideografik) beşeri bilimlerden ayırmayı ifade ediyordu. Bu savın da geçersizliği ortaya çıktı çünkü biyoloji onun sınıflandırmasının tamamen dışında kalıyordu. Biricik ve tekrarlanmayan olgularla ilgilenen ideografik bilimler tanımlaması beşeri bilimler içindi, fakat bu betimleme Nagel'in (1961: 548-549) doğru bir biçimde gösterdiği gibi pek çok doğa bilimine ve özellikle evrimsel biyolojiye aynı şekilde uymaktadır. "Bilim" ile beşeri bilimler arasındaki karşıtlığın Snow ve Windelband'ın düşündüğü kadar kesin bir karşıtlık olmadığını şimdi kavramış bulunuyoruz. Bu yeni bakış açısı bir dizi değerlendirmenin neticesidir: (1) Hem fizikselci bilim felsefecileri hem de beşeri bilimcilerin geleneksel olarak "bilim" terimiyle belirttikleri, bilimlerden sadece biri olan fizikti, (2) katı belirlenimcilik ve evrensel yasaların karşı konulmaz önemine olan inancın erozyona uğraması, bilim (hatta fiziki bilimler de dahil) ile beşeri bilimler arasında mutlak karşıtlığı büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır, (3) söz konusu biyoloji ve özellikle evrimsel biyoloji olunca, bilimin bir parçası doğa bilimleri ile beşeri bilimler arasında köprü oluşturmaktadır, (4) tuhaf bir şekilde çoğu fiziki bilim dalının ihmal ettiği tarihsel süreçler bilimsel inceleme için uygundur ve bilimin sınırları içinde görülmelidir.
7. Stern'in (1965: 773) duyarlı öğüdünü dinleyen, hayal kırıklığına uğramış araştırıcısını hatırlatmak isterim: "Kişisel zaaflar araştırıcının karşısına ne tür tehlikeler çıkarırsa çıkarsın, o bunları aşabilir. Kendisini evrenin gizlerini düşünmeye yönelten gençlik heyecanını sürdürebilir. Keşiflerde pay sahibi olmanın olağanüstü ayrıcalığı

için şükran duymaya devam edebilir. Geçmişte yaşamış ya da kendi döneminde yaşayan diğer insanların yaptığı buluşlardan sürekli mutluluk duyabilir. Ve insan yaşamının gerçekleşmesinin tek başına büyük bir zafer değil yolculuğun kendisi olduğuna dair zor dersi çıkarabilir."

8. Bkz. Hull (1988).
9. "Daha önce hiçbir insan gözünün ya da aklının fark etmediği bir doğa olgusunu görmek, herhangi bir alanda yeni bir gerçeği keşfetmek, geçmiş tarihe ait bir olayı açığa çıkarmak ya da gizli bir ilişkiyi anlamak, böyle deneyimler bunları yaşayan şanslı kişi için bir yaşamboyu mutluluk kaynağıdır" (Stern 1965: 772). Birçok bilim insanı biyografilerinde ya da diğer yazılarında, araştırmanın verdiği hazzı övmüştür (Shropshire 1981).

III. Bölüm: Bilim Doğal Dünyayı Nasıl Açıklar?

1. Mayr (1964a, 1991) ve Ghiselin(1969)
2. Kitcher (1993) tarafından dile getirildiği gibi, bilim felsefesi "hipotezlerin kanıtlarla doğrulanması, bilimsel yasa ve kuramların niteliği ve bilimsel açıklamaların özellikleri gibi konular üzerine odaklanarak iyi bilimi incelemeye çabalar."
3. Burada bir bilim felsefesi tarihi sunmayı amaçlamıyoruz. Bu alanda oldukça zengin bir literatür bulunmaktadır ve ben de felsefe eğitimi almış biri değilim. Konuyu ele alışım daha çok, pratiğin içindeki bilim insanının bakış açısını yansıtmayı amaçlıyor.
4. Bkz. Ghiselin (1969).
5. Bkz. Laudan (1968).
6. Doğrulamaya katkıda bulunduğu iddia edilen yöntemler arasında en az güvendiğim yöntem benzetmedir. Ne zaman birisi bir tartışmayı karşılaştırmalara başvurarak kazanmaya çalışsa kuşku duyarım. Gerçekte benzetmeler neredeyse daima hatalı sonuçlara götürür; gerçek durumla bir eşyapılılık göstermezler. Benzetme bazen yarar sağlayan öğretici bir araç olabilir; alışılmadık bir şeyi tanıdık bir durumla karşılaştırarak açıklamamız mümkün olur. Bununla birlikte, bir tartışmada hiçbir zaman kesin kanıt olarak kabul edilemez.
7. Normal olarak bir kuram, daha iyi bir başkası kendi yerini alana kadar varlığını sürdürür. Bununla birlikte çok az sayıdaki istisnai durumda, daha önceki bütün kuramlar kesinlikle çürütülmüş olmasına rağmen, hiç kimse bunların yerine geçecek kabul edilebilir bir kuram önerememiştir.
8. Bkz. Van Fraassen (1980).
9. Diğer anlam bilimciler, kabul edilen görüşte olduğu gibi kuramların matematiksel mantık içinde belitleştirilmesinden (axiomatization) çok kümeler kuramı (ne anlama geliyorsa) içinde şekillendirildikleri konusunda ısrarlıdırlar. Kabul edilen görüş "modeller" kullanır. Bunlar, "son derece soyut ve uygulanacakları deneysel olgulardan fazlasıyla uzak, dilbilimsel olmayan birimlerdir" (Thompson 1989: 69). Kuramlar bir modeller sınıfını tanımlar, yasalar ise bir sistemin davranışını belirler. Bu terminolojideki sorun, kümeler kuramı kavramı açısından bir modelin, pratiğin içindeki çoğu biyoloğa yabancı olmasıdır. Örneğin ben, tüm bir klasik evrim literatüründe bir kez bile model terimine rastladığımı hatırlamıyorum.
10. Ne mutlu ki felsefe alanının dışındakiler için bu açıklayıcı çabaların tarihini mükemmel bir biçimde anlatan bazı kaynaklar bulunmaktadır (örneğin, Suppe 1974; Kitcher ve Salmon, yay. haz., 1989).
11. Buluşu dışta bırakan felsefenin doğrulama konusundaki bu dar bakış açısı, Peirce (1972), Hanson (1958), Kuhn (1970), Feyerabend (1962, 1975), Kitcher (1993) ve diğer felsefeciler tarafından eleştirilmektedir.
12. Laudan (1977: 198-225) bu çatışmanın mükemmel bir çözümlemesini sunar. Gayet haklı olarak, "herhangi bir dönemin akılcı tarihi yazılana kadar, bilişsel sosyolog sadece dilini tutmalıdır" demektedir. "Sosyologların bilimsel inanç ile sosyal sınıf arasında karşılıklı bir ilişki bulamamalarının temel nedeni, bilimsel inançların büyük çoğunluğunun herhangi bir sosyal öneme sahip olmamalarıdır."

13. Bkz. Mayr (1982: 4).
14. Bkz. Junker (1995).
15. Başka bir örnek olarak insanlar arasında genetik farklılıkların bulunduğu fikri aşırı eşitlikçi birisi için hiç de hoş değildir. Laudan'ın (1977) gözlemlerine göre, "Çeşitli [insan] ırklar[ı] arasındaki yetenek ve zekâ farklılıklarını tartışma konusu yapan herhangi bir bilimsel kuramın ister istemez temelsiz olacağı, çünkü böyle bir doktrinin bizim eşitlikçi sosyal ve politik çerçevemize ters düşeceği ileri sürülmektedir."
16. Kendimi yakın zamanlarda yapılan diğer açıklama girişimlerini tartışacak yeterlikte görmüyorum. Bununla birlikte, Laudan (1977), Salmon (1984, 1989) ve Kitcher'in (1993) nedensel yaklaşımları pratiğin içindeki biyologların çalışmalarına belki de en çok yaklaşanlardır. Giderek daha fazla fark edilen şeyse bir kuramın değerlendirilmesinde sadece basit mantıksal kuralların yeterli olmayacağı ve akılcılığın tümdengelimli ya da tümevarımlı mantığın sunduğundan çok daha geniş ifadelerle yorumlanması gerektiğiydi.
17. Laudan'ın (1993: 3) buna ne kadar önem verdiği şu cümlesinden anlaşılmaktadır: "Bir kuramın akılcılığı ve ilericiliği [ben buna basitçe 'iyi olması' diyorum] doğrulanması ya da yanlışlanmasıyla değil, problem çözmedeki etkinliğiyle yakından ilişkilidir".
18. Felsefeyi daha önce bu ölçüde meşgul eden gerçekçiliğin doğası sorununun, pratikte bilim insanları ve özellikle de biyologların çalışmalarıyla hiçbir ilgisi yoktur. Gerçekçilikle ilgili çok geniş bir literatür bulunmaktadır. Yakın zamanda yayımlananlardan bazıları şunlardır: Harré (1986), Leplin (1984), McMullin (1988), Papineau (1987), Popper (1983), Putnam (1987), Rescher (1987) ve Trigg (1989).
19. Bu durum örneğin Hempel (1952) ve Kagan (1989) gibi belirli felsefeciler tarafından iyi anlaşılmış olmakla birlikte, diğer felsefeciler kesin, iyi tanımlanmış terminolojilerin ve iki anlamlı ifadelerden sakınmanın önemini göz ardı etmektedirler.
20. Benzer şekilde karışıklık yaratan bir başka değişim, Hennig'in (1950) "monofiletik" terimini bir takson için kullanılan geleneksel anlamı yerine, yeni bir anlam olan türeme süreci için önermesidir. Bu aktarımın neden olduğu karışıklık Hennig'in yeni kavramı için Ashlock'un geliştirdiği holofiletik teriminin kullanılmasıyla önlenebilir (bkz. VII. Bölüm).
21. Ghiselin (1984) böyle iki anlamlı ifadelerin sıklığına dikkat çekmiştir. Kullandıkları mantığın kesinliğiyle övünen felsefecilerin, dili kullanırken kesinlikten böylesine uzak olmaları kayda değerdir. Felsefeci L. Laudan bu durumu haklı olarak şiddetle eleştirmiştir: "Felsefi diyalog tuhaf bir etkinliktir. Savların titizlikle hazırlanması beklenir, ancak öncüller için kanıtların bulunması zorunluluğu konusunda bir özen talep edilmemektedir. Terminolojinin kesin olması beklenir, ancak tartışılan konuya uygunluğu tamamen göz ardı edilebilmektedir ... ve hepsinden öte, kişinin felsefi iddiası için sunduğu kanıtsal gerekçe, aydınlanmamış kişilerin konu cinsellik ve din olunca kadınlı erkekli tartışmaktan çekinmelerinde olduğu gibi, kalabalık içinde asla tartışılmayacak hassas konulardan biridir" (PSA 1978, 2. cilt, 1979).
22. Bkz. Mayr (1986a, 1991, 1992b). Diğer örnekler, gelişme (ontogeneze karşı filogeni), popülasyon (biyolojik olana karşı matematiksel küme), tür (tipolojik türe karşı biyolojik tür), işlev (fizyolojik işleve karşı ekolojik rol) ve aşamalı olmadır (taksonomik olana karşı fenotipik dereceleme).
23. Varyete, zoolojide coğrafi bir ırk ve dolayısıyla potansiyel olarak başlangıç halinde olan bir tür için kullanılıyordu. Ancak terim, özellikle botanikçiler tarafından bir popülasyonda normalden sapmış bireyler için de kullanılıyordu.
24. 1950'li yıllarda botanik gruplar için de zoolojik gruplar için de takson teriminin benimsenmesi oldukça açıklık sağladı ve daha önce her ikisi için de kullanılan kategori terimi Linneaus hiyerarşisindeki rütbeyle sınırlandırıldı. Son zamanlarda Toulmin çok doğru bir biçimde, kuramda kullanılan herhangi bir sözcüğün (terim) kuramdan önceki anlamının bir kısmını taşımaya devam ettiğine dikkati çekmektedir. Bir kuramın destekçileri ve karşıtlarının çok farklı dünya görüşlerine sahip olmaları ha-

linde, bu durum özellikle geçerlidir. Biyolojideki birçok tartışmada bunu açıkca görmek mümkündür. Herhangi bir teleolog için -Darwin'in çağdaşlarının çoğu teleologdu- seçilim Darwin'in *sonraki* farklı hayatta kalma ve üreme başarısı tanımından tümüyle farklı bir anlama geliyordu. Bir özcü için tür, zorunlu olarak değişebilir değildir ve zaman içinde sabit kalır. Tür sadece bir sıçramayla değişime uğrar ve bundan ötürü biyolojik tür kavramıyla uyuşmaz. Bilimdeki büyük tartışmalara konu olan bütün terimlerin bir listesi yapılabilirse, büyük olasılıkla çoğunun, ilgili kişinin dünya görüşüne bağlı olarak birkaç anlam taşıdığı veya farklı şeyleri ima ettiği görülür.

25. Belirli bir olgunun tanımı ile olgunun, terimin kullanıldığı mevcut bilimsel açıklaması arasında asla bir uyumsuzluk olmamalıdır. Bir tanımın temel işlevi, anlaşılır olmayı sağlayan bir araç olmasıdır. Aslına bakılırsa, geleneksel bir tanımın ilgili konuya artık uymadığının fark edildiği bazı durumlar sorunların keşfini de beraberinde getirmiştir. "Bilimde bir şeyin yeniden tanımlanması, o şeyin geleneksel tanımının tamamen terk edilmesi demek değildir. Yeni tanımlar daha çok daha önce belirsiz ya da birden fazla anlam taşıyan terimlerin daha kesin bir biçimde formüle edilmeleridir" (Ghiselin, yayımlanmamış mektuptan). Yeni tanımlamalar daha ayrıntılı çözümlemeler ya da yeni buluşlarla mümkün olur. Örneğin Owen kökendeşliği organların "aynı" olmaları açısından tanımladı, ancak "aynı"nın ne olduğunu tanımlamadı. Buna karşılık Darwin'in ortak soy kuramı daha ayrıntılı bir tanımı olanaklı kıldı. Yeni tanımda eski kavramın yerine tümden yeni bir kavram kesinlikle getirilmemelidir.
26. Hempel'in (1952) belirttiği gibi, "Geleneksel mantığa göre gerçek bir tanımlama, bir ifadenin anlamını belirleyen bir koşul değil, bir mevcudiyetin 'gerçek doğasını' ya da 'temel özelliklerini' anlatan bir ifade olmalıdır." Felsefecilere göre, "tanımlar biçimleri tarif eder ve biçimler mükemmel ve değişmez oldukları için, tanımlar ... kesin ve mutlak gerçeklerdir" (*Encyclopedia of Philosophy*)
27. Popper'in şu cümlesi, onun kafa karışıklığını çok iyi yansıtmaktadır: "Kendinizi asla sözcükler ve bunların anlamlarıyla ilgili problemleri ciddiye almaya zorlamayın. Ciddiye alınması gereken şeyler, olguyla ilgili sorular ve olgularla ilgili savlardır. Bunlar, kuramlar ve hipotezler, bunların çözdüğü problemler ve ortaya çıkardığı problemlerdir." Bu ifade, her kuram ve kavram için kullanılması zorunlu sözcüklerin tanımlanması zorunluluğunu gizlemektedir. Birisi çıkıp kuram ve hipotezler hakkında, en başta kuramlar ve olgulara açıklık getirmeden tartışmaz. Bu kuram ve olguları açıklamak için sözcükleri kullandığımıza göre, onları tanımlarken dikkatli olmak zorundayız. Aksi taktirde, belirsizlik ve yanlış anlaşılma tehlikesi doğar. Daha önce verdiğim örnekler (türleşme, teleolojik, seçilim vs.), bir kuramı ya da açıklamada kullandığımız her sözcüğü net bir biçimde tanımlamanın ne kadar zorunlu olduğunu açıkça göstermektedir.

Bu bölümün sonraki kısımlarında Popper anlamları ve gerçeği birbirinin karşısına koyar. Anlamlarla uğraşmanın hiçbir yere götürmeyeceğini, bilimde her şeyin gerçeğe yaklaşmakla ilgili olduğunu iddia eder ve "aklın meseleleri arasında uğraşmaya değer tek şeyin, gerçek kuramlar ya da gerçeğe yaklaşan kuramlar" olduğunu vurgular. Ancak Popper'ın göremediği nokta, gerçek bir kuramdan, söz gelişi türleşme kuramından türleşme sözcüğünün anlamı önceden saptanmaksızın bahsedemeyeceğimizdir. Türlerin çoğalmasından mı yoksa basitçe evrimsel değişimden mi söz edilmektedir? Sonuçta, şurası gayet açıktır ki anlamların araştırılması ile gerçeğin araştırılması iki seçenek değildir; gerçekte, kullanılan sözcüklerin anlamı açıkca saptanmadıkça gerçeğe ulaşılamaz. Popper'ın, "özcülük üzerine uzun bir arasöz" dediği ilgili bölümün son kısmında çok sıradan bir tonla, "kuramı anlamak için sözcükleri anlamamız gerekmektedir" ifadesini kullanması oldukça ironiktir. Bu tek cümleyle Popper, anlam ile gerçek arasındaki keskin ayrıma ilişkin daha önce dile getirdiği tüm iddiaları aslında geri almaktadır. Popper'ın gerçekte söylediği şey benim-

kiyle tamamen aynıdır: Öncelikle, kullandığımız sözcüklerin anlamlarını saptamadan gerçeği saptayamayız. Ghiselin'in açık bir biçimde işaret ettiği gibi, sadece kavramların tanımları verilebilir, gerçek ayrıntılar ise sadece betimlenebilir. Dolayısıyla, bir kimse tür kategorisini tanımlayabilir, ama tür taksonu sadece isimlendirilebilir, betimlenebilir ve sınırlandırılabilir.

28. Dil üzerine son bir not: Bilim insanları belirli bir konuyla ilgili bir tartışmaya kilitlendiklerinde, bazen olumsuz çağrışımlı sözcükler seçip bunları karşıtlarının çalışmalarını tanımlamada kullanırlar: "Benim çalışmam dinamik; seninki gelişmeye kapalı", "Benim açıklamam mekanikçi (yani fizik ya da kimya kurallarına dayalı), seninkiyse bütüncü (yani metafiziksel)". Karşıt görüştekiyse bu cümlelere uygun karşılıkları vermekte zorluk çekmez, ancak boş sözcüklerin bu şekilde değiş tokuşu, uzun vadede bilime fayda getirmeyecektir.

IV. Bölüm: Biyoloji Canlılar Dünyasını Nasıl Açıklar?

1. Goudge (1961), Hull (1975b), Bock (1977), Nitecki ve Nitecki (1992) ve diğerleri.
2. Bkz. White (1965).
3. Eğer türleşme yavaş ve aşamalı bir süreçse ve günümüzde türleşmenin çeşitli aşamalarında olan, milyonlarca değilse bile, yüz binlerce popülasyon (başlangıç halindeki tür) varsa (ki elbette var!), uygun dizi içindeki çeşitli aşamaların "duraklarını" yeniden kurarak türleşme sürecinin tümünü gözler önüne sermek mümkün olmalıdır. Bu yöntem, 1870'li ve 1880'li yıllarda hücre bölünmesi sürecini yeniden kurmaya çalışan hücrebilimcilerin kullandıklarıyla aynıdır. Bu araştırmacılar bölünme sürecini görmek için yüzlerce mikroskop lamını, aşamalı bir dizi içinde sıraladılar. Ben de (Mayr, 1942) "türleşmenin" tüm aşamalarını temsil eden doğal popülasyonları izleyerek onları birbiri ardına sıraladım. Bu uygulama diğer pek çok yazar tarafından da kullanılageldi (ayrıca bkz. Mayr ve Diamond, 1977).
4. Bu, bizi son derece karmaşık bir felsefi problem olan neden ve nedensellik sorununa götürür. Bu çetrefilli konunun ayrıntılı bir incelemesi bu kitabın kapsamı dışındadır. Dolayısıyla burada Hume'un, bilebileceğimiz tek şeyin yalnızca olayların sırası olduğunu savunan nedensellik eleştirisini tartışmayacağım. Ben, bir önceki olayın bir etkisi, dolayısıyla bir neden olabileceğini kabul eden modern felsefecilerle aynı kanıdayım. Tam olarak nedensel ardıllık hayvan davranışlarında sıklıkla görülebilir. Bundan ötürü, sağduyu nedenselliğinin kabul edilmesinde bilimdışı bir şey görmüyorum.
5. Daha önce bu gibi çalışmalar yapılmamış değildir. Önemli bir örnek, Lloyd (1987) tarafından anlamsal yaklaşımın evrimsel biyolojiye uygulanmasıdır. Ancak, şimdi kuram oluşturma örneklerinden birkaçını basit olanlardan başlayıp daha karmaşık olanlara doğru sunacağız. Bu, kuram oluşturmak için belirli bir yaklaşımı tercih eden bir felsefecinin, kendi yaklaşımının bu örneğe ne ölçüde uygulanabilir olduğunu sınamasını mümkün kılacaktır.
6. Bkz. Mayr (1982, 1989a).
7. Lorenz'in önerisi temel yönleriyle Donald Campbell, Riedl, Oeser, Vollmer, Wuketis, Mohr ve diğer birçok biyolog ve felsefeci tarafından benimsenmişir.
8. Bkz. Kagan (1994).
9. İnsan beyninin orta dünyayı anlamaya uygun olup olmadığı konusunda ilginç bir tartışma süregelmektedir. Bunu reddedenler, teleolojik bir seçilim ve uyum kavrayışına sahiptirler. Fakat Darwinci uyum anlayışı teleolojik değildir. Rasgele olmayan eleme sürecinde hayatta kalan bireyleri amaca yönelik bir sürecin ürünü olarak düşünmeye gerek yoktur. Seçilim sürecinde hayatta kalan bir birey tanım gereği uyum sağlamıştır, denilebilir. Bir Darwinci, hayatta kalanların tümünün, aynı zamanda yazgılarını büyük ölçüde rasgele süreçlere borçlu olduğu gerçeğinin tamamen farkındadır. Teleolojik olmayan bu uyum anlayışını kabul etmek şu sonuca varmamıza izin verir: "Evet, insan beyni orta dünyayı anlamaya uygundur." Bu yetenek açısından daha alt düzeydeki tüm bireyler, kendi soylarını sürdürecek nesiller bırakamadan, er veya geç elenmişlerdir.

10. Bkz. Regal (1977).
11. Hamilton (1964).

V. Bölüm: Bilim İlerler mi?

1. Bkz. Stent (1969).
2. Bilgi ve anlamadaki aşamalı ilerlemeler, konuyu tarihsel olarak ele alan bir takım eserlerde mükemmel bir biçimde açıklanmıştır. Bunlar arasında Hughes (1959), Baker (1948-1955) ve Cremer'in (1985) kitapları ile Coleman (1965), Churchill (1979) ve diğerlerine ait monografiler vardır. Bu konudaki kaynaklar için bkz. Cremer (1985).
3. Bu katkılar Cremer (1985) tarafından en ince ayrıntısına kadar açıklanır.
4. Mayr (1982: 810-811)
5. Teknisyenler arasında Fol, Buetschli, Strasburger, van Beneden ve Flemming; kuramcılar arasında ise Rous (1883), Weismann (1889) ve Boveri (1903) bulunmaktadır.
6. Hoyningen-Huene (1993), Kuhn'un görüşleri üzerine 1962'den sonraki çeşitli değişiklikleri de kapsayan mükemmel bir inceleme sunmuştur. Daha önceki eleştiriler için bkz. Lakatos ve Musgrave (1970).
7. Bkz. Mayr (1991).
8. Bkz. Mayr (1972).
9. Bkz. Maynard Smith (1984: 11-24).
10. Hoyningen-Huene (1993: 197-206)
11. Bkz. Bowler (1983).
12. Bkz. Mayr (1946).
13. Bkz. Mayr (1990).
14. Bkz. Barrett ve diğerleri (1987).
15. Bu konu özellikle Thagard (1992) tarafından ele alınmıştır.
16. Bkz. Mayr (1952).
17. Bkz. Mayr (1992c).
18. Bkz. Mayr (1942).
19. Hull'un *Science as a Process* (Bir Süreç Olarak Bilim) (1988) adlı eserinin temel konusu budur.
20. Mayr (1954, 1963, 1982, 1989), Eldredge ve Gould (1972), Stanley (1979).
21. Bilimin neye ulaşabileceği ve neye ulaşamayacağı Medawar (1984) ve Rescher (1984) tarafından incelenmiştir. DuBois-Reymond gibi birçokları bilimin potansiyelini azımsarken, diğer pek çokları abartmaktadır.

VI. Bölüm: Yaşam Bilimleri Nasıl Bir Yapıya Sahiptir?

1. Zooloji ile botanik arasındaki geleneksel ayrım, biyoloji alanının başka yollarla sınıflandırılmaya başlamasından uzun bir süre sonra bile ders kitaplarında, eğitim müfredatlarında ve kütüphane sınıflandırmalarında varlığını sürdürmüştür. Literatürde özel olarak biyolojinin yapısını tartışan tek bir çalışma biliyorum (Tschulok, 1910), ancak bu çalışma da biyolojinin zooloji ve botanik olarak ikiye ayrıldığını kabul eder. Bu yüzden modern okuyucuya çok fazla hitap etmemektedir.
   Zooloji ve botanik terimlerinin anlamları biyolojik araştırmalardaki gelişmeye bağlı olarak değişikliğe uğramıştır. Haeckel'in Genel Morfoloji'si (*Generelle Morphologie*, 1866) doğayı maddeye içkin bir güçler sistemi tanımıyla hatırı sayılır ölçüde Newtoncuydu. Sonuç olarak zooloji, morfoloji (maddenin zoolojisi) ve fizyoloji (güçlerin zoolojisi) olarak ikiye ayrılmak zorundaydı. Haeckel organizmaların birbirleri ve çevreleriyle olan ilişkilerini, diğer deyişle ekoloji ve biyocoğrafyayı da fizyoloji çerçevesinde değerlendirmiştir. Ontogenez ve filogeniyi morfolojinin kapsamına sokan Haeckel anlaşılan o ki davranış konusundaki araştırmaları reddetmiştir. Böylece Haeckel ekoloji, biyocoğrafya ve sistematiği biyolojinin meşru dalları olarak gör-

müş, buna karşın botanikçi Schleiden botaniği bir reforma sokma amaçlı indirgemeci girişimiyle kendisine ait sistemde bitkilerin örgensel yönlerine hiç yer vermemiştir (Scheiden 1842).
2. Bkz. Müller (1983).
3. Bkz. Scheiden (1838) ve Schwann (1839).
4. Bkz. Gerard (1958).
5. Weiss (1953: 727).
6. Biyolojiyi fiziğe indirgemenin bazı basit fizyolojik süreçler için uygun olduğu gösterilmiş olmakla birlikte, fiziğe indirgenemeyen evrimsel biyoloji ve diğer biyoloji konuları tümüyle göz ardı edilmiştir (Nagel 1961). Bu yaklaşım örneğin Needham tarafından gayet iyi ele alınmıştır. Needham (1925: 244) biyolojide yakın zamanda gerçekleşen değişimleri "karşılaştırmalı morfolojiden karşılaştırmalı biyokimyaya geçiş" olarak tanımlamış ve karşılaştırmalı biyokimyanın, sonuçta elektronik biyofiziğe dönüşeceği gibi bir tahminde bulunmuştur. Needham, evrime duyulan ilginin mekanikçi yaşam kuramıyla yer değiştirmesi gerektiğini iddia etmiştir. "Mekanizma evrimden daha kapsamlı bir kavram olduğu için daha derindir ve dolayısıyla felsefenin ilgisini çok daha fazla hak eder."
7. Handler (1970)
8. Lorenz (1973a) haklı olarak bu noktayı vurgulamıştır. Mainx'ın (1955: 3) biyolojik araştırmalarda tanımlamanın rolü üzerine kapsamlı açıklamaları bulunmaktadır.
9. Hennig (1950), Simpson (1961); Ghiselin (1969), Mayr (1969), Bock (1977), Mayr ve Ashlock (1991) ve Hull (1988).
10. Bkz. Mayr (1961).
11. Allen (1975: 10)
12. "Yapısalcılık, biyoloji alanında mantıksal bir düzen olduğunu ve organizmaların akılcı, dinamik kurallara uygun olarak oluşturulduğunu kabul eder" (Goodwin 1990).
13. Goodwin (1990: 228)
14. Botanikçilerin ve zoologların biyolojinin ilerlemesine yaptıkları katkıların hikâyesi oldukça etkileyici olmakla birlikte henüz yazılmamıştır. On dokuzuncu yüzyıldan önce gerçek bir zooloji yoktu. Bu dönemde, zoolojinin öncüleri diyebileceğimiz doğa tarihi ve fizyoloji (embriyoloji dahil) vardı. Botanik önde gelen ismi Linnaeus'tan ötürü kesin bir egemenliğe sahipti. Ancak Linnaeus'un geliştirdiği aşağıya doğru sınıflandırmanın, yukarıya doğru sınıflandırmayla yer değiştirmesi, Adanson ve Jussieu'nün öncü yayınlarına rağmen, büyük ölçüde zoologların çalışmalarının sonucudur. Hücrebilim, botanikçilerle (Schleiden) zoologların (Schwann) ortak girişimlerinin bir örneğidir. Diğer botanikçiler (örneğin Brown) ve zoologların da (Meyen, Remak, Virchow) buna önemli katkıları olmuştur. Genetik de botanikçi (Mendel, DeVries, Johannsen, East, Correns, Müntzing, Nilsson-Ehle, Renner, Baur) ve zoologların (Weismann, Bateson, Castle, Morgan, Chetverikov, Muller, Sonneborn) ortak katkılarıyla gelişen bir başka alandır. Sayılan isimler, alanın kurucularından sadece birkaçıdır.
15. Bu klasik alanların vazgeçilmezlikleri Stern (1962) ve Mayr (1993a) tarafından vurgulanmıştır.

VII. Bölüm: "Ne?" Soruları: Biyoçeşitlilik Çalışmaları

1. Bunu filogeni oluşturma ve makrotaksonominin zihinleri yoğun olarak meşgul ettiği bir dönem izledi. Ancak deneysel biyolojinin zirvede olduğu günlerde, temel taksonomi hor görülmese bile, epeyce ihmal edildi. Yeni sistematik 1920 ile 1950'ler arasında gelişti (Mayr 1942) ve bunu 1960 ile 1990'lı yıllar arasında nümerik taksonomi ve kladistiğin yükselişi izledi.
2. Simpson (1961)
3. Taksonominin biyolojideki yeni disiplinlerin kuruluşuna getirdiği katkılar konusunda ayrıntılı bir tartışma için bkz. Mayr (1982: 247-250).

4. Sistematiğin kuram açısından zenginliği ne yazık ki bizzat bir kısım sistematikçilerce de göz ardı edilmiştir. Ünlü karınca uzmanı Wheeler 1929'da şöyle diyordu: "Taksonomi... kuramı olmayan, sadece teşhis ve sınıflandırmaya dayanan bir biyolojik bilimdir" (1929: 192).
5. Bkz. Mayr (1996).
6. Bu neticeye nasıl varıldığı taksonomi ders kitaplarında açıklanmaktadır (Mayr ve Ashlock 1991: 100-105). Benzer zorluklar, zaman boyutu konusunda paleontologlar tarafından da yaşanmaktadır.
7. Sloan (1986)
8. Rosen (1979)
9. Mayr (1988a), Coyne ve diğerleri (1988).
10. Simpson'a göre, "Monofili, bir taksonun aynı ya da daha alt seviyedeki en yakın atasal taksondan, bir ya da daha fazla nesil aracılığıyla türemesidir" (1961: 124). Bu tanım, Haeckel'den (1866) sonra kullanılmış olan geleneksel monofili kavramını ifade eder. Kladistik, bu terimi türeme şekline dönüştürmüştür (tüm taksonlar başlangıçtaki köken türden türemişlerdir). Ancak, geleneksel monofili kavramıyla karışmasını önlemek için bu kladistik kavramın holofili olarak adlandırılması gerekir (Ashlock 1971).
11. Bir şekilde açıkca kökendeş olan özellikler, ilginç bir biçimde bazen farklı tohum tabakalarından türemiş olabilirler (bkz. VIII. Bölüm). Dolayısıyla belirli bir tohum tabakasından türemiş olmak, kökendeşlik için güvenilir bir gösterge oluşturmaz.
12. Simpson (1961), Mayr (1969), Bock (1977), Mayr ve Ashlock (1991), Darwin'in iki kıstaslı orijinal sınıflandırma şeması üzerine yazılmış bilimsel incelemelerdir.
13. Benzerlik, Whewell (1840: 521) tarafından ifade edilmiş olan klasik taksonomi kriterleri kullanılarak şu şekilde saptanır: "Doğal olduğu iddia edilen tüm sistemlerin şu kuralla sınanması gerekir: *Bir grup özelliğe dayanılarak yapılan bir düzenleme, diğer bir özellik gurubundan elde edilen düzenlemeyle uyuşmalıdır*" (italik onun). Aşağı yukarı aynı görüş Hempel (1952: 53) tarafından şöyle dile getirilmiştir: "... doğal sınıflandırmada, belirleyici özellikler ya tümüyle ya da olabilecek en büyük yüzdeyle, mantıksal olarak bağımsız diğer özelliklerle bir araya getirilir." Kladistiğin tersine, geleneksel sınıflandırma Darwin'in, "[filogenetik ağacın birbirinden uzaklaşan dallarının] geçirdiği değişikliklerin dereceleri ... farklı genuslar, familyalar, seksiyonlar ya da takımlar altında sınıflandırılmış olarak ifade edilirler" sözleriyle belirttiği talebini karşılamaktadır (1859: 420).
14. Üstteki bir kategori, hiyerarşik bir sınıflandırmada aynı düzeye yerleştirilmiş daha üstteki tüm taksonların içine yerleştirildiği sınıf olarak tanımlanır. Örneğin tür kategorisi, tür tanımıyla tarif edilir ki bu tanımın yerine günümüzde çoğunlukla biyolojik tür tanımı kullanılmaktadır.
15. Evrimsel farklılaşma ile türleşme hızı arasında karşılıklı bir ilişki bulunmamaktadır (Mayr 1969).
16. Mayr (1995)
17. Örneğin kladistler tarafından Pelycosauria'dan memelilere doğru yönelen kladın belirlenişi temel olarak tek bir özelliğe, alt yan şakak kemiğindeki orta kulak ile iç kulak arasında bulunan pencereye dayandırılmıştır. Tek özelliğe dayandırılan sınıflandırma, kesinkes filogeni ile uygunluk taşıyor olsa da, yapay, heterojen taksonlara yol açar. Hiç kuşkusuz klad, zaman içinde ek özellikler kazanacaktır vb.
18. Mayr (1995b)
19. Mayr ve Bock (1994)
20. Mayr (1982: 239-243), Mayr ve Ashlock (1991: 151-156)
21. Mayr ve Ashlock (1991: 383-406) zoolojiyle ilgili adlandırma kuralları konusunda ayrıntılı bir açıklama vermişlerdir.
22. Bazı yazarlar üçüncü bir grup olarak Eocytes'i tanımlarlar. Bazı bakteri uzmanları Archaebacteria ile Eubacteria arasındaki farklılıkların, Prokaryota ile Eukaryota

arasındaki farklılıklar kadar büyük olduğunu iddia ederler. Bu iddiaya çok itibar edilmez. Herhangi bir klasik mikrobiyoloji kitabında bakterilerin nitelendirilmesi, Archaebacteria'nın henüz nitelendirilmemiş olduğu dönemde bile, Prokaryota'nın her iki alt bölümü için aynı derecede uygundur. Archaebacteria, Eubacteria'dan ne kadar farklı olursa olsun (hatta bu iki Prokaryota grubunun dallanma noktalarının, Prokaryota ve Eukaryota arasındaki dallanmadan daha önce olduğu düşünülse bile) Archaebacteria ile Eubacteria birçok ortak özelliği paylaşır. Archaebacteria'nın Archaea olarak yeniden isimlendirilmesi, Eubacteria gibi bunların da Bacteria'nın üç dalından ikisi olduğu gerçeğini gizleyemez.

23. Daha fazla ayrıntı için bkz. Cavalier-Smith (1955a, 1995b) ve Carliss (1994).

VIII. Bölüm: "Nasıl?" Soruları: Yeni Bir Bireyin Oluşumu

1. Aristoteles'in fikirlerinin mükemmel bir sunumu için bkz. Needham (1959).
2. Bugün, genetik program tarafından yönetilen süreçleri teleolojik değil, teleonomik olarak nitelendiriyoruz.
3. Omurgalı gelişiminde yer alan yeni tanımlamaların temeli Pander (1817) tarafından kurulmuş ve von Baer (1828 ff) tarafından büyük ölçüde geliştirilip genişletilmiştir.
4. Yüksek taksonlarda bile, sarısı daha fazla olan yumurtalar daha az olan yumurtalardan çoğunlukla farklı gelişirler. Farklı larva aşamaları ya da tam metamorfoz geçiren organizmalarda tümüyle gelişim seyri özellikle farklıdır. Örneğin, tam metamorfoz geçiren Lepidoptera (Kelebekler) ve diğer böcek gruplarında, pupa aşamasında tümüyle yeniden düzenleme ve ergin diskler (imaginal discs) denilen yapılardan yeniden gelişim söz konusudur.
5. Bu asli güç (*vis essentialis*) hiç kuşkusuz metafiziksel bir *deus ex machina* (makine ile inen tanrı) idi ve bir ön oluşumcu olan Haller'in şu soruyu sorması şaşırtıcı değildir: "Bir tavuktan gelen şekilsiz malzeme daima bir civciv oluştururken, bir tavuskuşundan gelen bu malzeme yine bir tavuskuşu oluşturur? Bu sorulara cevap verilmemektedir."
6. Moore (1993: 445-456), bu araştırmaların mükemmel bir özetini sunmaktadır.
7. Kısa süre içinde, sölenter tipine uyan gastrula aşaması ile "yüksek" organizma "tipleri"ni temsil eden daha sonraki gelişim aşamalarına ait ontogenez ve filogeni arasında bir bağlantı olduğu iddia edildi. Gelişim sırasında ontogenezin filogeniyi özetlediğini herkesten fazla vurgulayan Haeckel, omurgasızların evrimini açıklamak üzere gastraea kuramını öne sürdü.
8. Saha (1991: 106)
9. Transkribe edilen ekzonlar ve protein sentezinden önce kesilip çıkarılan intronlardan oluşan genler sadece kompozit değildir. Enzimleri kodlayan yapısal genlere ek olarak, düzenleyici genler ve genlerin iki ucunda uzanan, kodlayıcı olmayan diziler (flanking sequences) de karmaşık yapıdadırlar. Tüm bunlar burada incelenemeyecek kadar ayrıntılı bir mekanizmadır. Ayrıntılı bilgi için bkz. *The Molecular Biology of the Gene* (Alberts ve diğerleri, 1983).
10. Bu nokta özellikle Severtsov ve ekolü (Schmalhausen) tarafından vurgulanmıştır.
11. Embriyoların ataların ergin dönemlerine karşılık gelmediği gerçeğini ne kadar iyi bildiklerini, Haeckel ve diğerleri yazılarında açıkça dile getirmişlerdir.
12. Mayr (1954)
13. Gelişim konusundaki ayrıntılı çalışmalar için önerdiklerim, Davidson (1986), Edelman (1988), Gilbert (1991), Horder ve diğerleri (1986), McKinney ve diğerleri (1991), Moore (1993), Needham (1959), Russell (1916), Slack ve diğerleri (1993) ve Walbot ve diğerleridir (1987).

IX. Bölüm: "Niçin?" Soruları: Organizmaların Evrimi

1. Yaşamın başlangıcı kimyasal bir süreçtir. Bu süreç otokatalizi ve yönlendirici bazı etmenleri içerir. Eigen'in gösterdiği gibi, yaşamın başlangıcının seyriyle ilgili hangi varsayım yapılırsa yapılsın bu süreçte prebiyotik seçilimin yer almış olması kaçınılmaz görünmektedir. Ayrıntılar için bkz. Shapiro (1986) ve Eigen (1992).

2. Alfred Russel Wallace yalıtım mekanizmalarının doğal seçilim tarafından oluşturulduğunu öne sürdü, ancak Darwin bu fikre şiddetle karşı çıktı. Bugüne kadar bu soruyla ilgili olarak Darwin ya da Wallace taraftarlarından oluşan iki kamp olageldi. Dobzhansky, Wallace'ın çizgisini benimserken, H. J. Muller ve Mayr, Darwin'i izlediler.
3. Bkz. Alexander (1987), Trivers (1985) ve Wilson (1975).
4. Bu yaklaşım makroevrim olgusunun genetiğin bulgularıyla uyumlu olarak değerlendirilebileceğini gösteren Rensch (1939, 1943) ve Simpson (1944) tarafından benimsenmiştir. Özellikle, Cope yasası ya da Dollo yasası gibi evrim yasaları olarak değerlendirilebilecek tüm yasaları varyasyon ve seçilim açısından açıklamak mümkündü.
5. Mayr (1954: 206-207). Ayrıca bkz. s. 172 ve sonrası.

X. Bölüm: Ekoloji Hangi Soruları Sorar?

1. Ekoloji adı altında anılan araştırma konularının çeşitliliği uzun zamandan beri biliniyor. Bu nedenle bugün artık evrimsel ekoloji, davranış ekolojisi, popülasyon biyolojisi, tatlısu ekolojisi (limnoloji), deniz ekolojisi ve paleoekoloji için farklı ders kitapları bulunmaktadır. Bu çeşitliliğe ek olarak, farklı hayvan, bitki ve mikroorganizmaların ekolojileri arasında da büyük farklılıklar vardır. Bu durum farklı çevreler için de söz konusu. Karasal ekoloji, tatlısu ekolojisi ve deniz ekolojisinden çok farklıdır. V. Hensen'in kurduğu plankton ekolojisi ise balıkçılık için büyük önem taşıyan bir bilim olarak gelişiyor. İyi donanımlı bir ekolog olmak isteyen bir kişi kendisini bu araştırma alanının devasa kapsamlılığına hazırlamalıdır. Bir sonraki bölümde tartışacağımız ekoloji araştırmalarında karşılaşılan güçlüklerin nedeni de kısmen bu çeşitliliktir. Cittadino (1990) ve Egerton'ınkiler (1968, 1975) gibi belirli dönemlere ait ekoloji ya da doğa tarihi bilgisi konusunda yapılmış birçok araştırma vardır.

   Bazen söylenilen, "Her şey, diğer her şeyle etkileşim içindedir" sözü bu alan için söylenmiş gibidir. Bugün ekoloji olarak adlandırılan bütün, "bir felsefe ya da amaç birliğinden çok bir ismin benimsenmesi ve profesyonel toplulukların kaynaşmasıyla bir arada tutulmaktadır. Dolayısıyla ekoloji, tarihçiler için özel bazı güçlükler taşımaktadır" (Ricklefs 1985: 799). Ekoloji için, örneğin "organizmaların çevreleri ile ilişkileri" gibi, oldukça basit çok sayıda tanım yapılabilir. Ancak bu, olası tanımların kapsamını bir hayli genişletmektedir. Bir organizmadaki her yapı, onun fizyolojik özelliklerinin her biri, bütün davranışları ve aslında fenotip ve genotipinin hemen hemen her bileşeni, bu organizmanın çevresiyle en elverişli ilişkiyi kurabilmesi doğrultusunda evrimleşmiştir.

   Sonuç olarak, evrimsel biyoloji, genetik, davranış ve fizyoloji gibi diğer biyoloji disiplinleri ile ekolojide örtüşen çok fazla alan vardır. Örneğin, Ricklefs'in (1990) kapsamlı ekoloji kitabındaki altı bölümün tümü evrimsel sorulara ayrılmıştır. Bu bölümler, bir evrimsel biyoloji kitabında da aynı şekilde yer alabilirdi. Son zamanlarda yayımlanan ders kitapları kısaca Evrimsel Ekoloji olarak adlandırılmaktadır. Bu kitaplar, soy tükenmesi, uyum, yaşam döngüleri, cinsiyet, sosyal davranış ve birlikte evrim gibi konu başlıkları taşımaktadır. Organizmaların özelleşmiş yaşam biçimleri ya da içinde yaşadıkları özelleşmiş çevreler için geliştirdikleri bütün fizyolojik uyumları Ricklefs doğru bir biçimde ekolojinin konuları olarak görmektedir. Aynı şekilde organizmaların uç iklim koşullarıyla başa çıkabilmelerine izin veren günlük ya da mevsimsel döngüler, göçler ve diğer davranışsal uyumlar da ekoloji kapsamındadır. Özellikle çöl ya da kutup bölgelerinde çevresel uyumlara hizmet eden çok sayıda fizyolojik mekanizma vardır (Schmidt-Nielsen 1990). Yerel koşullara uyum sağlama özelliği, özellikle ekotipler geliştiren bitkilerde görülmektedir.
2. Glacken (1967) ilk çağlardan on sekizinci yüzyıl sonuna insanların çevreyle ilgili kavrayışlarının ayrıntılı bir dökümünü sunmaktadır. Belirli dönemlerdeki ekoloji ya da doğa tarihi bilgileri üzerine yapılmış çeşitli araştırmalar vardır. Egerton'a (1968, 1975) ait olanlar bunlara örnek olarak verilebilir.

4. Chicago ekolüne (AEPPS) ait yazarların hazırladığı *Principles of Animal Ecology*'nin (Hayvan Ekolojisinin İlkeleri) 1949'da yayınlanmasının ardından çok sayıda yeni ekoloji kitabı yazılmıştır. Bu ders kitapları o kadar revaçtaydı ki *Science* dergisinin tek bir sayısında bile bunlarla ilgili pek çok değerlendirmeyle karşılaşılabiliyordu (Orians 1973). Bunlar arasında en önde geleni Eugene Odum'un *Fundamentals of Ecology*'si (Ekolojinin Temelleri) 1953'te yayınlandı ve 1970'lere kadar en çok başvurulan kitap oldu. Robert Ricklefs'in *Ecology*'si (1973) bugün Birleşik Devletler'de belki de en yaygın okutulan ders kitabıdır. Bu alandaki gelişmenin boyutları, Odum'un ilk baskısının sayfa sayısı (384) ile Ricklefs'in (1990) kitabının sayfa sayısı (896) arasındaki farktan da anlaşılabilir.
5. Fizyoloji ve embriyolojide yeni gelişen deneysel araştırmalarla kendini gösteren, sistematik ve morfolojinin salt betimleyici yaklaşımına duyulan tepki, doğa tarihinde tüm canlı organizmalar arasındaki ilişkilere yapılan vurguyla örtüşmektedir. *Biologie* terimi Almanya'da, İngilizce literatürde geleneksel olarak zooloji ve botaniğin birleşimi anlamındaki kullanımından oldukça farklı bir biçimde canlı organizmayla ilgili her şey için kullanılır. Canlı hayvan ve bitkilerle ilgili yaygın bilgilerin muhteşem bir özetini veren ünlü Hesse-Doflein külliyatından hayvanların yaşamına ayrılan (Doflein'ın hazırladığı) cilt Darwinci düşünceden büyük ölçüde etkilenmiştir. Bu *Biologie*, kendisini "ölü yapılar"ın araştırıldığı morfolojiye alternatif ve onun tamamlayıcısı olarak görür. Külliyat, modern ders kitaplarında davranış ekolojisi ve evrimsel ekoloji başlıkları altında incelenen konuları kapsamaktadır. Bu biyoloji, hemen hemen tümüyle hayvanları konu edinir.
6. Bkz. Kingsland (1985).
7. Popülasyon biyolojisi, geçmişte uzun süre biyolojinin bağımsız bir dalı olarak düşünülmüş olmakla birlikte, bu araştırma alanının artık ekolojinin bir dalı olduğu gayet açıktır. Bu, 1957'de Cold Spring Harbor Sempozyumu'nda özellikle vurgulanmıştır.
8. V. C. Wynne-Edwards (1962, 1986)
9. Taksonomi ile ekoloji arasındaki yakın ilişkiden geriye kalanlar çeşitli yayınlarda ele alınmıştır. Örneğin Heywood (1973) bunlardan biridir.
10. Ekologlar bazı hallerde "popülasyon" terimini, bir ekosistemde çok sayıda tür içeren birlikler için kullanırlar. Bir göldeki plankton popülasyonundan ya da bir savanın herbivor popülasyonundan söz edebilirler. Birçok durumda popülasyon teriminin, çok sayıda tür içeren bir ekosistem için kullanılması yanlıştır.
11. R. Hesse'nin *Tiergeographie auf Ökologischer Grundlage* (Ekoloji Temelli Hayvan Coğrafyası) (1924) adlı eserinden de çıkarılabileceği gibi, benzer şekilde hayvanlara duyulan ilginin boyutundaki artış büyük değildir. Başlığına rağmen bu eser hayvanların dağılımını ve bu dağılımın nedenlerini konu edinen bir hayvan coğrafyası değil, coğrafi etmenlerin baz alındığı bir hayvan ekolojisiydi. Bu eser bazı yönleriyle Semper'in (1881) ekolojik morfolojisinin bir devamı niteliğindeydi. Zaman içinde komünite ekolojisi, ekosistem ekolojisinin ortaya çıkmasına neden oldu (bkz. aşağıda).
12. "Klimaks oluşumu ergin organizma, diğer deyişle tamamen gelişmiş komünitedir."
13. Bkz. Mayr (1941), MacArthur ve Wilson (1963) ve Mayr (1965).

XI. Bölüm: İnsanların Evrim İçindeki Yeri Neresidir?

1. Bu son iki tür, zaman zaman ayrı bir genus olarak değerlendirilen *Paranthropus*'a dahil edilir.
2. *A. aethiopicus*'un daha yaşlı olması, birçok bakımdan *A. robustus*'un türemiş olabileceğini düşündürmekle birlikte, *robustus*'un Güney Afrika'da, *boisei*'nin ise Doğu Afrika'da yayılış göstermesi nedeniyle, hangisinin morfolojik olarak ortak ataya daha çok benzediğini söylemek olanaksızdır.
3. İnsansı çizgisinin şempanze çizgisinden yakın zamanda dallanmış olduğuna ilişkin kanıtlar sürekli artmaktadır. Bu kanıtların bulunduğu çalışmalar kan proteinleri

üzerine araştırmalarla başlamış (Goodman), daha sonra Sibley ve Ahlquist'in DNA melezleştirme testleriyle devam etmiş, Caccone ve Powell'in daha geliştirilmiş yöntemleri ve son olarak diğer moleküler yöntemler ve kromozom araştırmalarıyla doğrulanmıştır.

4. Sarich (1967) bu iddiayı ortaya atan ilk kişiydi. Bu tarihi daha dar sınırlar içinde gösterebilmek için ek fosil buluntularına gerek vardır.
5. İnsansı sınıflandırmasında o dönemde yaşanan karmaşayı (otuzdan fazla genus, yüzden fazla tür ismi) düzeltmek için Ockham'ın usturasını kullandım ve 1950'de, tıpkı bugün sadece bir *Homo* türünün yaşadığı gibi, geçmişte belli bir zamanda sadece tek bir insansı türün yaşadığını ileri sürdüm. Sonraki araştırmalar önerimin aşırı bir basitleştirme olduğunu gösterdi.
6. Bkz. Mayr (1954).
7. Bkz. Stanley (1992).
8. Donald (1991)
9. Bkz. Mayr (1963: 650).
10. Mitton (1977)
11. Mayr (1982: 623-624)
12. Haldane (1949)

XII. Bölüm: Evrim Etiğin Nedenini Açıklayabilir mi?

1. "Yabanıl insanlar konusunda bütün bildiklerimiz, ya da tarihlerini tamamen unutmuş olan bugünkü sakinlerin geleneklerinden ve eski yapılardan çıkarabildiğimiz sonuçların tümü, başarılı olan kabilelerin, çok eski zamanlardan beri, öteki kabilelerin yerlerini ellerinden almış olduklarını göstermektedir (1871: 160).°
2. Sosyal hayvanlardaki özgecilik özgeci birey için mutlaka kayıp getirmek zorunda değildir. Darwin bunu çok güzel ifade etmiştir: "Şimdi gördük ki, davranışları, eylemleri, insan türünün ya da kabile üyelerinin bireysel esenliğine göre değil de, doğrudan kabilenin tümünün esenliği üzerindeki açık etkilerine göre iyi ya da kötü olarak değerlendirilmiş olanlar yabanıl insanlardır ve belki de ilk çağların insanıdır" (1871: 96).°° Darwin sosyallik ile etik kurallar arasındaki yakın ilişkiyi şu iddiayla ifade etmiştir: "Ahlak duygusu adıyla belirtilen bu vargı, başından beri toplumsal içgüdülerden doğduğu inanışıyla uyum içindedir" (1871: 97).°°°
3. De Waal (1996)
4. Wilson (1993) insanlarda ahlak duygusu bulunduğuna ilişkin kanıtları mükemmel bir biçimde sunmuştur. Bkz. Bradie (1994).
5. Sulloway (1996)
6. Kohlberg (1981; 1984)
7. Evrim ve etik konusunda son yirmi yılda geniş bir literatür ortaya çıkmıştır. Bunda E. O. Wilson'ın *Sociobilogy* (1975) adlı eserinin etkisi büyüktür. R. D. Alexander, A. Gewirth, R. J. Richards, M. Ruse ve G. C. Williams'ın da konuya önemli katkılarda bulunduklarını belirtmemiz gerekir. Bu yazarların görüşleri (ve yazıların kaynakçaları) yanı sıra çeşitli klasik denemelerle (T. H. Huxley, J. Dewey) diğer yazarlara ait 10 ayrı deneme, Nitecki ve Nitecki (1993) tarafından yayımlanan *Evolutionary Ethics*'te yer almaktadır. Bu eser evrimsel etik literatürüne çok yararlı bir giriş niteliğindedir.

° A.g.e., s. 182.
°° A.g.e., s. 168.
°°° A.g.e., s. 168.

Kaynakça

Adanson, M. *Familles des Plantes*. Paris, 1763.

Agar, W. E. "The wholeness of the living organism." *Phil. Sci.* 15 (1948):179-191.

Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, K. Roberts ve J. Watson. *Molecular Biology of the Cell*. 1. Basım. New York ve Londra: Garland, 1983.

Alexander, R. D. *The Biology of Moral Systems*. Hawthorne, N.Y.: Aldine de Gruyter, 1987.

Allee, W. C, A. E. Emerson. O. Park, T. Park ve K. P. Schmidt. *Principles of Animal Ecology*. Philadelphia: Saunders, 1949.

Allen, G. E. *Life Science in the Twentieth Century*. New York: John Wiley & Sons, 1975.

Alvarez, L. "Asteroid theory of extinctions strengthened." *Science* 210 (1980): 514-517.

Ashlock, P. "Monophyly and associated terms." *Syst. Zool.* 21 (1971): 430-438.

Avery, O. T., C. M. MacLeod ve M. McCarty. "Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types." *J. Exp. Med.* 79 (1944): 137-158.

Ayala, F. J. "The biological roots of morality." *Biol. and Phil.* 2 (1987): 235-252.

Ayala F. J., A. Escalante, C. O'Huigin ve J. Klein. "Molecular genetics of speciation and human origins." *Proc. Nat. Ac. Sci.* 91 (1994): 6787-6794.

Baer, K. E. von. *Entwicklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion*. Konigsberg: Borntträger, 1828.

Baker, J. R. "The evolution of breeding season." *Evolution: Essays on Aspects of Evolutionary Biology* içinde. Yay. Haz. G. R. de Beer. Oxford: Clarendon Press, 1938. 161-177.

——. "The cell theory: a restatement, history, and critique." *Quart. J. Microscopical Science* 89 (1948-1955): 103-123; 90: 87-108; 93: 167-190; 96: 449.

Barrett, P. H., P. J. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn ve S. Smith. *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844*. Ithaca: Cornell University Press, 1987.

Bates, H. W. "Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley." *Trans. Linn. Soc. Londra* 23 (1862): 495-566.

Bateson, P., yay. haz. *Mate Choice*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

Beatty, J. "The evolutionary contingency thesis." *Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences* içinde. Yay. Haz. G. Wolters ve J. Lennox. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. 45-81.

Beckner, M. *The Biological Way of Thought*. New York: Columbia University Press, 1959.

——. "Organismic biology." *Encyclopedia of Philosophy* içinde. 5. Cilt. 1967. 549-551.

Bertalanffy, L. von. *Problems of Life*. Londra: Watts, 1952.

Blandino, G. *Theories on the Nature of Life*. New York: Philosophical Library, 1969.

Blumenbach, J. F. *Beytrage zur Naturgeschichte*. Gttittingen, 1790.

Bock, W. "Foundations and methods of evolutionary classification." *Major Patterns in Vertebrate Evolution* içinde. Yay. Haz. M. Hecht, P. C. Goody ve B. M. Hecht. New York: Plenum Press, 1977. 851-896.

Bowler, P. J. *The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian Evolution Theories in the Decades around 1900*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.
Boveri, T. "Uber den Einflus der Samenzelle auf die Larvencharaktere der Echiniden." *Roux's Arch.* 16 (1903): 356.
Bradie, M. *The Secret Chain*. Albany: State University of New York Press, 1994.
Buffon, G. L. *Histoire naturelle, général et particulière*. 44 Cilt. Paris: Imprimerie Royale, puis Plassan, 1749-1804.
Carr, E. H. *What Is History?* Londra: Macmillan, 1961.
Cassirer, E. *The Problem of Knowledge: Philosophy, Science, and History since Hegel*. New Haven: Yale University Press, 1950.
Cavalier-Smith, T. "Membrane heredity, symbiogenesis, and the multiple origins of algae." *Biodiversity and Evolution* içinde. Yay. Haz. R. Arai, M. Kato ve Y. Doi. Tokyo: The National Science Museum Foundation, 1995a. 69-107.
——. "Evolutionary protistology comes of age: biodiversity and molecular cell biology." *Arch. Protistenkd* 145 (1995b): 145-154.
Cittadino, E. *Nature as the Laboratory*. New York: Columbia University Press, 1990.
Churchill, F. B. "Sex and the single organism: biological theories of sexuality in mid-nineteenth century." *Stud. Hist. Biol.* 3 (1979): 139-177.
Coleman, W. "Cell nucleus and inheritance: an historical study." *Proc. Amer. Philos. Soc.* 109 (1965): 124-158.
Coon, C. *The Origin of Races*. New York: Alfred A. Knopf, 1962.
Corliss, J. O. "An interim utilitarian ('user-friendly') hierarchical classification of the protista." *Acta Protozoologica* 33 (1994): 1-51.
Coyne, J. A., H. A. Orr ve D. J. Futuyma. "Do we need a new definition of species?" *Syst. Zool.* 37 (1988): 190-200.
Cremer, T. *Von der Zellenlehre zur Chromosomentheorie*. Berlin: Springer, 1985.
Crick, F. *Of Molecules and Men*. Seattle: University of Washington Press, 1966.
Darwin, C. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*. Tıpkıbasım. Yay. Haz. E. Mayr. Londra: Murray, 1859, 1964.
——. *The Descent of Man*. Londra: Murray, 1871.
——. *The Correspondence of Charles Darwin*, 9. Cilt: 269 [Henry Fawcett'a mektup, 18 Eylül 1861]. Cambridge: Cambridge Univeresity Press, 1994.
Davidson, E. H. *Gene Activity in Early Development*, 3. Basım. Orlando: Academic Press, 1986.
De Waal, Franz. *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals*. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
Diamond, J. *The Third Chimpanzee: The Evolution and Future of the Human Animal*. New York: HarperCollins, 1991.
Dijksterhuis, E. J. *The Mechanization of the World Picture*. Çev. C. Dikshoorn. Oxford: Clarendon Press, 1961.
Dobzhansky, T. *Genetics and the Origin of Species*. New York: Columbia University Press, 1937.
——. "On Cartesian and Darwinian aspects of biology." *Graduate Journal* 8 (1968): 99-117.
——. *Genetics of the Evolutionary Process*. New York: Columbia University Press, 1970.
Doflein, F. *Das Tier als Glied des Naturganzen*. Leipzig: Teubner, 1914.
Donald, Merlin. *Origins of the Modern Mind: Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.
Driesch, H. *Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre*. Leipzig: J. A. Barth, 1905.
——. *The Science and Philosophy of the Organism*. Londra: A. and C. Black, 1908.

DuBois-Reymond, E. "Gedachtnisrede auf-Johannes Müller." *Abt. Presa. Aked. Wiss.* 1859) 1860): 25-191.
——. *Über die Grenzen des Naturwissenschaftlichen Erkennens.* Leipzig, 1872.
——. *Die Sieben Weltratsel.* Leipzig, 1887.
Dupre, J. *The Disorder of Things.* Cambridge: Harvard University Press, 1993.
Edelman, G. *Topobiology: An Introduction to Molecular Embryology.* New York: Basic Books, 1988.
Egerton, F. N. "Studies of animal populations from Lamarck to Darwin." *J. Hist. Biol.* 1(1968): 225-259.
——. "Aristotle's population biology." *Arethusa* 8 (1975): 307-330.
Eigen, M. *Steps toward Life.* Oxford: Oxford University Press, 1992.
Eldredge, N. "The allopatric model and phylogeny in Paleozoic invertebrates." *Evolution* 25 (1971): 156-167.
Eldredge, N. ve S. J. Gould. "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism." Schopf içinde. 1972. 82-115.
Elton, C. "Periodic fluctuations in the numbers of animals: their causes and effects." *J. Exper. Biol.* 2 (1924):119-163.
——. *Animal Ecology.* New York: Macmillan, 1927.
Evans, F. C. "Ecosystem as the basic unit in ecology." *Science* 123 (1956): 1127-1128.
Feyerabend, P. "Explanation, reduction, and empiricism." *Minnesota Studies Philos. Sci.* 2 (1962): 28-97.
——. "Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge." *Minnesota Studies Philos. Sci.* 4 (1970) : 17-130.
——. *Against Method.* Londra: Verso, 1975.
Frege, G. *Die Grundlagen der Arithmetik: Eine logisch mathematische Untersuchung über den Begriff der Zahl.* Breslau: W. Koebner, 1884.
Geoffrey St. Hilaire, E. *Philosophie anatomique.* Paris, 1818.
Gerard, R. W. "Concepts and principles of biology." *Behavioral Science* 3 (1958): 95-102.
Ghiselin, M. T. *The Triumph of the Darwinian Method.* Berkeley: University of California Press, 1969.
——. *The Economy of Nature and the Evolution of Sex.* Berkeley: University of California Press, 1974.
——. " 'Definition', 'character,' and other equivocal terms." *Syst. Zool* 33 (1984): 104-110.
——. "Individuality, history, and laws of nature in biology." *What the Philosophy of Biology Is* içinde.Yay. Haz. M. Ruse. Dordrecht: Kluwer. 1989. 3-66.
Giere, R. N. *Explaining Science: A Cognitive Approach.* Chicago: University of Chicago Press, 1988.
Gilbert, S., yay. haz. *A Conceptual History of Modern Embryology.* New York: Plenum, 1991.
Glacken, C. J. *Traces on the Rhodian Shore: Nature and Culture in Western Thought.* Berkeley: University of California Press, 1967.
Gleason, H. A. "The individualistic concept of the plant association." *Bull. Torrey Bot. Club* 53(1926): 7-26.
Goldschmidt, R. *Physiological Genetics.* New York: McGraw-Hill, 1938.
——. "Different philosophies of genetics." *Science* 119 (1954): 703-710.
Goodwin, B. "Structuralism in biology." *Sci. Progress* 74 (Oxford) (1990): 227-244.
Goudge, T. A. *The Ascent of Life.* Toronto: University of Toronto Press, 1961.
Graham, L. R. *Between Science and Values.* New York: Columbia University Press, 1981.

Haeckel, E. *Generelle Morphologie der Organismen: Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie.* 2 cilt. Berlin: Georg Reimer, 1866.

——. "Ueber Entwickelungsgang u. Aufgabe der Zoologie." *Jenaische Z.* 5 (1870) [1869]: 353-370.

Haldane, J. B. S. "Human evolution: past and future." *Genetics, Paleontology and Evolution* içinde. Yay. Haz. G. L. Jepsen, E. Mayr ve G. G. Simpson. Princeton: Princeton University Press, 1949. 405-418.

Haldane, J. S. *The Philosophical Basis of Biology.* Londra: Hodder and Stoughton, 1931.

Hall, B. K. *Evolutionary Developmental Biology.* Londra: Chapman and Hall, 1992.

Hall, R. *The Scientific Revolution, 1500-1800.* Londra: Longmans, 1954.

Hall, T. S. *Ideas of Life and Matter.* 2 cilt. Chicago: University of Chicago Press, 1969.

Hamilton, W. D. "The genetical evolution of social behavior." *J. Theoret. Biol. 7* (1964): 1-16; 17-52.

Handler, P., yay. haz. *The Life Sciences.* Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1970.

Hanson, N. R. *Patterns of Discovery.* Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

Haraway, D. J. Crystals, *Fabrics, and Fields.* New Haven: Yale University Press, 1976..

Harper, J. L. *Population Biology of Plants.* New York: Academic Press, 1977.

Harre, R. *Varieties of Realism: A Rationale for the Natural Sciences.* Oxford: Oxford University Press, 1986.

Hempel, C. G. *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science.* Chicago: University of Chicago Press, 1952.

——. *Aspects of Scientific Explanation.* New York: Free Press, 1965.

Hempel, C. G. ve P. Oppenheim. "Studies in the logic of explanation" *Phil. Sci.* 15(1948): 135-175.

Hennig, W. *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik.* Berlin: Deutscher Zentralverlag, 1950.

Hertwig, O. "Beitrage zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies." *Morph. Jahrb.* 1 (1876): 347-434.

Hesse, R. *Tiergeographie auf Ökologischer Grundlage.* Jena: Fischer, 1924.

Heywood, V. H. *Taxonomy and Ecology: Proceedings of an International Symposium Held at the Dept. of Botany, University of Reading.* New York: Systematics Association by Academic Press, 1973.

Holton, G. *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein.* Cambridge: Harvard University Press, 1973.

Horder, T. J., H. A. Witkowski ve C. C. Wylie, yay. haz. *A History of Embryology.* New York: Cambridge University Press, 1986.

Hoyningen-Huene, P. *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science.* Chicago: University of Chicago Press, 1993.

Hughes, A. *A History of Cytology.* Londra ve New York: Abelard-Schuman, 1959.

Hull, D. L. "Central subjects and historical narratives." *History and Theory* 14 (1975): 253-274.

——. *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science.* Chicago: University of Chicago Press, 1988.

Humboldt, A. von. *Essay sur la Geograpahie des Plantes.* Paris, 1805.

Huxley, J. S. *Evolution, the Modern Synthesis.* Londra: Allen & Unwin, 1942.

Huxley, T. H. *Evidence as to Man's Place in Nature.* Londra: William and Norgate, 1863.

——. *Evolution and Ethics.* Romaner hecture. Londra: Oxford University Press, 1893.

Jacob, François. *The Logic of Life: A History of Heredity*. New York: Pantheon, 1973.
——. "Evolution and tinkering." *Science* 196 (1977): 1161-1166.
Jepsen, G. L., E. Mayr ve G. G. Simpson. *Genetics, Paleontology, and Evolution*. Princeton University Press, 1949.
Johannsen, W. *Elemente der Exakten Erblichkeitslehre*. Jena: Gustav Fischer, 1909.
Junker, Thomas. "Darwinismus, materialismus und die revolution von 1848 in Deutschland. Zur interaktion von politik und wissenschaft." *Hist. Phil. Life Sci.* 17 (1995): 271-302.
Kagan, J. *Unstable Ideas*. Cambridge; Mass.: Harvard University Press, 1989.
——. *Galen's Prophesy: Temperament in Human Nature*. New York: Basic Books, 1994.
Kant, I. *Kritik der Urteilskraft*. Berlin, 1790.
Kimura, M. *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
Kingsland, S. E. *Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
Kitcher, P. *The Advancement of Science*. New York: Oxford University Press,1993.
Kitcher, P. ve W. L. Salmon, yay. haz. *Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.
Kohlberg, L. *The Philosophy of Moral Development: Moral Stages and the Idea of Justice*. New York: Harper & Row, 1981.
——. *The Psychology of Moral Development: The Nature and Validity of Moral Stages*. San Francisco: Harper & Row, 1984.
Kölliker, A. von. *Beitrage zur Kenntniss der Geschlechtsverhaltnisse und der Samenflussigkeit wirbelloser Thiere, nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannnten Samenthiere*. Berlin: W. Logier, 1841.
——. "Das Karyoplasma und die Vererbung." *Kritik der Weismann'schen Theorie von der Kontinuitat des Keimplasma* içinde. Leipzig, 1886.
Kölreuter, J. G. (1760) Bkz. Mayr 1986a.
Korschelt, E. *Lebensdauer Altern und Tod*. Jena: Gustav Fischer, 1922.
Kuhn, T. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
——. "Reflections on my Critics." *Criticism and the Growth of Knowkdge* içinde. Yay. Haz. L. Lakatos ve A. Musgrave. Cambridge: Cambridge University Press, 1970. 231-278.
La Mettrie, J. O. de. *L'homme machine*. Leyden: Elie Luzac, 1748.
Lack, D. *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Clarendon Press, 1954.
Lakatos, L. ve A. Musgrave, yay. haz. *Criticism and the Growth of Knowkdge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.
Lamarck, J. B. *Philosophie zoologique, ou exposition der considerations relatives a l'histoire naturelle des animaux*. Paris, 1809.
Laudan, L. "Theories of scientific method from Plato to Mach." *Hist. Sci.* 7(1968): 1-63.
——. *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. Berkeley: University of California Press, 1977.
Lenoir, T. *The Strategy of Life*. Dordrecht: D. Reidel, 1982.
Leplin, J., yay. haz. *Scientific Realism*. Berkeley: University of Califorinia Press, 1984.
Liebig, J. *Ueber Francis Bacon von Verulam und die Methode von Naturforschung*. Munich: J. G. Cotta, 1863.
Lindeman, R. L. "The trophic-dynamic aspect of ecology." *Ecology* 23 (1942): 399-418.
Lorenz, K. "The fashionable fallacy of dispensing with description." *Naturwiss.* 60 (1973): 1-9.
Lloyd, E. *The Structure of Evolutionary Theory*. Westport, Conn.: Greenwood Press, 1987.

Lyell, C. *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation.* 3 cilt. Londra, 1830-1833.

MacArthur, R. H. ve E. O. Wilson. "An equilibrium theory of insular zoogeography." *Evolution* 17 (1963): 373-387.

Magnol, P. *Prodromus historiae generalis plantarum in quo familiae plantarum per tabulas disponuntur.* Montpellier, 1689.

Maier, A. *Die Mechanisierung des Weltbildes. Forschungen zur Geschichte der Philosophie und der Padagogik.* Leipzig, 1938.

Mainx, F. "Foundations of biology." *Int. Encycl. Unif. Sci.* 1 (1955): 1-86.

May, R. M. *Stability and Complexity in Model Ecosystems.* Princeton: Princeton University Press, 1973.

Maynard Smith, J., Jr. "Science and myth." *Natural History* 11 (1984): 11-24.

Mayr, E. "The origin and the history of the bird fauna of Polynesia." *Proc. Sixth Pacific Sci. Congress* 4 (1941):197-216.

——. *Systematics and the Origin of Species.* New York: Columbia University Press, 1942.

——. "History of the North American bird fauna." *The Wilson Bulletin* 58 (1946): 3-41.

——. "The problem of land connections across the South Atlantic, with special reference to the Mesozoic." *Bulletin of the American Museum of Natural History* 99: 85 (1952): 255-258.

——. "Change of genetic environment and evolution." *Evolution as a Process* içinde. Yay. Haz. J. Huxley, A. C. Hardy, and E. B. Ford. Londra: Allen & Unwin, 1954. 157-180.

——. "Cause and effect in biology: kinds of causes, predictability, and teleology are viewed by a practicing biologist." *Science* 134 (1961): 1501-1506.

——. *Animal Species and Evolution.* Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1963a.

——. "The new versus the classical in science." *Science* 141: 3583 (1963b): 765.

——. "Introduction." *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition* içinde. Yay. Haz. E. Mayr. Cambridge: Harvard University Press, 1964. vii-xxv.

——. "Avifauna: turnover on islands." *Science* 150 (1965): 1587-1588.

——. *Principles of Systematic Zoology.* New York: McGraw-Hill, 1969.

——. "The nature of the Darwinian revolution: acceptance of evolution by natural selection required the rejection of many previously held concepts." *Science* 176 (1972): 981-989.

——. *Evolution and the Diversity of Life:* Selected Essays. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1976.

——. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance.* Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

——. "Joseph Gottlieb Kolreuter's contributions to biology." *Osiris* 2. Seri. 2 (1986a): 135-176.

——. "Natural selection: the philosopher and the biologist." *Paleobiology* 12:233-239.

——. "The why and how of species." *Biol. and Phil.* 3 (1988): 431-441.

——. "Speciational evolution or punctuated equilibria." *Journal of Social and Biological Structures* 12 (1989): 137-158.

——. "Plattentektonik und die Geschichte der Vogelfaunen." *Current Topics in Avian Biology* içinde. Yay. Haz. R. van den Elzen, K.-L. Schuchmann ve K. Schmidt-Koenig. Proceedings of the International Centennial Meeting of the Deutsche Ornithologen-Gesellschaft, Bonn 1988. Bonn: Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, 1990. 1-17.

——. *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Cambridge: Harvard University Press, 199la.
——. "The ideological resistance to Darwin's theory of natural selection." *Proceedings of the American Philosophical Society* 135 (1991b): 123-139.
——. "The idea of teleology." *Journal of the History of Ideas* 53 (1992a): 117-135.
——. "Darwin's principle of divergence". *Journal of the History of Biology* 25 (1992b): 343-359.
——. "Darwin's impact on modern thought." *Proceedings of the American Philosophical Society* 139 (4) : 317-325.' (10 Kasım, 1994'te sunuldu)
——. "Systems of ordering data." *Biol. and Phil:* 10:4 (1995b): 419-434.
——. "What is a species and what is not?" *Phil. of Sci.* 63:2 (1996): 261-276.
Mayr, E. ve P. Ashlock. *Principles of Systematic Zoology*. Yenilenmiş Basım. New York: McGraw-Hill, 1991.
Mayr, E. ve W. Bock. "Provisional classifications v standard avian sequences: heuristics and communication in ornithology." *Ibis* 136 (1994): 12-18.
Mayr, E. ve J. Diamond. *The Birds of Northern Melanesia*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
McKinney, M. L. ve K. J. McNamara. *Heterochrony: The Evolution of Ontogeny*. New York: Plenum, 1991.
McLaughlin, P. "Newtonian biology and Kant's mechanistic concept causality." *Akten Siebenten Internationalen Kant Kongress* içinde. Yay. Haz. G. Funke. Bonn: Bouvier, 1991. 57-66.
McMullin, E., yay. haz.. *Construction and Constraint: The Shaping of Scientific Rationality*. Notre Dame, Ind.: Notre Dame University Press, 1988.
Medawar, P. B. *The Limits of Science*. Oxford: Oxford University Press, 1984.
Mendel, J. G. "Versuche über Pflanzen-hybriden." *Verh. Natur. Vereins Brunn* 4: 1865 (1866): 3-57.
Merriam, C. H. "Laws of temperature control of the geographic distribution of terrestrial animals and plants." *Nat. Geogr. Mag.* 6 (1894): 229-238.
Meyen, F. J. F. *Neues System der Pflanzenphysiologie*. 3 cilt. Berlin: Haude und Spenersche Buchhandlung, 1837-1839.
Michener, C. D. "Discordant evolution and the classification of allodapine bees." *Syst. Zool.* 26 (1977): 32-56; 27:112-118.
Milkman, R. D. "The genetic basis of natural variation III." *Genetics* 46 (196 l): 25-38.
Miller, S. J. "A production of amino acids under possible primitive earth conditions." *Science* 117 (1953): 528.
Mitton, J. B. "Genetic differentiation of races of man as judged by single-locus or multiple-locus analyses." *Amer. Nat.* 111 (1977): 203-212.
Moore, J. A. *Science as a Way of Knowing*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.
Morgan, C. L. *Emergent Evolution*. Londra: William and Norgate, 1923.
Müller, G. H. "First use of *biologie*." *Nature* 302 (1983): 744.
Munson, R. "Is biology a provincial science?" *Phil. Sci.* 42 (1975): 428-447.
Nagel, E. *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York: Harcourt, Brace & World, 1961.
Nageli, C. W. "Über die gegenwartige Aufgabe der Naturgeschichte, insbesondere der Botanik." *Zeitschr. Wiss. Botanik*. 1 ve 2. ciltler. Zürich (1845).
——. *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*. Leipzig: Oldenbourg, 1884.
Needham, J., yay. haz. *Science, Religion and Reality*. Londra: The Sheldon Press, 1925.
——. *A History of Embryology*. 2. Basım. New York: Abelard-Schuman, 1959.

Nitecki, M. H. ve D. V. Nitecki. *History and Evolution*. Albany: State University of New York Press, 1992.
——. *Evolutionary Ethics*. Albany: State University of New York Press, 1993.
Novikoff, A. "The concept of integrative levels and biology." *Science* 101 (1945): 209-215.
Odum, E. P. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: Saunders, 1953.
Orians, G. H. "Natural selection and ecological theory." *Amer. Nat.* 96 (1962): 257-264.
Pander, H. C. *Beitrage zur Entwicklungsgeschichte des Huhnchens im Eye*. Würzburg, 1817.
Papineau, D. *Reality and Representation*. Oxford: Clarendon Press, 1987.
Pearson, K. *The Grammar of Science*. Londra: W. Scott, 1892.
Peirce, C. S. *The Essential Writings*. Yay. Yaz. E. C. Moore. New York: Harper & Row, 1972.
Polanyi, M. "Life's irreducible structure." *Science* 160 (1968): 1308-1312.
Popper, K. *The Open Society and Its Enemies*. Londra: Routledge & Kegan Paul, 1952.
——. *Logic of Scientific Discovery*. New York: Harper & Row, 1968.
——. *Unended Quest: An Intellectual Autobiography*. La Salle, Ill.: Open Court, 1974.
——. *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*. Oxford: Clarendon Press, 1975.
——. *Realism and the Aim of Science*. New Jersey: Rowan & Littefield, 1983.
Putnam, H. *The Many Faces of Realism*. La Salle, Ill.: Open Court, 1987.
Redfield, R., yay. haz. "Levels of integration in biological and social sciences." *Biological Symposia VIII*. Lancaster, Penn.: Jacques Cattell Press, 1942.
Regal, P. J. "The evolutionary origin of feathers." *Quarterly Review of Biology* 50 (1975): 35-66.
——. "Ecology and evolution of flowering plant dominance." *Science* 196 (1977): 622-629.
Remak, R. "Über extracellulare Entstehung thierischer Zellen und über Vermehrung derselben durch Theilung." *Archiv fur Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin (Müllers Archiv)* 19 (1852): 47-72.
Rensch, B. "Typen der Artbildung." *Biol. Reviews* (Cambridge) 14 (1939): 180-222.
——. "Die biologischen Beweismittel der Abstammungslehre." *Evolution der Organismen*. Yay. Haz. G. Heberer. Jena: Gustav Fischer, 1943. 57-85.
——. *Neuere Probleme der Abstammungslehre*. Stuttgart: Enke, 1947.
——. *Biophilosophie*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1968.
Rescher, N. *The Limits of Science*. Berkeley: University of California Press, 1984.
——. *Scientific Realism: A Critical Reappraisal*. Dordrecht: Reidel, 1987.
Ricklefs, R. E. *Ecology*. 3. Basım. New York: Freeman, 1973; 1990.
Ritter, W. E. ve E. W. Bailey. "The organismal conception: its place in science and its bearing on philosophy." *Univ. Calif. Pub. Zool.* 31 (1928): 307-358.
Rosen, D. "Fishes from the upland intermountain basins of Guatemala." *Bull. Amer. Mus. Nat. His.* 162 (1979): 269-375.
Rosenfield, L. L. *From Beast-Machine to Man-Machine*. New York: Oxford University Press, 1941.
Roux, W. *Über die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren*. Leipzig: Engelmann, 1883.
——. *Gesammelte Abhandlungen über Enftvicklungsmechanik der Organismen*. 2 cilt. Leipzig: Engelmann, 1895.
——. "Das Wesen des Lebens." *Kultur der Gegenwart* III 4: 1 (1915): 173-187.
Ruse, M. *Sociobiology: Sense or Nonsense?* Boston: D. Reidel, 1979a.
——. *The Darwinian Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 1979b.

Russell, E. S. *Form and Function: A Contribution to the History of Animal Morphology*. Londra: J. Murray, 1916.

——. *The Directiveness of Organic Activities*. Cambridge: Cambridge University Press, 1945.

Saha, M. "Spemann seen through a lens." *Developmental Biology: A Conceptual History of Modern Embryology* içinde Yay. Haz. S. F. Gilbert. New York: Plenum Press, 1991. 91-108.

Salmon, W. C. *Scientific Explanation and the Causal Stuctures of the World*. Princeton: Princeton University Press, 1984.

——. *Four Decades of Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.

Sarich, V. M. ve A. C. Wilson. "Immunological time scale for hominid evolution." *Science* 158 (1967): 1200-1202.

Sattler, R. *Biophilosophy*. Berlin: Springer, 1986.

Schleiden, M. J. "Beitrage zur Phytogenesis." *Archiv fur Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin (Müllers Archiv)* 5 (1838): 137-176.

——. *Grundzuuge der wissenschaftlichen Botanik*. Leipzig, 1842.

Schmidt-Nielsen, K. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. 4. Basım. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Schopf, Thomas J. M., yay. haz. *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman, 1972.

Schwann, Th. *Mikroskopische Üntersuchungen Über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen*. Berlin, 1839.

Semper, K. G. *Animal Life as Affected by the Natural Conditions of Existence*. New York: Appleton, [Almanyadaki basımı, 1880] 1881.

Severtsoff, A. N. *Morphologische Gesetzmassigkeiten der Evolution*. Jena: Gustav Fischer, 1931.

Shapiro, J. H. *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*. New York: Summit Books, 1986.

Shropshire, W., Jr. *Fhe Joys of Research*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1981.

Simpson, G. G. *Tempo and Mode in Evolution*. New York: Columbia University Press, 1944.

——. *Principles of Animal Taxonomy*. New York: Columbia University Press, 1961.

——. "Biology and ethics." *Biology and Man*. Yay. Haz. G. G. Simpson. New York: Harcourt, Brace and World, 1969. 130-148.

Singer, P. *The Expanding Circle*. New York Farrar, Straus and Giroux, 1981.

Slack, J. M., P. W. Holland ve C. F. Graham. "The zootype and the phylotypic stage." *Nature* 361 (1993): 490-492.

Sloan, P. R. "From logical universals to historical individuals: Buffon's idea of biological species." *Histoire des concepts d'especе dans la science de la vie*. Yay. Haz. J. Roger ve J. L. Fischer. Paris: Fondation Singer-Polignac, 1986.

Smart, J. J. C. *Philosophy and Scientific Realism*. Londra: Routledge & Kegan Paul, 1963.

Smuts, J. C. *Holism and Evolution*. New York: Viking Press, 1926; 1965.

Snow, C. P. *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York: Cambridge University Press, 1959.

Spemann, H. "Über Correlationen in der Entwicklung des Auges." *Verhcadl Anat Ges*. 15 (1901): 15-79.

Spemann, H. ve H. Mangold. "Über Induktion von Embryoanlagen durch Implantation artfremder Organisatoren." *Roux's Archiv* 100 (1924): 599-638.

Stanley, S. M. *Macroevolution: Pattern and Process*. San Francisco: W. H. Freeman, 1979.

——. "An ecological theory for the origin of Homo." *Paleobiology* 18 (1992): 237-257.
Stebbins, G. L. *Variation and Evolution in Plants*. New York: Columbia University Press, 1950.
Stent, G. *The Coming of the Golden Age: A View of the End of Progress*. New York: Natural History Press, 1969.
Stern, C. "In praise of diversity." *Am. Zool.* 2 (1962): 575-579.
——. "Thoughts on research." *Science* 148 (1965): 772-773.
Stresemann, E. *Ornithology: From Aristotle to the Present*. Cambridge: Harvard University Press, 1975.
Sulloway, Frank. *Born to Rebel*. New York: Pantheon Press, 1996.
Suppe, F., yay. haz. *The Structure of Scientific Theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974; 1977.
Tansley, A. G. "The use and abuse of vegetational concepts and terms." *Ecology* 16 (1935): 204-307.
Thagard, P. *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press, 1992.
Thompson, P. "Conceptual and logical aspects of the 'new' evolutionary epistemology." *Can. J. Phil.* 14 (1988): 235-253.
——. *The Structure of Biological Theories*. Albany: State University of New York Press, 1989.
Thoreau, H. D. *Faith in a Seed*. Washington, D.C.: Island Press, [1856-1862 çiv.]; 1993.
Thornton, Ian. *Krakatau: The Destruction and Reassembly of an Island Ecosystem*. Cambridge: Harvard University Press, 1995.
Trevino, S. *Graincollection: Human's Natural Ecological Niche*. New York: Vintage Press, 1991.
Treviranus, G. R. *Biologie, oder Philosophic der lebenden Natur*. 1. Cilt. Gottingen: J. R. Rower, 1802.
Trigg, R. *Reality at Risk: A Defense of Realism in Philosophy and the Sciences*. 2. Basım. New York: Harvester Wheatsheaf, 1989.
Trivers, R. L. *Social Evolution*. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1985.
Tschulok, S. *Das System der Biologie in Forschung und Lehre*. Jena: Gustav Fischer, 1910.
Van Fraassen, B. C. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press, 1980.
Waddington, C. H. *The Ethical Animal*. Londra: Allen and Unwin, 1960.
Walbot, V. ve N. Holder. *Developmental Biology*. New York: Random House, 1987.
Warming, J. E. B. *Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie*. Berlin, 1896.
Weismann, A. *Über die Vererbung*. Jena: Gustav Fischer, 1883.
——. *Essays upon Heredity*. Oxford: Clarendon Press, 1889.
Weiss, P. "The place of physiology in the biological sciences." *Federation Proceedings* 6 (1947): 523-525
——. "Medicine and society: the biological foundations." *J. Mount Sinai Hospital* 19 (1953): 727.
Wheeler, W. H. "Present tendencies in biological theory." *Sci. Monthly* 28: 2 (1929): 97-109.
Whewell, W. *Philosophy of the Inductive Sciences Founded upon Their History*. 1. Cilt. Londra: J. W. Parker, 1840.
White, M. *Foundations of Historical Knowledge*. New York: Harper and Row, 1965.
Wilson, E. B. *The Cell in Development and Heredity*. 3. Basım. New York: Macmillan, 1925.
Wilson, E. O. *Sociobiology*. Cambridge: Harvard University Press, 1975.
Wilson, J. Q. *The Moral Sense*. New York: Free Press, 1993.
Windelband, W. "Geschichte der alten Philosophie: Nebst einem Anhang: Abriss der Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften." *Altertum von Siegmunnd Günter*içinde. 2 cilt. Munich: Beck, 1894.

Wolff, C. F. *Theoria generationis. Halle*, 1774.

Woodger, J. H. *Biological Principles: A Critical Study*. Londra: Routledge and Kegan Paul, 1929.

Wynne-Edwards, V. C. *Animal Dispersion in Relation to Social Behavior*. Edinburgh: Oliver Boyd, 1962.

——. *Evolution through Group Selection*. Oxford: Blackwell Scientific Press, 1986.

Yasa *Uluslararası Zooloji İsimlendirme Yasası*. Uluslararası Biyoloji Bilimleri Birliği Genel Kurulu'nda kabul edildi. *International Code of Zoological Nomenclature*. Adopted by the General Assembly of the International Union of Biological Sciences. Berkeley: University of California Press, 1985.

Sözlük

Açık program: Gelişimi ve etkinlikleri etkileyecek bilgileri kazanıp, saklama yeteneğinde olan doku takımı.

Akraba seçilimi: Ortak soy aracılığıyla akraba olan bireylerde, bu bireylere ait genotiplerin paylaşılan bileşenlerine yönelik seçilim.

Allopatrik türleşme: Coğrafi türleşme.

Apomorfi: Kökendeş özelliklerin evrimsel dizisi içinde türemiş bir statü.

Aşamalı gelişim: Evrimin yeni tiplerin birdenbire ortaya çıkmasıyla (saltasyonlar) değil, popülasyonların aşamalı olarak değişmesiyle ilerlediğini ileri süren kuram.

Bates mimikrisi: Lezzetli tadı olan bir türün lezzetli olmayan ya da toksik olan bir başka türün görünümünü taklit etmesi.

Baz çifti: DNA ikili zincirinde karşılıklı olarak yer alan ve birbirlerine hidrojen bağları ile bağlı azotlu baz çifti (bir purin ve bir pirimidin).

Belirlenimcilik: Her olayın ortaya çıkışının, önceden belirlenmiş katı ve kesin nedenlere ve doğal yasalara bağlı olduğunu ve dolayısıyla kuramsal olarak tahmin edilebileceğini söyleyen kuram.

Belirli gelişim: Gelişen embriyo içindeki embriyonik hücrelerin geleceğinin onların pozisyonları tarafından belirlendiği ve embriyonun her bölgesinin hemen hemen tümüyle diğer kısımların etkisinden bağımsız olduğu gelişim; mozaik gelişim.

Birörneklilik: Jeolog Charles Lyell tarafından önerilen ve doğadaki tüm değişimlerin, özellikle de jeolojik değişimlerin aşamalı olduğunu ileri süren kuram; doğal afetler kuramının karşıtı.

Biyolojik tür kavramı: Kendi aralarında çiftleşebilen, üreme açısından (genetik olarak) yalıtılmış doğal popülasyonlar için kullanılan tür tanımı.

Biyota: Fauna ve flora.

Canlıcılık: Doğanın bütün varlıklarında insanınkine benzer ruhlar bulunduğu yolundaki inanış.

Coğrafi türleşme: Popülasyonların coğrafi olarak yalıtılmış hale gelmeleri sırasında oluşan türleşme; allopatrik türleşme olarak da bilinir.

Deme: Bir türe ait lokal bir popülasyon; belirli bir lokalitede melezleşme potansiyeli olan bireylerden oluşan komünite.

Dış deri (ektoderm): Genellikle epidermis ve sinir sistemine öncülük eden dıştaki embriyonik hücre tabakası.

Dikopatrik türleşme: Atasal bir türün coğrafi, bitki örtüsüyle ilgili veya diğer dış engellerle bölünmesiyle gerçekleşen türleşme.

Diploit: Her biri ebeveynlerin birinden gelen çift kromozom takımlarına sahip birey.

Dirimselcilik: Canlı organizmaların cansız maddede bulunmayan bir yaşam gücüne ya da yaşamsal maddeye sahip oldukları düşüncesi.

Dişi seçimi: Daha çok dişinin muhtemel adaylar arasından çiftleşeceği erkeği seçtiği hipotezi; bu hipotez modern eşeysel seçilim teorisinin bir kısmını oluşturur.

DNA melezleştirmesi: İki taksonun ne kadar yakın akraba olduğunu test etme yöntemi.

DNA: Deoksiribonükleik asit; genetik bilgiyi aktaran molekül.

Doğa cetveli (scala naturae): Büyük varlık zinciri olarak da bilinen, Klasik dönem ve ortaçağa ait, evrende katı bir hiyerarşik düzenin var olduğu fikri.

Doğal afetler kuramı: Yeryüzü tarihindeki katastrofik olayların biyotayı kısmen veya tümüyle yok ettiğini öne süren kuram.

Doğal çeşitler: Tipolojik tür kavramıyla tanımlandığı biçimiyle organizma tipleri.

Doğal dinbilim: Yaratıcı'nın gücüne ve hikmetine ait kanıtları yeryüzündeki tasarımlarda belgelemek üzere yapılan doğa araştırması.

Doğal seçilim: Bir popülasyondaki bireylerin küçük bir kısmının hayatta kalış ve üreme yeteneklerini artıran özelliklere (o anda) sahip olmalarından ötürü, rasgele olmayan hayatta kalış ve üreme başarısı.

Doğal tanıma: Bir açık programda bilgi biriktiren, oldukça hızlı ve büyük ölçüde geri-dönüşümsüz öğrenme süreci.

Durağanlık (stasis): Sabit bir fenotipin jeolojik zaman boyunca evrimsel bir soy çizgisinde kalması.

Düzenleyici gelişim: Embriyonun ilk döneminde her hücrenin çevresinden etkilendiği gelişme.

Ekson: Proteinleri (peptidleri) kodlayan baz dizilerini içeren gen bölgesi; bkz. İntron.

Ektoterm: Vücut sıcaklığı çevrenin sıcaklığı tarafından belirlenen organizma.

Epistatik etkileşimler: Farklı gen lokuslarının etkileşimi.

Erekçilik: Doğal dünyada, önceden saptanmış nihai bir amaca ya da mükemmelliğe ulaşmak üzere içsel bir eğilim olduğuna ilişkin inanış; bkz. Teleoloji (erekbilim)

Eşeysel seçilim: Üreme başarısını artıran özelliklerin seçilmesi.

Evrimsel nedensellik: Bireylerin ya da türlerin özelliklerinden ve daha çok genotip bileşiminden (genetik program) sorumlu olan tarihsel etmenler.

Evrimsel sentez: Evrimciler arasında, esasen doğal seçilim, uyum ve varyasyon çalışmalarını içeren Darwinci paradigmayı temel alarak kavramsal birliğin kurulduğu, 1937 ile 1950 arasındaki dönem.

Fenetik: Taksonların, soylarına bakılmaksızın, tamamen genel benzerliklerine dayanarak sınırlandırılması ve sıralanması.

Fenotip: Bir bireyin genotipinin bireyin çevresiyle etkileşiminden kaynaklanan özelliklerinin tümü.

Filogeni: Bir türün tek bir ata soydan zaman içinde değişikliklere uğrayarak meydana gelmesi.

Fizikselcilik: Klasik fizikte baskın olan özcülük, belirlenimcilik, indirgemecilik vd. gibi belirli ilkelerin öne çıkarılması (ve bunlara inanılması).

Gamet: Organizmanın tam kromozom takımının yarısını içeren üreme hücresi (yumurta ya da sperm), özellikle döllenmede görev alma yeteneğine sahip olgun üreme hücresi; bkz. Genetik rekombinasyon; Mayoz.

Gen: Bütün canlılarda, eşey hücreleriyle kuşaktan kuşağa aktarılacak kromozomların yapısında yer alan ve taşıdığı genetik bilgiyle protein bireşimini (sentez) yönlendirecek bireyin kalıtsal özelliklerini belirleyen kalıtım birimi.

Genetik program: Organizmanın DNA'sında kodlanan bilgi.

Genetik rekombinasyon: Organizmanın genlerinin mayoz sırasında yeniden karışması; bu olay, organizmanın yumurtalarında ya da spermlerinde bulunacak kromozomların, hem kendi ebeveyninden kalıtımla gelen kromozomlardan farklı olmalarını, hem de her yumurta ve spermdeki kromozomların birbirleriyle özdeş olmamalarını garanti altına alır.

Genetik sürüklenme: Rastlantısal olaylar sonucunda bir popülasyonun gen içeriğinde gerçekleşen değişimler.

Genetik şifre: DNA'daki baz çifti dizilerinde kodlanan ve amino asitlere (proteinlerin yapıtaşları) çevrilen (translasyon) genetik bilgi.

Genom: Tek bir gamet tarafından taşınan genlerin tümü.

Genotip: Bir bireyin genlerinin (genetik bilgisinin) tümü.

Geri dönüş: Türemiş (apomorfik) bir özelliğin kaybı sonucunda, atasal bir özelliğin filogenide yeniden ortaya çıkması.

Haploit: Tek bir kromozom takımı kapsayan hücre ya da organizma.

Holofiletik taksonlar: Bir tek köken türden türeyen tüm taksonlar.

Homoplazi: İki ya da daha fazla taksonun sahip olduğu ve en yakın ortak atadan türeme yoluyla değil, konvergens, paralellik ya da geri dönüşle kazanılmış özellikler.

Irsiyet plazması (Germplasm): Üreme hücrelerinin genetik malzemesini ifade etmek için kullanılan, modası geçmiş bir terim.

İç deri (endoderm): Genellikle sindirim sistemine öncülük eden, içteki embriyonik hücre tabakası.

İndirgemecilik: Karmaşık olaylara (canlılar dahil) ve yasalara ilişkin her olgunun, onları en küçük bileşenlerine indirgeyerek, bu bileşenler hakkında edinilen bilgi ile açıklanabileceğini savunan felsefe.

İndirgenme bölünmesi: Kromozom sayısının yarıya indiği mayoz hücre bölünmesi; diploit hücreden iki adet haploit hücre oluşturan bölünme.

İntron: Nüleik asitlerin protein (peptid) bilgisine çevrilmeden (translasyon) önce elenen ve kodlayıcı olmayan baz çifti dizisi.

İşlevsel nedensellik: Yakın nedensellik.

Kapsayıcı uyum: Yakın akrabalar ve özelikle de önceki nesillerin genotipi tarafından bireyin genotipinin uyumuna yapılan katkılar.

Kardeş gruplar: Filogenetik bir soy çizgisinin ayrılmasıyla oluşan gruplar.

Kardeş türler: Üreme açısından yalıtılmış oldukları halde, morfolojik olarak özdeş veya özdeşe yakın olan türler.

Karışımsal kalıtım: Anneden ve babadan gelen genetik malzemelerin döllenme sırasında kaynaştığını öne süren ve artık değerini yitirmiş olan görüş (bkz. kısmi kalıtım).

Kartezyencilik: Descartes'ın inançları, yöntemleri ve felsefesi.

Kategori: Linnaeus hiyerarşisinde bir taksona atfedilen rütbe (örneğin tür, genus, familya, takım).

Kazanılmış özellikler: Bir organizmanın kalıtımdan çok çevresel etkiler sonucunda kazandığı özellikler.

Kazanılmış özelliklerin kalıtımı: Organizmanın fenotipinde çevresel etmenlerin neden olduğu değişimlerin, bir sonraki kuşağa organizmanın genetik malzemesi ile aktarılacağını iddia eden, ancak günümüzde geçerliliğini yitirmiş kuram.

Kesintili dengeler kuramı: Önemli evrimsel olayların kısa türleşme devrelerinde gerçekleştiğini ve tür oluşumu bir kez gerçekleştiğinde, bazen uzun dönemler boyunca, türlerin görece kararlı kaldıklarını öne süren kuram.

Kısmi kalıtım: Ebeveynlerden gelen genetik malzemenin, döllenme sırasında kaynaşmadığını ve bağımsız olarak kaldığını öne süren, artık ispatlanmış olan kuram (bkz. karışımsal kalıtım).

Kladistik analiz: Filogeni içinde organizmaların dallanma sıralarını ortaya çıkarmak üzere yapılan ve büyük ölçüde türemiş özelliklere dayanan analiz.

Kladistik sınıflandırma: Organizmaları filogenetik ağacın dalları şeklinde (kladogram) düzenleyen sistem; Hennig sınıflandırması.

Kladogram: Filogenetik ağacın çıkarımla oluşturulan dallanma şeması.

Kladon: Hennig'in kladifikasyon ilkelerine göre oluşturulan takson.

Konvergens: Birbirleriyle akraba olmayan iki ya da daha fazla soy çizgisinin evrim sırasında birbirlerinden bağımsız olarak aynı özelliği kazanması.

Köken tür: Yeni bir apomorfi ile yeni bir klad ortaya çıkaran tür.

Kökendeş (homolog) özellikler: İki ya da daha fazla taksonun paylaştığı ve en yakın ortak atadaki benzer bir özellikten türemiş olan özellikler.

Kromatin: Kromozomları oluşturan, DNA ve protein içeren malzeme.

Kromozom: Hücre çekirdeğinde ipliğe benzeyen ve DNA ile proteinlerden oluşan yapılardan biri.

Kurucu popülasyon: Daha önceki tür sınırları ötesinde, tek bir dişi (ya da az sayıdaki tür üyesi) tarafından kurulan popülasyon.

Lamarckçılık: Lamarck'ın evrim kuramları; özellikle kazanılmış özelliklerin kalıtıldığına ilişkin inanış.

Makroevrim: Tür düzeyinin üstündeki evrim, daha yüksek taksonların evrimi ve yeni yapıların ortaya çıkışı gibi evrimsel yenilikler.

Makrotaksonomi: Yüksek taksonların sınıflandırılması.

Mayoz: Kökendeş kromozomların eşleşmesi ve ayrılması ile tanımlanan, gelişen üreme hücrelerinde ard arda gerçekleşen iki özel hücre bölünmesi; sonuçta ortaya çıkan üreme hücreleri, haploit kromozom takımına sahip olurlar.

Meckel-Serrès yasası: Rekapitülasyon.

Metazoa: Çokhücreli hayvanlar âlemi.

Mezoderm (orta deri): Bağ dokusu, kaslar ve kemiklere öncülük eden embriyonik orta hücre tabakası.

Mezozoik Zaman: 225 milyon yıl öncesi ile 65 milyon yıl öncesi arasında yer alan jeolojik dönem; sürüngenler devri.

Mikrotaksonomi: Tür düzeyinde yapılan sınıflandırma.

Mitoz: Bir hücrenin (kromozom takımıyla birlikte) iki yavru hücreye bölünme süreci.

Monofili: Bir taksonun aynı ya da daha alt düzeydeki en yakın ortak atasal taksondan türemesi.

Morfotip: Yapısal tip.

Mozaik gelişim: Belirli gelişim.

Mutasyon: Bir organizmanın herhangi bir geninin DNA dizisinde kendiliğinden ya da indüklenme sonucu ortaya çıkan değişim; mutasyonlar çoğunlukla DNA replikasyonundaki (kopyalama) bir hatadan kaynaklanırlar.

Nihai nedensellik: Evrimsel nedensellik.

Niş: Bir türün kaynak sağladığı, çok-boyutlu alan; türün ekolojik gereksinimleri.

Nötral evrim: Bireyin ya da yavrularının uyumunda bir değişim yaratmayan kalıtsal mutasyonların ortaya çıkması ve birikmesi.

Ontogenez: Bireyin döllenmiş yumurtadan (zigot) erginliğe kadar devam eden gelişimi.

Organikçilik: Canlı organizmalara özgü niteliklerin, organizmanın bileşiminden çok organizasyonuna bağlı olduğuna inanış.

Ortak soy: Türlerin ya da daha yüksek taksonların ortak bir atadan türemesi.

Ortaya çıkma: Herhangi bir sistemde, entegrasyonun üst düzeylerindeki özelliklerin, alt düzeydeki bileşenler hakkındaki bilgilerden yola çıkarak tahmin edilemeyecek biçimde ortaya çıkışı.

Ortogenez: Filogenetik bir soy çizgisini, daha önceden belirlenmiş bir amaca ya da hiç değilse daha mükemmele doğru taşıyan içsel bir güç ya da eğilim olduğuna inanış.

Otekoloji: Tür (ve bireylerin) ekolojisi.

Otogenetik kuramlar: Canlı doğada amaca yönelik güçler ya da eğilimler olduğu inancına dayanan kuramlar.

Ototroflar: Besin gereksinimlerini kendileri üretebilen organizmalar (örneğin, güneş ışığı yardımıyla besinlerini üreten bitkiler).

Ökaryotlar: İyi gelişmiş bir çekirdeğe sahip olan organizmalar; prokaryotların üst düzeyindeki tüm organizmalar.

Ön oluşum: Embriyonun içinde "önceden oluşmuş" bir ergin olduğunu ileri süren ve günümüzde geçerli olmayan kuram.

Özcülük: Doğadaki çeşitlerin kesinkes sınırlanmış ve değişken olmayan tiplerle temsil edilen, kısıtlı sayıda temel sınıfa indirgenebileceği konusundaki inanış; tipolojik düşünce.

Özellik: Fenotip bileşenlerinin her biri.

Özgecilik: Belli bir bedel ödenerek başka organizmaların yararı için gösterilen davranış.

Pangenez: Kazanılmış özelliklerin kalıtımını açıklamaya çalışan ve vücudun bütün kısımlarından yola çıkan küçük granüllerin (gemuller, pangenler) cinsel salgı bezine (gonad) giderek, orada gametlere dahil olduklarını ileri süren kuram.

Parafiletik: Türemiş bir taksona doğru yönelmiş bir soy çizgisi içeren takson.

Parapatrik türleşme: Birbirlerine bitişik coğrafi yayılışa sahip oldukları halde, temas bölgesinde birbirleriyle hiç çiftleşmeyen (ya da asgari düzeyde çiftleşen) iki popülasyonun, giderek iki ayrı tür halinde farklılaşmaları.

Parsimoni: En kısa, yani en az sayıda dallanma noktası (özellik değişiklikleri) olan ağacın en iyi ağaç olduğuna ilişkin taksonomik ilke.

Partenogenez: Döllemsiz çoğalma; doğal ya da deneysel olarak erkek gametle döllenme olmaksızın dişi gametin üremesi.

Peripatrik türleşme: Çevrede yalıtılmış kurucu popülasyonların değişikliğe uğraması yla yeni türün başlaması (tomurcuklanma).

Pleitropi: Tek bir genin birden fazla özellikten sorumlu olması.

Poligenik özellikler: Çeşitli genler tarafından kontrol edilen fenotipik özellikler.

Poliploidi: İkiden fazla haploit kromozom takımına sahip olmak.

Politipik tür: Çeşitli alttürlerden oluşan tür.

Popülasyon düşüncesi: Eşeyli olarak üreyen bir popülasyondaki her bireyin biricik olduğunu ve dolayısıyla popülasyonların gerçek değişkenliğini vurgulayan görüş; özcü ve tipolojik düşüncenin zıddı.

Primat: Memeliler sınıfına ait, lemurları, maymunları ve insansı maymunları içeren takımın üyesi.

Prokaryotlar: Çeşitli bakteriler gibi çekirdek yapısından yoksun, tekhücreli organizmalar.

Protistler: Tekhücreli ökaryotların heterojen birlikteliği.

Rasgele süreçler: Rastlantıya bağlı olaylar.

Rekabetçi dışlama: Birbirine benzer ekolojik gereksinimleri olan iki ayrı türün aynı yerde birlikte var olmaması ilkesi; Gause ilkesi olarak da bilinir.

Rekapitülasyon: Organizmaların gelişimleri sırasında, atalarının geçtiği filogenetik aşamaları yinelediğini öne süren kuram; Meckel-Serres yasası olarak da bilinir.

Santral dogma: Proteinlerin taşıdığı bilginin ters yönde, yani nükleik asitlere doğru çevrilemeyeceğini (translasyon) söyleyen ve artık kanıtlanmış olan iddia.

Sıçramalı evrim: Evrimsel değişimin aniden ortaya çıkan yeni bir bireyin başlangıç oluşturmasıyla gerçekleştiği düşüncesi.

Sınıflandırma (Darwinci): Türlerin ya da daha yüksek taksonların hem benzerlik (evrimsel uzaklaşma derecesi) hem de ortak soy (soy ağacı) temelinde gruplar (sınıflar) halinde düzenlenmesi.

Sıralı oluşum (epigenez): Yeni yapıların, yaşamsal gücün etkisiyle ontogenez sırasında farklılaşmamış malzemeden oluştuğunu ileri süren ve günümüzde geçerliliğini yitirmiş olan kuram; bkz. Ön oluşum.

Simpatrik türleşme: Coğrafi yalıtım olmaksızın, muhtemelen ekolojik özelleşme aracılığıyla türleşme; grup içinde yalıtım mekanizmalarının kazanılması.

Sinekoloji: Komünite ve ekosistemlerin ekolojisi.

Sistematik: Organizmaların çeşitliliğini inceleyen bilim.

Sitoplazma: Çekirdek çevresindeki hücre içeriği.

Somatik program: Gelişimde, embriyonik bir yapının ya da dokunun gelişimini kontrol edebilecek veya etkileyebilecek olan ve komşu dokularda bulunan bilgi.

Sosyobiyoloji: Sosyal davranışın ve özellikle üreme davranışının biyolojik temellerinin sistematik olarak araştırılması.

Stratigrafi: Jeolojik katmanların tarihi ve bu katmanların içerdiği flora ve faunanın incelenmesi.

Takson: Belirli özellik kümelerini paylaşan ve formel bir isim almayı hak edecek kadar farklılaşmış, monofiletik organizmalar grubu.

Taksonomi: Organizmaların sınıflandırılmasıyla ilgili kuram ve uygulamalar.

Teleoloji: Doğada gerçekte ya da görünüşte sonuca yönelik süreçlerin varlığı ve bunların incelenmesi.

Teleonomik süreç: Amaca yönelik oluşunu, bir programın işleyişine borçlu olan süreç ya da davranış.

Tersiyer (Üçüncü Zaman): Temel jeolojik devirlerin en sonuncusu; aşağı yukarı 65 milyon yıl öncesi ile 500.000-2000.000 yıl öncesi arasını kapsayan zaman dilimi.

Tipolojik düşünce: Özcülük.

Tipolojik tür kavramı: Farklılaşma derecesi temel alınarak yapılan tür tanımı.

Transpozonlar: Bir kromozomdan bir diğerine hareket eden genler.

Tür (biyolojik): Aynı yalıtım mekanizmalarını paylaştıkları için birbiriyle çiftleşebilen, üreme açısından yalıtılmış popülasyonların birlikteliği.

Tür kategorisi: Linnaus hiyerarşisinde tür taksonlarının yerleştirildiği kategori.

Tür kavramı: "Tür" sözcüğünün biyolojik anlamı ya da tanımı.

Türleşme evrimi: Peripatrik kurucu popülasyon olarak başlayıp, hızla evrimleşen tür.

Uyum bölgesi: Organizmanın uyum gösterdiği çevre içerisinde yer alan ve o organizmaya kaynak sağlayan bölge.

Uyum: Bir organizmanın hayatta kalarak, genlerini bir sonraki kuşağın gen havuzuna aktarabilme yeteneği.

Uyuma yönelik program: Yapıların, süreçlerin ve etkinliklerin uyumla ilgili önemini bulmak üzere yapılan araştırmalar.

Uyumluluk: Daha önceki seçilimin sonucu olarak bir yapının ya da bir organizmanın çevresi ya da yaşam tarzı için uygunluğu.

Üreme hücresi: Yumurta ya da sperm.

Varyant: Değişebilen bir popülasyonun üyesi.

Vikaryans: Doğal bir engelin oluşumuyla ikincil bir yalıtıma uğramış olan ve birbirleriyle bağlantılı olmayan coğrafi alanlarda yaşayan yakın akraba formların (vikaryantlar) varlığı.

Yakın nedensellik: Biyolojik süreçlerden, yani genetik programın deşifre edilmesinden kaynaklanan etkinliklerden sorumlu kimyasal ve fiziksel etmenler.

Yalıtım mekanizmaları: Aynı alanı paylaşan farklı türlere ait popülasyonlardaki bireylerin birbirleriyle çiftleşmelerini engelleyen genetik (ve davranışsal) özellikler.

Yapay seçilim: Bitki ya da hayvan ıslahçılarının damızlık seçmesi.

Yaratılışçılık: Yaratılış hikâyesinin aynen Kutsal Kitap'ta anlatıldığı gibi olduğuna inanış.

Yumuşak kalıtım: Kazanılmış fenotipik özelliklerin genotipe aktarılabilmesine ilişkin, geçerliliği olmayan görüş; bkz. Santral dogma.

Zigot: Döllenmiş yumurtu; iki gamet ve bunların çekirdeklerinin birleşmesiyle oluşan birey.

Dizin

açık davranış programı, 314
açıklama mantığı, 41, 57-58
ada biyocoğrafyası, 265
Adanson, Michel, 111
Adlandırma, 176-177
Agassiz, Louis, 84-85
ağaçkakan, 252
ahlak duygusu: kökeni, 306
  akıl yürütme ya da hayatta kalışın sonucu oluşu, 310-311
  kazanılmış, 311-314
  doğuştan, 311-314
ahlak sistemi, insanlık için en iyi, 317-322
aile, 289-290
akıl, insan, 288
akraba seçilimi, 302
akrabalık, 132, 174
alet kullanımı, 281-282
aletler, 6
aletli iş görme, 132
algılama, 86
Alvarez göktaşı, 266
Alvarez, Walter, 78, 221
Andrewartha, H. G., 256
angiospermae, 267
anlama, 29
apomorfi, 159
archaebacteria, 178-179
Archaeopteryx, 84, 216
Aridipithecus ramidus, 275
Aristoteles, 30, 130, 150, 183-184
  eidos, 184
Ashlock, Peter, 137, 172
asli güç (*vis essentialis*), 188-189
astronomi, 30
aşamalılık, 116, 219-220
aşırı nüfus, 321
Atlantis, 39
Australopithecus, 274-275
Avery, Oswald, 199
avizeağacı güvesi, 258
avlanma, 283-284, 285
Ayala, Francisco, 277, 307

Babunlar, 305
Bacon, Sir Francis, 56
Bacteria, 178
Baer, Karl Erst von, 185-186, 193, 196-197
  Von Baer yasası, 197
bağıntı, genotipteki, 206, 234
Baker, John, 140
başarının ödüllendirilmesi, 304
Bateson, Pat, 303
Beatty, John, 59, 65
belirlilik, 31
bellek, 91
benzerlik, 164-166, 171
Berg, L., 223
Bernard, Claude, 6, 12, 131
besin zinciri, 258-259
beşeri bilimler, bilimden farklı olarak, 42-44
betimleme, 136
beyin, 86-92, 284
Bichat, F. X., 12, 131
bilgi kuramı, 86-87, 121-122
bilim felsefesi, 41-42, 56, 57
bilim insanları, 47-51
bilim karşıtı akım, 96
bilim, 27-51, 53
  tanımı, 25
  modern bilimin kökeni, 30-34
  betimleyici, 32
  felsefesi, 34, 75
  yerel, 34-36
  birliği, 37
  ortak özellikler, 37
  ve dinbilim, 37
  açıklık, 38-39
  ve felsefe, 40
  amaçları, 44-46
  sosyolojisi, 49
  dili, 68
  ilerlemesi, 95-97, 119
  gelişmesi, 99
  sınırları, 125-127
  geleceği, 127
bilimde fikir birliği, 101
bilimde sosyoekonomik etmenler, 61, 62
bilimin ilgi alanları, 37
bilimsel araştırma, 44-46
Bilimsel Devrim, 2, 4, 5, 28, 29, 30, 31, 40, 53, 55, 56
bilimsel devrimler, 110-111
bilimsel, 88
bilinç, 288
Birch, Charles, 256
birey, 203, 311-313
biriciklik, 77, 78, 79, 149

birlik, 263-265
birlikte evrim, 257-258
birörneklilik kuramı, 219
bitki ekolojisi, 250
bitkiler, fotosentez yapan, 258-259
biyocoğrafyacılar, 82
biyoçeşitlilik, 145, 149-150, 229
biyogenetik yasası, 197
biyolog, 65-66
  evrimsel, 137
Biyoloji Konseyi, 134
Biyoloji, 130-131, 338
  bağımsız bir bilim olarak, 34-37
  yeni yapılandırma girişimleri, 134
  klasik alt dallar, 146
  çeşitlenmiş bir bilim olarak, 147
biyolojik açıklamalar, 83
biyolojik disiplinler, 134, 137
biyom, 263
Blastula, 193-194
Blumenbach, J. F., 12, 13, 131
Bock, Walter, 136
Bohr, Niels, 18, 20
botanik, 133, 145-147
Boveri, Theodor, 106-109
Brown, Robert, 101
Brücke, Ernst, 6
Buffon, 113, 131, 157, 261
Bush, Vannevar, 127
bütüncülük, 20-22

Cactoblastis, 258
Caenorhabditis, 192, 201
canlı fosiller, 98
canlı organizmaların büyüklüğü, 26
canlıcı doğa görüşü, 1
Carr, E. M., 42-43
Carson, Rachel, 321
Cavalier-Smith, T., 179
Clements, Frederic, 262-263
Comte, Auguste, 300
Coon, Carleton, 276
Crick, Francis, 18
Cro-Magnon, 277-278, 289
Cuvier, Georges, 131

çekirdek, 104-105
çeşitlilik, 137, 264-266
çıkarım, 77
çoğulculuk, 81-83, 124, 245, 267
çoğulluk, 82
çözülmemiş muammalar, 93

dallanan soyağacı, 214, 215
Daphnia, 220
Dart, R. A., 273
Darwinci bilgi kuramı, 119
Darwinci devrim, 114-115
Darwinci olmayan kuramlar, 222-223
Darwinci sınıflandırma, 164-170
Darwincilik, 15, 17, 46, 56, 65, 86
Darwin, Charles; ve evrim kuramı, 1, 212
  teleoloji karşıtı olarak, 15
  ve rastlantı, 44
  ve doğal seçilim, 44, 222, 224-225
  tutarsızlığı, 48
  filozof, 55
  Bacon'ın takipçisi olmadığı, 56
  ve varyasyon, 69, 211
  ve çoğulculuk 81
  ve süreklilik görüşü, 84
  ve karşılaştırmalı yöntem, 132
  ve "Niçin?" soruları, 139
  ve biyolojik tür kavramı, 155
  ve ortak soy, 214
  ve türleşme, 217-219
  ekoloji üzerindeki etkisi, 249
  ve insan etiği, 297
  ve kapsayıcı uyum, 301
  ve grup seçilimi, 307
  ve kişilik özelliklerinin aktarılabilirliği, 313
davranışçılar, 312-313
de Graaf, Regnieu, 185
develer, 84
De Vries, Hugo, 69
değer yargısı olmayan bilim, 46
değerler, 46-47
değişme, genetik kaynaklı olmayan, 237-238
deney, 32, 64 doğal, 32
deneycilik, mantıksal, 58, 65
Descartes, 2, 4, 30, 42
devinimler, 7-8
dış etmenler, 62
dil, 284-286, 288
  evrimi, 288
dinbilim, bilimden ne şekilde ayrıldığı, 37-40
Ding an sich, 88
dinler, 38
dinozorlar, 63, 78, 166, 266-267
diploitlik, 187
dirimselciler, 3, 9-11, 14, 16, 18
dirimselcilik, 3, 5, 9-19
dişi seçimi, 228
DNA, 23, 107, 167, 186, 224
  kodlama yapmayan, 126
  melezleştirmesi, 171

programı, 189
genetik bilginin taşıyıcısı, 199
farklı çeşitleri, 237
Dobzhansky, Theodosius, 213, 230
Doğa felsefesi, 13, 131
doğa tarihi, 130, 248
doğal afetler kuramı, 220
doğal dinbilim, 29, 86, 249
doğal seçilim, 44, 81, 86, 124, 236, 256, 299-300
Darwin'in kuramı, 222, 224-225
doğal tanıma, 90, 314
doğanın düzenliliği, 73
doğaüstü, 5, 40, 53
doğaya karşı sorumluluk, 321
doğrulama, 57, 81
doku nakli deneyleri, 194
döllenme, 8, 104-105, 107, 186-187
Driesch, Hans, 9, 14-15, 134
Drosophila, 99, 201-202
metamerik yapısı, 201
DuBois-Reymond, Emil, 6, 7, 125
Dupre, J., 172
durağanlık (stasis), 169, 206, 207, 232, 233, 234
duyarlık, 13
dünya resminin mekanikleştirilmesi, 4, 5
dünya, 86-89
orta, 87
düzenleyici mekanizmalar, 25
düzenleyici, 196

ebeveyn bakımı, 234
Efsane, 96
Ehrlich, Paul, 321
Einstein, Albert, 93
ekoloji, 247-269
tarihi, 248-249
birey ekolojisi, 250-251
tür ekolojisi, 251-252
komünite ekolojisi, 260-261
tartışmalar, 267-269
ekosistem, 263-264
Eldredge, Niles, 85, 206, 232-233
Elton, Charles, 251-252, 257-258
emboîtement, 188
embriyoloji, 9, 139
embriyonik tabakalar, 186, 193-195
özgüllükleri, 194
enerji, 7-8
engeller, 236-238
Entelegkheia, 11
erekçilik, 15
eşeysel seçilim, 220, 228-231
eşitlik, 294-295

etik, 297
  doğalcı, 249
  ve davranış, 306-307, 312
  kuralların kazanılması, 307-311
  ve akıl, 310
  genetik programlama, 312
  ve eğitim, 315
  çevre, 321
  bireye karşı toplum, 321
etik, insan, 297
etoburlar, 258-259
Eubacteria, 178
Evans, F. C., 264
evlilik, 290
evrim, 209, 248
  ortaya çıkan, 22
  özelleşmiş, 84, 232
  anlamı, 210
  transformasyonal, 210
  transmutasyonal, 210
  varyasyonal, 210
  bir gerçek, 212
  kültürel, 288
evrimsel sentez, 229-230
evrimsel bilgi kuramı: bilişsel, 86
  Darwinci, 86, 110, 119
evrimsel biyoloji, 202
  ilerlemeler, 112
evrimsel farklılaşma hızı, 167, 206

farklılaşma, 189
farklılaşma ilkesi, 254
felsefe, bilimden ne şekilde ayrıldığı, 40-42
fenetik, nümerik, 112, 170
  hatalar, 171
fenotip, 24
feodal toplumlar, 310
Feyerabend, Paul, 47, 66, 119
filetik evrim, 211-212
filogenetik ağaç, 64, 216
filogenetik dallanma, 164
fizik, 5, 5, 34, 35, 75
fizikselciler, 3, 3-9, 17
fizikselcilik, 3-11, 17, 249
fizyoloji, 6
fosil kaydı, 84, 232
fosil taksonları: sınıflandırılması, 168
  insansı, 279

galaksilerarası, 87
Galenos, 130
Galileo, 5
Galton, Francis, 294
gastrulasyon, 205

Gause, G. E, 264
gelişim biyolojisi, 183, 203
gelişim, 13, 182
  belirli, 191, 195-196, 201
  düzenleyici, 191, 195-196, 201
gelişim mekaniği, 9
gelişme: bilimsel, 97-100
  sistematikte, 111-112
  evrimde, 234
gen: doğası, 200
  etki eklenmesi, 234
genel yasalı açıklama, 59
genetik kod, 215
genetik program, 14, 17, 19-20, 83, 89, 185
genetik rekombinasyon, 224
genetik varyasyon, 207
genetik, 17, 98, 143, 147, 189, 198
  gelişimsel, 198
  aktarım, 198
  fizyolojik, 198
genişleyen halka, 319
genotip, 24
gerçek, 37, 39, 56
gerçekçilik: sağduyu, 38, 67, 88
geri dönüş (reversal), 165
Ghiselin, Michael, 137
Giere, R., 55
Gleason, Herbert, 263, 264
Goethe, Johann Wolfgang, 131
Goldschmidt, Richard, 199, 231
Gould, Stephen J., 85, 206, 232
göçler, sosyal, 242
göz merceği, indüklenme, 195
gözlem, 32, 64
gözlerin kökeni, 219
Grinnell, Joseph, 252
grup etiği, 306
grup seçilimi, 240, 256
güç kaymaları, biyolojideki, 144

H. W. Bates, 226
Haeckel, Ernst, 15, 197, 204, 216, 217, 247
Haldane, J. B. S., 295
Haldane, J. S., 19, 21
Hardin, Garrett, 321
Harper, J. L., 250
Harvey, William, 185
hatalar, 49
Havva Ana hipotezi, 276
Heisenberg, Werner, 18
Helmholtz, Hermann, 6
Hempel, Carl, 59
Hennig, Willi, 112, 155, 170
Herschel, William, 40, 83, 139

Hertwig, Oskar, 105, 109
heterokroni, 207
hipotez, 61, 71
hiyerarşi, 163
  Linnaeus, 168
holofiletik, 172
Holton, Gerald, 74
Homeobox genleri, 148
Homo erectus, 276-277, 279, 280, 281, 283, 284, 288, 293
Homo habilis, 275-276, 279, 288
Homo rudolfensis, 275
Homo sapiens sapiens, 277-278, 288
Homo sapiens, 77, 271-277, 279, 280, 288, 293
homoplazi, 165
Hooke, Robert, 100
Hox genleri, 202
Hull, David, 137
Humboldt, Alexander von, 249, 261
Hume, David, 78
Hutchinson, Evelyn, 252
Huxley, Julian, 322
Huxley, T. H., 28, 210, 217, 230, 299
hücreler, 102-103
Hücrebilimi, 100-101
  tarihi, 109
hücre biyolojisi, 100-101
hücre kuramı, 182, 186, 193
hümanizma, evrimsel, 322

iç etmenler, 62
iki anlamlılık, 71
iki ayaklılık, 282-283
ikilik, 24
iletişim sisteminin istikrarlılığı, 175
indirgemecilik, 20
indirgenme bölünmesi, 106
insan biyolojisi, 43, 272, 292
insan etiğinin kökeni, 299
insan hastalıkları, 164
insan ırkları, 292-293
insan merkezli gelenek, 217
insan: kökeni, 217
  evrimi, 271-273
  insansı maymunlarla akrabalığı, 273-275
  ortaya çıkışı, 281
insanlarda grubun büyüklüğü, 289
insanlaşma, 282
integron, 23-24
isimler, taksonomik, 176-178
işlev genişlemesi, 219
işlevde değişme, 219-220
izah, 70

Jacob, Francois, 18, 23, 66
Jennings, H. S., 86
jeoloji tarihi, 96

kabul edilen görüş, 59
kardeş gruplar, 173
kalıtım, kazanılmış özellikler, 223
Kambriyen, 203, 233
Kant, Immanuel, 14, 40, 54, 88, 103
kapsayıcı uyum, 301-303
kardeş türler, 154
karşılaştırma, 152
kategori, 167
kayıp halka, 84
kendiliğinden oluşum, 103
kesinlik, 42, 92
kesintili dengeler, 85, 206, 232
kesintililik, 168
keşifler, 61-62, 117
  moleküler, 244
kısıtlayıcı etmen, 253
Kimura, M., 239
kimya, 5, 34, 35
Kitcher, Philip, 96
kladifikasyon, 111, 170, 171-175
  bazı eksiklikleri, 173
kladistik. *Bkz.* kladifikasyon
kladon, 173
klimaks, 262-263
Koelreuter, J. G., 105, 188
Kolliker, R. A., 8, 16, 186
konvergens, 165
koruma, 146, 321
köken tür, 171
kökendeşlik kriteri, 165
körelmiş yapılar, 204
Krakatau, 262
kromozom, 107-110
K-seçilim stratejisi, 255
kuantum evrimi, 231
Kuhn, Thomas S., 110-112, 93, 118-122
Kuhncu devrimler, 120
kuram yapısının anlamsal tasarımı, 59-60
kuramlar, 55, 71-72, 96-98
  oluşturulmaları, 62-63, 189
  ilerlemeler, 79
  çürütülmeleri, 97-98
kurucu popülasyonlar, 85, 206-207, 218, 232
kültürel aktarım, 120
kültürel grupc, 305
kürtaj, 318

La Mettrie, 5
Lack, David, 140, 256
Lamarck, 48, 96, 113, 210, 212, 271, 272
Laudan, L., 93
Lebenskraft, 11, 14
Leeuwenhoek, A., 186
Lenoir, Timothy, 10
Leopold, Aldo, 269, 321
Liebig, Justus von, 6, 57
Lindeman, R., 264
Linnaeus, C, 130, 149, 271
Linnaeus hiyerarşisi, 215
Lloyd, Elizabeth, 60
Loeb, Jacques, 6, 8
loncalar, 256
Lorenz, Konrad, 88-89, 316
Lotka, A. J., 251
Ludwig, Carl, 6
Lyell, Charles, 48, 221

MacArthur, Robert, 265
Magendie, Francois, 131
Maier, A., 4
makine, 4-5
makroevrim, 230-232
makrotaksonomi, 153, 159, 161
Malpighi, 185, 187
Mangold, Hilde, 196
mantık, 57
mantıksal bölme, 162
Marsh, George Perkins, 268
matematik, 5, 30
May, Robert, 265
mayoz, 224
Mayr, Ernst, 136, 230, 232
Meckel-Serres yasası, 197
mekanik, 30
mekanikçiler, 3
melezler, 69, 155
memeli uterusu, 185
memeliler, 79
  yayılışları, 222
Mendel, Gregor, 69
Mendelciler, 98, 229
Merriam, C. Hart, 249
Merton, Robert, 49
Meyen, F. J. F., 101
mezoderm (orta deri), 193
Michener, Charles D., 167
Miescher, Johann Friedrich, 8, 105, 186
mikroskop, 100-101, 132
mikrotaksonomi, 153
Milkman, Roger, 207
Miller, Stanley, 213

mimikri, 226
mitoz, 105-106, 190
model, 71
moleküler biyoloji, 115-116, 148, 200, 243
monofiletik, 164, 165, 168, 172
monofili (tanım), 168
monogami, 289
Montpellier ekolü, 12
Moore, John A., 34
morfoloji, karşılaştırmalı, 143
Morgan, Lloyd, 23
Morgan, T. H., 69, 124
mozaik evrim, 275
Munson, Ronald, 36
mutasyon, 69, 83
mükemmellik, 236
Müller, Johannes, 6, 12, 13, 17, 132

Nagel, Ernest, 21
Nägeli, Karl Wilhelm von, 7, 8
"Nasıl?" soruları, 80, 126, 138-141
"Ne?" soruları, 126, 136, 138
Neanderthaller, 273, 277-278, 289
  ve *Homo sapiens sapiens*, 278
nedensellik, 67, 79, 244
  doğaüstü, 33
  yakın (işlevsel), 80, 140
  nihai (evrimsel), 80, 140
Newton, Isaac, 93
"Niçin?" soruları, 81, 126, 138-141
nihai nedensellikler, 139-143
niş, 155, 166, 252-253, 254
  doldurulmamış, 252
Nobel Ödülleri, 30
Novikoff, Alex, 21
nötral evrim, 239
nümerik fenetik, 112, 170

Odum, Eugene, 264
Odum, Howard, 264
olasıcılık, 83
olgu, 72
Oppenheim, Paul, 59
organikçiler, 19-24
organikçilik, 3, 19-24, 34, 83
organizasyon, 21-24, 25
organizma sistemleri, 178-179
Orians, G. H., 140
ormansızlaştırma, 269
ortak soy kuramı, 111-118, 214-217
ortaya çıkma, 22-24
ortogenetik kuramlar, 223
Osborn, H. E, 223

Ostwald, Wilhelm, 7
otoburlar, 253, 257-259
Otopomorfi, 172-174

öğrenme, 315
öjenik, 294
ökaryotlar, 178
ölüm oranı, yoğunluğa bağlı, 256
ölüm, 1-2
ön oluşum, 13, 102, 104, 184, 187
öncelik, 48, 49, 178
özcülük, 70, 273
özgecilik, 299-307
  kapsayıcı uyum, 301
  kaşılıklı, 303
  saf, 304

paleoekoloji, 266
paleontolog, 230, 266
Pander, Christian, 185, 193
pangenez, 184
papağanlar, 214
paradigma, 110-112
paradigmalar, derin, 124
parafiletik, 168, 173
paralel yollar, 85
paralellik, 165
partenogenez, 182
Pearl, Raymond, 251
Pithecanthropus erectus, 273
Pithecanthropus erectus, 273
plaka tektonoği, 117
pleitropik, 207, 234
poliandri, 290
poligenik özellik, 234,
polijini, 289
poliploidi, 219, 223, 245
Popper, Karl, 47, 49, 55, 58, 62, 65-66, 70-71, 118, 119
popülasyon biyolojisi, 250
popülasyon düşüncesi, 152, 252
popülasyon, dalgalanan, 257
popülasyonlar, 156, 219, 251
  coğrafi olarak yalıtılmış, 156
programlar: genetik, 19, 24
  somatik, 25, 205
  kapalı ve açık, 89-92
prokaryotlar, 178
protein, 107, 199
protistler, 89, 179, 215
protoplazma, 11, 16
psiko-dirimselcilik, 11
psikozoa, 280

rakip tür kavranları, 157-159
Ramapithecus, 273
rasgele mutasyon, 83
rasgele (stokastik) süreçler, 31
rastlantı, 29, 83, 142, 225, 238
Rathke, Heinrich, 185, 197
Regal, Philip, 267
rekabet, 253-257
rekabetçi dışlama, 254
rekapitülasyon, 196-198, 204-205
Remak, Robert, 103, 186
Rensch, Bernhard, 230
Ritter, W. E., 20
Romanes, G. J., 140
Rosen, Donn, 159
Roux, Wilhelm, 7, 9, 106, 190, 237
r-seçilim stratejisi, 255
ruh, 1-2, 4
Ruse, Michael, 242
Russell, Bertrand, 308
Russell, E. S., 21 Rutherford, E., 139
rütbe, 167, 173

Sachs, Julius, 6
sağduyu, 27, 67
sahtekârlık, 48
saldırganlık, 313
Salmon, W., 60
sayılar piramidi, 258-259
scala naturae, 197
Schelling, E W. J., 13
Schleiden, Matthias, 6, 101
Schmalhausen, Ivan, 199
Schrodinger, Erwin, 18
Schwann, Theodor, 102
seçilim birimi, 238-239
seçilim karşıtlığı, 17
seçilim, 225
  normalleştirici, 203
  eşeysel, 220, 228-231
  iki basamaklı bir süreç, 224
  "...nın seçilimi", 238
  "... için seçilim, 238
  birimi, 238-239
  hedefi, 238-239
sentetik kuram, 115
Severtsoff, A. N., 219
sıçramalı evrim (saltationism), 213, 222-223, 229, 231
sınama, 39, 63-65
sınıflandırma, 133, 149, 161-170, 178
  aşağıya doğru, 111, 161
  yukarıya doğru, 111, 163
  evrimsel, 112, 164

yaşam bilimleri, 143
işlevleri, 151
özel amaçlı, 163
Darwinci, 163, 164, 166
insanların, 166
sıralı oluşum, 13, 104, 184, 187-189
silahlanma yarışı, 257
simbiyoz, 257
Simpson, George Gaylord, 136, 158, 230, 231, 306
sinekoloji, 260, 261
Singer, R, 319
sistematik, 130
tanımı, 150
sistemler: düzenli, 19, 25
uyum gösteren, 25
açık, 26
amaca yönelmiş, 25
son derece karmaşık, 126
sitoplazma, 15-16
Smart, J. J. C, 73
Smuts, J. C, 20, 21
Snow, C. R, 42
sorular, 61
hipotezlere götüren, 61
sosyal hayvanlar, 305-306
sosyobiyoloji, 241-243, 302
soy tükenmesi, 63, 220, 136, 266
evrensel, 236
soy, 164
sölenterler, 193
Spemann, Hans, 195-196
Spencer, Herbert, 140
Stahl, Georg Ernst, 12
Stebbins, G. Ledyard, 230
Stensen, Niels, 185
Strasburger, Edward. 8
süksesyon, 262-263
süperorganizma, 263

şempanze, 274, 281

tahmin yürütme, 29, 31, 63-64
kronolojik, 63
tahmin, 54, 61
taksonlar, 170, 173, 174, 1760
taksonomi, 149-153
araştırması, 259-260
tamamlayıcılık ilkesi, 18
tanımlama, 70
Tansley, A. G., 264
taponomi, 266
tarihsel anlatılar, 58, 77-79
Teilhard de Chardin, Pierre, 223
tek ebeveynli organizmalar, 156

Teleoloji, 14, 17, 18
teleomekanikçiler, 10
tema, 74
terimler, 68-69
  anlam değişmesi, 68-69
teşhis modelleri, 162
Theophrastus, 150, 163
Thompson, P., 60, 120
Thoreau, Henry David, 262
tıp, 33, 130
Timofeeff-Ressovsky, Nikolai, 230
tip, adlandırmada, 177
tomurcuklanma, 170
toplu soy tükenmeleri, 220-222
topobiyoloji, 196
transmutasyonal evrim, 210
Trevino, S., 284
Treviranus, G. R., 131
Trivers, Robert, 300
tutarsızlık, 48-49
tümevarım, 28, 56
tür kavramı: tipolojik, 153
  biyolojik, 155-156
  güçlükler, 156-157
  nominalist, 157-158
  evrimsel, 157-159
  filogenetik, 157-159
  tanımlayıcı, 157, 159
  tür, 153-161
  problemi, 153
  monoipik, 156
  politipik, 156
  sayılarının artması, 159, 217
  kategorisi, 159
  evrimde, 159
  taksonları, 159
  sınıflandırılması, 161
  ekolojide, 161
  yer değiştirme, 241, 254
  seçilimi, 241, 254
  sayıları, 260
türleşme, 118, 212, 217-218
  coğrafi (allopatrik), 122, 217, 218
  simpatrik, 123, 218
  dikopatrik, 218
  peripatrik, 217, 218
  parapatrik, 219
türün yayılma alanının sınırları, 253
tüyler, 93-94, 220

Uexküll, Jacob J. von, 87
Ulusal Akademi, 135
uyarılabilme, 13
uygarlık, 291

uyuma yönelik program, 228
uyumluluk, 211

üreme başarısı, 229
üreme stratejisi, 255
üreme, eşeyli, 181-182
üreticiler, 258
varyasyon, 120
  kaynağı, 120
  morfolojik, 154
  coğrafi, 154, 207
  ortaya çıkması, 224
varyete, 68, 69, 153
vejetasyon tipleri, 261
vicdan, 316
vikaryans, 82
Volterra, V., 251

Waddington, Conrad H., 199, 207,
Wagner, Moritz, 123
Wald, George, 144
Wallace, Alfred Russel, 48, 62
Warming, Eugene, 261
Weismann, August, 2, 106, 107, 190, 198
Weiss, Paul, 140
Wheeler, W. M., 136
Whewell, William, 40, 151
White, Gilbert, 249
Williams, G. C, 256
Wilson, E. O., 241
Wilson, James, 308
Woese, Carl, 216
Wolff, Caspar Friedrich, 13, 185
Wöhler, Frederick, 16

yakın nedensellikler, 138-143
yalıtım mekanizmaları, 155, 217, 218
yanlışlama, 39, 57-58, 81
yapısalcılar, 141
yasalar, 18, 31-32, 73-74, 132
yaşam, 1-26
  özellikleri, 24-26
  döngüsü, 26, 259
  kökeni, 213-214
yaşamın kökeni, 213-214
yaşamsal güç, 6, 7, 11, 12, 16
yeni kavramlar, 29, 45, 74, 116-117
yeni-Lamarckçı kuramlar, 223
yırtıcılık, 254
yırtıcı baskısı, 257-258
yöntem, varsayımsal-tümdengelimli, 56
  karşılaştırmalı, 132
  deneysel, 133

Zeitgeist, 61, 62, 248
zigot, 187
zooloji, 133, 145
zootip, 202
zorunluluk, 225

Biyolojinin son yüzyılda gösterdiği büyük ilerlemenin bir görgü tanığı ve bu alandaki en önemli kavramlardan bazılarının mucidi olan Ernst Mayr, bilimle ilgili, biyolojiyi merkeze koyan, biyolojiyle ilgili olarak da bütüncü, evrimci düşünceye önceliği geri kazandıran bir uzgörü sunuyor. Evrimsel biyolojide "modern sentezin" öncülerinden biri olan yazar, aynı zamanda modern biyoloji felsefesini kuran kişi ve "20. yüzyılın Darwin'i" olarak anılıyor.

Mayr ilk altı bölümde, biyoloji felsefesi ve tarihi üzerine daha önceki kitaplarında da yer verdiği "Yaşamın ayırt edici özellikleri nelerdir?", "Bilim nedir?", "Biyoloji bağımsız bir bilim midir?", "Bilim (ve özellikle biyoloji) doğal dünyayı nasıl açıklar?", "Bilim ilerler mi?", "Yaşam bilimleri nasıl bir yapıya sahiptir?" sorularını ele alarak, bilimi ve biyolojinin bilim içindeki yerini tartışıyor. Sonraki dört bölümde tarihsel bağlam içerisinde biyolojinin dört alt disipliniyle (biyolojik çeşitlilik, gelişim biyolojisi, evrim ve ekoloji) ilgili örnek çalışmaları ele alıyor. Kitap, insan evrimi ve etiği üzerine iki bölümlük bir tartışmayla son buluyor.

Ernst Mayr'ın son kitabı olan ***Biyoloji Budur*** yaşam bilimleri üzerine bir inceleme olmanın yanı sıra bilime adanmış olağanüstü bir yaşamın zengin birikimini içeriyor.



KİTAP
2006
SKB 0368334 VGC

ISBN 978-975-403-480-6

9 789754 034806 01

Fiyatı: 8 YTL (KDV dahil)

Basılı fiyatından farklı satılamaz

Kapak resmi: Detay, "Leaf-Litter Layer,"
© Michael Rothman

