GELECEĞİN FİZİĞİ



MICHIO KAKU

2100 YILINA KADAR BİLİM
İNSANLIĞIN KADERİNİ VE GÜNLÜK YAŞAMIMIZI
NASIL ŞEKİLLENDİRECEK?

ODTÜ YAYINCILIK

"Büyüleyici... Okuyucu, başı dönmüş, memnun ve kelimenin tam anlamıyla devrimci bir şekilde dünyaya bakarak sahneden iniyor."
-Washington Post Book World

"Berrak ve alaycı üslubuyla, en göksel fikirleri dünyaya indirebilme becerisiyle, zaman zaman biraz bilimsellik katılmış gelecek-bilimden keyif alma hevesiyle... Michio Kaku ileri fiziğin en popüler kitaplarından birini yazmış."
-Wall Street Journal

"Düşünülemeyeni düşündürtmeye çalışan, muhteşem bir macera."
-New York Times Book Review

"Bilimsel araştırmaların en zihin çelici olasılıklarına, meslekten birinin bilgece ve merak uyandıran bakışı."
-Chicago Tribune

"Ulaşılabilir, eğlenceli ve ilham verici."
-New Scientist

"Büyüleyici açıklamalar nefes kesici bir şekilde sunulmuş... Baştan sona çekici... Muhteşem!"
-Philadelphia Inquirer

"Canlandırıcı bir deneyim."
-Christian Science Monitor

"Kaku, muazzam miktarda malzemeyi ele almış... Hem de berrak ve canlı bir üslupla"
-Los Angeles Times Book Review

Geleceğin Fiziği

Michio Kaku

Geleceğin Fiziği

Michio Kaku

2100 Yılına Kadar Bilim
İnsanlığın Kaderini ve Günlük Yaşamımızı
Nasıl Şekillendirecek?

ODTÜ YAYINCILIK

PHYSICS OF THE FUTURE
How Science Will Shape Human Destiny and Our Daily Lives by the Year 2100

© 2011 by Michio Kaku

GELECEĞİN FİZİĞİ
2100 Yılına Kadar Bilim İnsanlığın Kaderini ve Günlük Yaşamımızı Nasıl Şekillendirecek?

Michio KAKU

ISBN: 978-605-5164-67-6

ODTÜ Geliştirme Vakfı
Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları

Bu kitabın telif hakları Akcalı Telif Hakları Ajansı aracılığı ile alınmıştır.
©Tüm yayın hakları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.'nindir.
Yayıncının izni olmaksızın, hiçbir biçimde ve hiçbir yolla, bu kitabın içeriğinin bir bölümü ya da tümü yeniden üretilemez ve dağıtılamaz.

Yayın Yönetmeni
İlhami BUĞDAYCI

Çevirenler
Yasemin Saraç OYMAK
Hüseyin OYMAK

Kapak Tasarımı
İnova Tasarım

Sayfa Düzeni
Emrullah ÖZ

5. Basım Nisan 2016
Ayrıntı Basım Yayım ve Matbaacılık Hiz. San. Tic. Ltd. Şti.
İvedik Organize San. 770. Sok. No: 105 Ostim-ANKARA
Tel: (312) 394 55 90 Faks: (312) 394 55 94
Sertifika no: 13987

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.
Üveçler 1042. Cad. No: 57/1 Çankaya-ANKARA
Tel: (312) 480 15 97 - 480 15 98
Faks: (312) 480 15 99
Sertifika no: 15723
e-posta: odtuyayincilik@odtuyayincilik.com.tr
İnternet: www.odtuyayincilik.com.tr

Sevgili eşim Shizue
ve kızlarım Michelle ile Alyson'a

İçindekiler

TEŞEKKÜRLER ix

GİRİŞ:
Gelecek 100 Yılı Tahmin Etmek 1

1. BİLGİSAYARIN GELECEĞİ:
Maddeden Üstün Zekâ 23

2. YAPAY ZEKÂNIN GELECEĞİ:
Makinelerin Yükselişi 83

3. TIBBIN GELECEĞİ:
Mükemmellik ve Ötesi 157

4. NANOTEKNOLOJİ:
Hiçbir Şeyden Her Şey mi? 233

5. ENERJİNİN GELECEĞİ:
Yıldızlardan Gelen Enerji 285

6. UZAYDA YOLCULUĞUN GELECEĞİ:
Yıldızlara Yolculuk 345

7. SERMAYENİN GELECEĞİ:
Kazananlar ve Kaybedenler 401

8. İNSANLIĞIN GELECEĞİ:
Gezegensel Uygarlık 441

9. 2100'DEKİ YAŞAMDAN BİR GÜN 473

NOTLAR 493

OKUMA ÖNERİLERİ 509

DİZİN 513

Teşekkürler

Bu kitabı başarıya ulaştırmak için yorulmaksızın çalışan kişilere teşekkür etmek isterim. Öncelikle editörlerim Roger Scholl ve Edward Kastenmeier'e teşekkür etmek isterim. Roger Scholl, daha önceki kitaplarımın birçoğuna rehberlik etmişti ve elinizdeki gibi zorlu bir kitap fikrini ortaya atan da oydu. Edward Kastenmeier, sabırla yaptığı sayısız öneri ve düzeltmelerle bu kitabı güçlendirdi, sunum kalitesini yükseltti. Çok uzun zamandır temsilcim olan, daha yeni ve daha heyecan verici zorlukları kabullenme ve üstelerinden gelme konusunda beni her zaman yüreklendiren Stuart Krichevsky'ye de ayrıca teşekkür etmek isterim.

Elbette, kendileriyle röportajlar yaptığım, bilim hakkında tartışmalar gerçekleştirdiğim, üç yüzden fazla bilim insanına teşekkür etmek isterim. BBC'den ya da Discovery ve Science kanallarından bir kamera ekibini peşimden sürükleyip laboratuvarlarına soktuğum için ve yüzlerine bir mikrofon ve kamera dayadığım için onlardan özür dilemek isterim. Bunlar araştırmalarını bölmüş olmalı, ama umarım ortaya çıkan sonuç bütün bunlara değmiştir.

Çalışmalarıyla alanlarında öncü olan bu bilim insanlarına teşekkür etmek isterim:

Eric Chivian, Nobel Ödülü sahibi, Center for Health and the Global Environment, Harvard Medical School
Peter Doherty, Nobel Ödülü sahibi, St. Jude Children's Research Hospital
Gerald Edelman, Nobel Ödülü sahibi, Scripps Research Institute
Murray Gell-Mann, Nobel Ödülü sahibi, Santa Fe Institute and Caltech
Walter Gilbert, Nobel Ödülü sahibi, Harvard University
David Gross, Nobel Ödülü sahibi, Kavli Institute for Theoretical Physics
müteveffa Henry Kendall, Nobel Ödülü sahibi, MIT
Leon Lederman, Nobel Ödülü sahibi, Illinois Institute of Technology
Yoichiro Nambu, Nobel Ödülü sahibi, University of Chicago
Henry Pollack, Nobel Ödülü sahibi, University of Michigan
Joseph Rotblat, Nobel Ödülü sahibi, St. Bartholomew's Hospital
Steven Weinberg, Nobel Ödülü sahibi, University of Austin
Frank Wilczek, Nobel Ödülü sahibi, MIT
Amir Aczel, *Uranium Wars*'ın yazarı
Buzz Aldrin, eski NASA astronotu, ayda yürüyen ikinci kişi
Geoff Andersen, araştırmacı, United States Air Force Academy, *The Telescope*'un yazarı
Jay Barbree, NBC haber muhabiri, *Moon Shot*'ın eşyazarı
John Barrow, fizikçi, University of Cambridge, *Impossibility*'nin yazarı
Marcia Bartusiak, *Einstein's Unfinished Symphony*'nin yazarı
Jim Bell, astronomy profesörü, Cornell University
Jeffrey Bennet, *Beyond UFOs*'un yazarı
Bob Berman, astronom, *Secrets of the Night Sky*'ın yazarı
Leslie Biesecker, Genetic Disease Research Branch'ın başkanı, National Institutes of Health
Piers Bizony, bilim yazarı, *How to Build Your Own Spaceship*'in yazarı
Michael Blaese eski National Institutes of Health bilim insanı
Alex Boese Museum of Hoaxes'ın kurucusu
Nick Bostrom, transhümanist, University of Oxford
Lt. Col. Robert Bowman, Institute for Space and Security Studies
Lawrence Brody, the Genome Technology Branch'ın başkanı, National Institutes of Health
Rodney Brooks, eski yönetici, MIT Artificial Intelligence Laboratory
Lester Brown, Earth Policy Institute'ün kurucusu
Michael Brown, astronomi profesörü, Caltech

James Canton, Institute for Global Futures'ün kurucusu, *The Extreme Future* kitabının yazarı
Arthur Caplan, yönetici, Center for Bioethics, University of Pennsylvania
Fritjof Capra, *The Science of Leonardo*'nun yazarı
Sean Carroll, kozmolog, Caltech
Andrew Chaikin, *A Man on the Moon*'un yazarı
Leroy Chiao, eski NASA astronotu
George Church, yönetici, Center for Computational Genetics, Harvard Medical School
Thomas Cochran, fizikçi, Natural Resources Defense Council
Christopher Cokinos, bilim yazarı, *The Fallen Sky*'ın yazarı
Francis Collins, the National Institutes of Health'in yöneticisi
Vicki Colvin, Biological and Environmental Nanotechnology'nin yöneticisi, Rice University
Neil Comins, *The Hazards of Space Travel*'in yazarı
Steve Cook, Space Technologies'in yöneticisi, Dynetics, eski NASA sözcüsü
Christine Cosgrove, *Normal at Any Cost*'un yazarı
Steve Cousins, başkan ve CEO, Willow Garage
Brian Cox, fizikçi, University of Manchester, BBC bilim sunucusu
Phillip Coyle, eski assistant secretary of defense U.S. Defense Department
Daniel Crevier, *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*'in yazarı, Coreco'nun CEO'su
Ken Croswell, astronom, *Magnificent Universe* kitabının yazarı
Steven Cummer, bilgisayar bilimi, Duke University
Mark Cutkosky, makine mühendisliği, Stanford University
Paul Davies, fizikçi, *Superforce*'un yazarı
Aubrey de Gray, baş bilim uzmanı, SENS Foundation
müteveffa Michael Dertouzos, eski yönetici, Laboratory for Computer Science, MIT
Jared Diamond, Pulitzer Ödülü sahibi, coğrafya profesörü, UCLA
Mariette DiChristina, baş editör, *Scientific American*
Peter Dilworth, eski MIT AI Lab bilim insanı
John Donoghue, BrainGate'in yaratıcısı, Brown University
Ann Druyan, Carl Sagan'ın dul eşi, Cosmos Studios
Freeman Dyson, onursal fizik profesörü, Institute for Advanced Study, Princeton
Jonathan Ellis, fizikçi, CERN
Daniel Fairbanks, *Relics of Eden*'in yazarı

Timothy Ferris, onursal profesör, University of California, Berkeley, *Coming of Age in the Milky Way*'in yazarı
Maria Finitzo, film yapımcısı, Peabody Ödülü sahibi, *Mapping Stem Cell Research*
Robert Finkelstein, yapay zekâ uzmanı
Christopher Flavin, WorldWatch Institute
Louis Friedman, eşkurucu, Planetary Society
James Garvin, eski NASA kıdemli bilim insanı, NASA Goddard Space Flight Center
Evalyn Gates, *Einstein's Telescope*'un yazarı
Büyükelçi Thomas Graham, casus uydular uzmanı
Jack Geiger, eşkurucu, Physicians for Social Responsibility
David Gelernter, bilgisayar bilimleri profesörü, Yale University
Neil Gershenfeld, yönetici, Center of Bits and Atoms, MIT
Paul Gilster, *Centauri Dreams*'in yazarı
Rebecca Goldburg, eski kıdemli bilim insanı, Environmental Defense Fund, Marine Science'ın yöneticisi, Pew Charitable Trust
Don Goldsmith, astronom, *The Runaway Universe*'ün yazarı
Seth Goldstein, bilgisayar bilimleri profesörü, Carnegie Mellon University
David Goodstein, Caltech'in eski yardımcı amiri, fizik profesörü
J. Richard Gott III, astrofizik bilimleri profesörü, Princeton University, *Time Travel in Einstein's Universe*'ün yazarı
müteveffa Stephen Jay Gould, biyolog, Harvard Lightbridge Corp.
John Grant, *Corrupted Science*'ın yazarı
Eric Green, National Human Genome Research Institute'ün yöneticisi, National Institutes of Health
Ronald Green, *Babies by Design*'ın yazarı
Brian Greene, matematik ve fizik profesörü, Columbia University, *The Elegant Universe*'in yazarı
Alan Guth, fizik profesörü, MIT, *The Inflationary Universe*'in yazarı
William Hanson, *The Edge of Medicine*'in yazarı
Leonard Hayflick, anatomi profesörü, University of California at San Francisco Medical School
Donald Hillebrand, Center for Transportation Research'ün yöneticisi, Argonne National Laboratory
Frank von Hipple, fizikçi, Princeton University
Jeffrey Hoffman, eski NASA astronotu, havacılık ve uzay(da yolculuk) profesörü, MIT
Douglas Hofstadter, Pulitzer Ödülü sahibi, *Gödel, Escher, Bach*'ın yazarı
John Horgan, Stevens Institute of Technology, *The End of Science*'ın yazarı

Jamie Hyneman, *MythBusters*'ın sunucusu
Chris Impey, astronomi profesörü, University of Arizona, *The Living Cosmos*'un yazarı
Robert Irie, eski bir AI Lab bilim insanı, MIT, Massachusetts General Hospital
P. J. Jacobowitz, *PC* magazine
Jay Jaroslav, eski bir MIT AI Lab bilim insanı
Donald Johanson, paleoantropolog, *Lucy*'nin kâşifi
George Johnson, bilim gazetecisi, *New York Times*
Tom Jones, eski NASA astronotu
Steve Kates, astronom ve radyo sunucusu
Jack Kessler, nöroloji profesörü, Feinberg Neuroscience Institute'ün yöneticisi, Northwestern University
Robert Kirshner, astronom, Harvard University
Kris Koenig, film yapımcısı ve astronom
Lawrence Krauss, Arizona State University, *The Physics of Star Trek*'in yazarı
Robert Lawrence Kuhn, film yapımcısı ve filozof, PBS TV series *Closer to Truth*
Ray Kurzweil, mucit, *The Age of Spiritual Machines*'in yazarı
Robert Lanza, biyoteknoloji, Advanced Cell Technology
Roger Launius, *Robots in Space*'in yazarı
Stan Lee, Marvel Comics'in ve Örümcek Adam'ın yaratıcısı
Michael Lemonick, eski kıdemli bilim editörü, *Time* magazine, Climate Central
Arthur Lerner-Lam, jeolog, volkan bilimci, Columbia University
Simon LeVay, *When Science Goes Wrong*'un yazarı
John Lewis, astronom, University of Arizona
Alan Lightman, MIT, *Einstein's Dreams*'in yazarı
George Linehan, *SpaceShipOne*'ın yazarı
Seth Lloyd, MIT, *Programming the Universe*'ün yazarı
Joseph Lykken, fizikçi, Fermi National Accelerator Laboratory
Robert Mann, *Forensic Detective*'in yazarı
Michael Paul Mason, *Head Cases*'in yazarı
W. Patrick McCray, *Keep Watching the Skies!*'ın yazarı
Glenn McGee, *The Perfect Baby*'nin yazarı
James McLurkin, eski bir MIT AI Laboratory çalışanı bilim insanı, Rice University
Paul McMillan, yönetici, Spacewatch, University of Arizona
Pattie Maes, MIT Media Laboratory
Fulvio Melia, fizik ve astronomi profesörü, University of Arizona

William Meller, *Evolution Rx*'in yazarı
Paul Meltzer, National Institutes of Health
Marvin Minsky, MIT, *The Society of Mind*'ın yazarı
Hans Moravec, Carnegie Mellon University araştırma profesörü, *Robot*'un yazarı
müteveffa Phillip Morrison, fizikçi, MIT
Richard Muller, astrofizikçi, University of California at Berkeley
David Nahamoo, eskiden IBM Human Language Technology ile beraber [çalışmış]
Christina Neal, volkan bilimci, Alaska Volcano Observatory, U.S. Geological Survey
Michael Novacek, küratör, Fossil Mammals, American Museum of Natural History
Michael Oppenheimer, çevre bilimcisi, Princeton University
Dean Ornish, klinik profesörü, University of California, San Francisco
Peter Palese mikrobiyoloji profesörü, Mt. Sinai School of Medicine
Charles Pellerin, eski NASA görevlisi
Sidney Perkowitz, fizik profesörü, Emory University, *Hollywood Science*'ın yazarı
John Pike, yönetici, GlobalSecurity.org
Jena Pincott, *Do Gentlemen Really Prefer Blondes?*'un yazarı
Tomaso Poggio, yapay zekâ, MIT
Correy Powell, baş editör, *Discover* magazine
John Powell, kurucu, JP Aerospace
Richard Preston, *The Hot Zone* ve *The Demon in the Freezer*'in yazarı
Raman Prinja, astrofizik profesörü, University College London
David Quammen, bilim yazarı, *The Reluctant Mr. Darwin*'in yazarı
Katherine Ramsland, adli bilimci
Lisa Randall, kuramsal fizik profesörü, Harward University, *Warped Passages*'ın yazarı
Sir Martin Rees, kozmoloji ve astrofizik profesörü, Cambridge University, *Before the Beginning*'in yazarı
Jane Rissler, Union of Concerned Scientists
Steven Rosenberg, National Cancer Institute, National Institutes of Health
Jeremy Rifkin, kurucu, Foundation on Economic Trends
David Riquier, Corporate Outreach'in yöneticisi, MIT Media Lab
Paul Saffo, fütürist, eskiden Institute for the Future ile beraber [çalışmış], danışman profesör, Stanford University
müteveffa Carl Sagan, Cornell University, *Cosmos*'un yazarı
Nick Sagan, *You Call This the Future?*'ün eşyazarı

Michael Salamon, NASA's Beyond Einstein program
Adam Savage, *MythBusters*'ın sunucusu
Peter Schwartz, fütürist, Global Business Network'ün eşkurucusu, *The Long View*'in yazarı
Michael Shermer, Skeptics Society ve *Skeptic* magazine'nin kurucusu
Donna Shirley, eski yönetici, NASA Mars Exploration Program
Seth Shostak, SETI Institute
Neil Shubin, organizmal biyoloji ve anatomi profesörü, University of Chicago, *Your Inner Fish*'in yazarı
Paul Shuch, onursal icra direktörü, SETI League
Peter Singer, *Wired for War*'un yazarı, Brookings Institute
Simon Singh, *Big Bang*'in yazarı
Gary Small, *iBrain*'in yazarı
Paul Spudis, Planetary Geology Program of the NASA Office of Space Science, Solar System Division
Steven Squyres, astronomi profesörü, Cornell University
Paul Steinhardt, fizik profesörü, Princeton University, *Endless Universe*'ün eşyazarı
Gregory Stock, UCLA, *Redesigning Humans*'ın yazarı
Richard Stone, *The Last Great Impact on Earth*'ün yazarı, Discover Magazine
Brian Sullivan, eskiden the Hayden Planetarium ile beraber [çalışmış]
Leonard Susskind, fizik profesörü, Stanford University
Daniel Tammet, otistik dahi, *Born on a Blue Day*'in yazarı
Geoffrey Taylor, fizikçi, University of Melbourne
müteveffa Ted Taylor, U.S. nükleer başlık tasarımcısı
Max Tegmark, fizikçi, MIT
Alvin Toffler, *The Third Wave*'in yazarı
Patrick Tucker, World Future Society
Amiral Stansfield M. Turner, Central Intelligence'ın eski direktörü
Chris Turney, University of Exeter, UK, *Ice, Mud and Blood*'ın yazarı
Neil deGrasse Tyson, yönetici, Hayden Planetarium
Sesh Velamoor, Foundation for the Future
Robert Wallace, *Spycraft*'ın eşyazarı, CIA's Office of Technical Service'in eski direktörü
Kevin Warwick, human cyborgs, University of Reading, UK
Fred Watson, astronom, *Stargazer*'in yazarı
müteveffa Mark Weiser, Xerox PARC
Alan Weisman, *The World Without Us*'ın yazarı
Daniel Werthimer, SETI at Home, University of California at Berkeley
Mike Wessler, eski bir MIT AI Lab bilim insanı

Arthur Wiggins, *The Joy of Physics*'in yazarı
Anthony Wynshaw-Boris, National Institutes of Health
Carl Zimmer, bilim yazarı, *Evolution*'ın yazarı
Robert Zimmerman, *Leaving Earth*'ün yazarı
Robert Zubrin, kurucu, Mars Society

Geleceğin imparatorlukları zihnin imparatorlukları olacak.

—WINSTON CHURCHILL

Giriş

Gelecek 100 Yılı Tahmin Etmek

ÇOCUKKEN YAŞADIĞIM iki deneyim, bugünkü beni şekillendirmede yardımcı oldu. Bu iki deneyim, tüm hayatımı belirlememe yardımcı olan iki tutkunun da kökenini oluşturdu.

İlk olarak, sekiz yaşımdayken, tüm öğretmenlerin büyük bir bilim insanının biraz önce öldüğü haberiyle çalkalandıklarını hatırlıyorum. O gece gazeteler ofisinin bir fotoğrafını bastılar, masasının üzerinde bitmemiş bir el yazması vardı. Manşetler ise çağımızın en büyük bilim insanının en büyük başyapıtını bitiremediğini yazıyordu. Böylesine büyük bir bilim insanının sonunu getiremeyeceği kadar zor olan nedir diye kendi kendime sordum. Bu kadar karışık ve bu kadar önemli olan ne olabilirdi ki? Benim için bu, en sonunda, herhangi bir cinayet romanından daha sürükleyici, herhangi bir macera hikâyesinden da-

ha ilgi çekici bir hal aldı. O bitmemiş el yazmasında ne olduğunu öğrenmek zorundaydım.

Daha sonra, bu bilim insanının isminin Albert Einstein olduğunu ve bitmemiş el yazmasının da onun en parlak başarısı olacağını öğrendim. Bu, onun "her şeyin kuramı"nı[1] yaratma çabasıydı; bu, evrenin gizemlerinin kilidini açabilecek, belki de ona "Tanrı'nın zihnini okuma" olanağı verecek ve muhtemelen üç santimetreden uzun olmayacak bir denklemdi.

Çocukluğumdan gelen bir diğer önemli deneyim, cumartesi sabahları televizyon şovları izlerken, özellikle de Buster Crabbe ile *the Flash Gordon* dizisini izlerken oluştu. Her hafta burnum televizyon ekranına yapışırdı. Büyülenmiş bir şekilde uzay yaratıklarının, yıldız gemilerinin, ışın silahlarıyla yapılan savaşların, su altı şehirlerinin ve canavarların gizemli dünyalarına giderdim. Bağımlısı olmuştum. Bu, benim geleceğin dünyası ile ilk karşı karşıya olmamdı. İşte o zamandan beri, ne zaman gelecek hakkında düşünsem, çocukça bir merak içimi kaplar.

Ama dizinin her bölümünü izledikten sonra, tüm övgüyü Flash almasına karşın, diziyi var edenin aslında bilim insanı Dr. Zarkov olduğunu anlamaya başladım. Roket gemisini, görünmezlik kalkanını, uzaydaki şehir için güç kaynağını ve bunun gibi her şeyi icat eden oydu. Bilim insanları olmazsa bir gelecek de olmaz. Yakışıklı beyler ve güzel hanımlar toplumun hayranlığını kazanabilirler, ama geleceğin tüm harika buluşları, değeri anlaşılmamış, adı sanı duyulmamış bilim insanlarının ürünleri olacak.

Daha sonra, ben lisedeyken, bu büyük bilim insanlarının ayak izlerini takip etmeye karar verdim ve öğrendiklerimin bir kısmını sınadım. Dünyayı değiştirebileceğini bildiğim bu büyük devrimin bir parçası olmak istedim. Bir atom parçalayıcı[2] inşa etmek istedim. Garajda 2,3 milyon elektron voltluk bir parçacık hızlandırıcı[3] inşa etmek için annemden izin istedim. Biraz irkildiyse de kabul etti. Sonra, Westinghouse ve Varian Associates'e gittim, 180 kilo transformatör çeliği ve 35 kilometre bakır

---

[1] *"the theory of everything"*
[2] *atom smasher*
[3] *particle accelerator*

tel aldım ve annemin garajında bir tane betatron hızlandırıcı[4] yaptım.

Daha önce, güçlü bir manyetik alana sahip bir sis odacığı[5] inşa etmiş ve antimaddenin[6] izlerini fotoğraflamıştım. Ancak, antimaddeyi fotoğraflamak yeterli değildi. Şimdi amacım bir antimadde ışını üretmekti. Atom parçalayıcısının manyetik sarımları, 10.000 Gauss'luk (Dünya'nın manyetik alanının hemen hemen 20.000 katı, prensipte bir çekici bir anda paramparça edecek kadar güçlü) devasa bir manyetik alanı başarıyla üretti. Makine 6 kilowatt'lık bir güç çekiyor, evimizin sağlayabileceği tüm elektriği tüketiyordu. Makineyi açtığımda, evdeki tüm sigortaları sık sık attırıyordum. (Zavallı annem, neden futbol oynayan bir oğula sahip olmadığını düşünmüş olmalı.)

Sonuçta, tüm hayatım boyunca iki tutku ilgimi çekti: Evrenin tüm fiziksel yasalarını, kolayca anlaşılan tek bir kuram içinde kavrama ve geleceği görme arzusu. En sonunda, bu iki tutkunun aslında birbirlerini tamamladıklarını fark ettim. Geleceği anlamanın yolu, doğanın temel yasalarını kavramaktan ve sonra onları, uygarlığımızı uzak geleceğe taşıyacak buluşlara, makinelere ve yöntemlere uygulamaktan geçer.

Geleceği tahmin etmek için çok yararlı ve derinliği olan birçok girişim olduğunu öğrendim. Yine de, bunlar, çoğunlukla, ellerinde ilk elden bir bilim birikimi olmaksızın, bilim dünyası hakkında öngörüde bulunan, yani meslekten olmayan tarihçiler, sosyologlar, bilimkurgu yazarları ve "fütürist"ler tarafından yazılıyorlardı. Bilim insanları, yani geleceği laboratuvarlarında yaratan meslekten insanlar, çığır açan buluşlarla o kadar meşguller ki sokaktaki insan için gelecek hakkında kitaplar yazmaya vakitleri yok.

Bu kitabın farklı olmasının nedeni budur. Umarım bu kitap, meslekten birinin bizi bekleyen harikulade keşifler üzerine bakış açısını verecek ve 2100'deki Dünya'nın en gerçekçi, en güvenilir görünümünü ortaya koyacaktır.

---

[4] *betatron accelerator*
[5] *cloud chamber*
[6] *antimatter*

Elbette, geleceği tam bir kesinlikle tahmin etmek olanaksızdır. Öyle hissediyorum ki, yapılabilecek en iyi şey, geleceği icat etmek gibi çok zor bir işi tek başlarına yapan, bilimsel ilerlemenin en uç noktasındaki bilim insanlarının düşüncelerinden yararlanmaktır. Onlar, uygarlığımızı kökünden dönüştürecek aygıtları, icatları ve yöntemleri bizzat yaratanlardır. Bu kitap onların hikâyesidir. Dünya'nın en önde gelen bilim insanlarıyla, düşünürleriyle ve hayalcileriyle, ki sayıları 300'den fazladır, ulusal televizyon ve radyolar için röportajlar yaparak bu büyük devrimi en ön sıradan izleme şansına sahip oldum. Ayrıca, onların geleceğimizi değiştirecek olağanüstü cihazlarının prototiplerini filme çekmek için, televizyon ekiplerini onların laboratuvarlarına soktum. Geleceği yaratma cüretini gösteren vizyon sahibi bu insanların harika icatlarının ve keşiflerinin kısa hikâyeleri için, BBC, Discovery ve Science kanalları adına birçok özel bilim programı yaptım; bu benim için eşine ender rastlanacak büyük bir onurdu. Sicim kuramı[7] üzerine çalışmamı sürdürmekte ve bu yüzyılı dönüştürecek en ileri bilimsel araştırmalara kulak misafiri olmakta tamamen özgür biri olarak, bilim alanında en çok arzu edilebilecek işlerden birine sahip olduğumu hissediyorum. Gerçekleşen, çocukluk hayallerimdir.

Ama bu kitabım daha öncekilerden farklı. *Einstein'dan Ötesi*,[8] *Hiperuzay*[9] ve *Paralel Dünyalar*[10] gibi kitaplarımda, benim çalışma alanım olan kuramsal fizik üzerinde esen, evreni anlamada yeni yollar açan, yeni ve devrimci rüzgârları tartışmıştım. *Olanaksızın Fiziği*[11] adlı kitabımda, fizikteki en son keşiflerin, hayal gücü en uçlarda olan bilimkurgu taslaklarını bile en sonunda nasıl olup da mümkün kıldığını tartışmıştım.

Elinizdeki bu kitap, daha çok, bilimin gelecek onyıllar içinde nasıl evrileceğini ele aldığım bir diğer kitabım *Görüntüler*'e[12] benzer. Şimdi o kitapta yapılan tahminlerden birçoğunun, bugün öngörülen zamanlarında gerçekleşmekte olmasından dola-

---

[7] *string theory*
[8] *Beyond Einstein*
[9] *Hyperspace*
[10] *Parallel Worlds*
[11] *Physics of the Impossible*
[12] *Visions*

yı çok memnunum. Kitabımın doğruluğu, büyük oranda, görüşme yaptığım birçok bilim insanının bilgeliklerine ve önsezilerine bağlıydı.

Ancak elinizdeki bu kitap, 100 yıl içinde gerçekleşmesi olası, en nihayetinde insanlığın kaderini tayin edecek teknolojileri ele alıyor ve geleceğin çok daha geniş bir görüntüsünü içinde barındırıyor. Önümüzdeki 100 yılın zorluklarını ve fırsatlarını ele alış şeklimiz, insan ırkının nihai yörüngesini belirleyecektir.

Gelecek Yüzyılı Tahmin Etmek

Bırakın gelecek yüzyılı, önümüzdeki birkaç yılı bile tahmin etmek ürkütücü bir iştir. Bir gün insanlığın kaderini değiştireceğine inandığımız teknolojileri hayal etmek ise çok daha zordur.

Büyük romancı Jules Verne 1863'te, belki de kendisinin en iddialı projesine girişti. Gelecekten haber veren, içinde o olağanüstü yeteneklerinin tüm kudretini, yaklaşan yüzyılı tahmin etmek için kullandığı, *Yirminci Yüzyıl'da Paris*[13] adlı bir roman yazdı. Ne yazık ki, bu el yazması zamanın sisleri içinde kaybolmuştu, ta ki dördüncü kuşaktan torunu onu, 130 yıl boyunca özenle saklandığı bir kasa içinde kilitlenmiş olarak tesadüfen bulana dek. Nasıl bir hazine bulduğunun farkında olan torunu, 1994'te bu el yazmasının yayınlanmasını sağladı ve en çok satılan kitaplardan biri oldu.

1863'e dönelim. Bu tarihte, krallar ve imparatorlar hâlâ tarlalarında yoksul köylülerin ırgatlık yaptığı eski imparatorluklara hükmediyorlardı. Amerika Birleşik Devletleri, ülkeyi neredeyse parçalayacak yıkıcı bir iç savaş nedeniyle yanıp kül olmuş ve buhar gücü dünyayı dönüştürmeye daha yeni yeni başlamıştı. Oysa Verne, Paris'in 1960'ta gökdelenlere, klimaya, televizyona, asansörlere, yüksek hızlı trenlere, benzinle çalışan otomobillere, faks makinelerine ve hatta internete benzeyen bir şeye sahip olacağını tahmin etmişti. Verne, modern Paris'teki hayatı esrarengiz bir doğrulukla resmetmişti.

Bu bir tesadüf değildi; çünkü hemen birkaç yıl sonra, Verne bir başka olağanüstü öngörüde bulundu. 1865'te *Dünya'dan*

---

[13] *Paris in the Twentieth Century*

Ay'a[14] adlı kitabını yazdı; kitapta, 100 yıl sonra, 1969'da, Ay'a astronot gönderme işinin ayrıntılarını tahmin etti. Az bir yüzdelik hatayla uzay kapsülünün büyüklüğünü, Cape Canaveral'dan hiç de uzak olmayan Florida'daki fırlatma noktasının yerini, görev alacak astronotların sayısını, seyahatin ne kadar sürebileceğini, astronotların deneyimleyeceği ağırlıksızlık durumunu ve uzay gemisinin en sonunda okyanusa inişini doğru olarak tahmin etti. (Tek büyük hatası, astronotları Ay'a götürmek için, roket yakıtı yerine barut kullanmış olmasıydı. Ancak, sıvı yakıtlı roket bir yetmiş yıl daha icat edilmeyecekti.)

Jules Verne geleceğe ilişkin 100 yıllık öngörülerini nasıl böyle nefes kesici bir doğrulukta yapabilmişti? Onun yaşam öyküsünü yazanlara göre, kendisi bilim insanı olmamasına karşın, Jules Verne her zaman bilim insanlarının peşindeydi; geleceğe ilişkin soru yağmuruna tutardı onları. Kendi zamanının büyük bilimsel buluşlarını özetleyen çok geniş bir arşiv toplamıştı. Verne, herkesten daha çok farkındaydı ki bilim, uygarlığın temellerini sallayan, onu umulmadık harikalar ve mucizelerle yeni bir yüzyıla doğru çeken bir lokomotifti. Verne, bilimin toplumu dönüştürme gücünü tamamıyla kavramış durumdaydı; bu, onun hayal gücünün ve engin anlayışının püf noktasıydı.

Bir diğer büyük teknoloji kâhini ise ressam, düşünür ve müthiş bir öngörü sahibi Leonardo da Vinci idi. 1400'lü yılların sonlarında, bir gün gökleri dolduracak olan makinelerin güzel ve doğru resimlerini çizdi; paraşüt, helikopter, askılı planör ve hatta uçak taslakları çizdi. Dikkate değer olan, onun birçok icadının gerçekten de uçabilir olmasıydı. (Ancak, onun uçan makinelerinin fazladan bir bileşene daha ihtiyacı vardı: En az 1 beygir gücü olan bir motora... Bu ise 400 yıl sonra bulunacaktı.)

Leonardo'nun, çağının belki de 150 yıl ilerisine gidip mekanik bir toplama makinesinin ayrıntılı bir planını çizmiş olması da aynı derecede şaşırtıcıdır. 1967'de ona ait yanlış anlaşılmış bir el yazması yeniden analiz edilince, onun on üç sayısal tekerlekli toplama makinesi fikrinin olduğu ortaya çıktı. Bir kol çevrildiğinde, içerdeki dişliler seri olarak dönecekler ve böylece

---

[14] *From the Earth to the Moon*

aritmetik hesaplamalar yapılabilecekti. (Bu makine 1968'de yapıldı ve başarıyla çalıştı.)

Ayrıca, 1950'lerde, üzerinde Alman-İtalyan zırhı ile doğrulabilen, kollarını, boynunu ve çenesini hareket ettirebilen bir savaşçı robotun planlarını içeren, Leonardo'ya ait bir başka el yazması daha gün yüzüne çıkarıldı. Sonradan bu da yapıldı ve çalıştığı görüldü.

Leonardo da Vinci de geleceğe ilişkin derin öngörülere sahipti ve bunu, tam da Jules Verne gibi, zamanının bir avuç ileriyi gören kişiye danışarak yapıyordu. O, az sayıda yeniliklerin öncüsü insandan oluşan bir grubun parçasıydı. Leonardo, ayrıca sürekli deney yapıyor, inşa ediyor, modeller çiziyordu; bütün bunlar, düşündüğünü hayata geçirmek isteyen herhangi birinin temel nitelikleridir.

Verne'in ve Leonardo da Vinci'nin kâhince öngörülerini dikkate alarak sorumuzu yöneltebiliriz: 2100 yılının dünyasını tahmin etmek mümkün müdür? Bu kitap, Verne'in ve Leonardo'nun geleneğini sürdürerek, geleceğimizi değiştirecek teknolojilerin prototiplerini inşa eden öncü bilim insanlarının çalışmalarına yakından bakacak. Bu kitap, bir Hollywood senaryo yazarının uçlardaki hayalgücünün bir ürünü, bir bilimkurgu çalışması değildir; aksine, bu kitap, dünyanın çeşitli yerlerindeki büyük laboratuvarlarda halen yürütülmekte ya da üretilmekte olan güvenilir bilimi temel alır.

Tüm bu teknolojilerin prototipleri şimdiden mevcut. *Cyberspace*[15] sözcüğünü ilk kullanan, *Neuromancer*'ın[16] yazarı William Gibson'ın bir defasında söylediği gibi, "Gelecek şimdiden burada. Yalnızca eşit olarak dağıtılmamış."

2100'deki dünyayı tahmin etmek göz korkutucu bir iştir; çünkü bizler, keşif hızının her zaman artmakta olduğu büyük bir bilimsel değişim çağındayız. Yalnızca son birkaç onyılda, tüm insanlık tarihinde olandan daha fazla bilimsel bilgi birikmiş bulunuyor. 2100'e kadar, bu bilimsel bilgi, birçok kez daha katlanacak.

---

[15] *siberuzay* ya da *sanaluzay*

[16] En ünlü siberuzay romanlarından biri; 1984'de yayınlandı. Matrix gibi bir çok filmin ilham kaynağıdır. Ülkemizde önce *Neuromancer* adıyla, daha sonra *Matrix Avcısı* adıyla yayınlandı. (ç.n.)

Geleceğe ilişkin 100 yılı tahmin etme işinin büyüklüğünü kavramının en iyi yolu belki de 1900 yılının dünyasına geri gitmek ve ninelerimizin, dedelerimizin yaşadıkları hayatı hatırlamaktır.

Gazeteci Mark Sullivan bizden 1900 yılında gazete okuyan birini hayal etmemizi ister:

> Bir Amerikalı, 1 Ocak 1900 tarihli gazetesinde radyo diye bir sözcüğe rastlamıyordu; çünkü bu sözcük daha bir yirmi yıl ötedeydi; aynı şekilde "sinema"ya da, o da aslında hâlâ geleceğe aitti; şoför de öyle; çünkü otomobil daha yeni yeni ortaya çıkıyor ve "atsız araba" olarak adlandırılıyordu... Havacı diye bir sözcük de yoktu... Çiftçiler traktörü duymamışlardı, bankerler de Merkez Bankası'ndan haberdar değillerdi. Tüccarlar mağaza zinciri ya da "self servis" diye bir şey işitmemişlerdi; denizciler ise petrol yakan motoru bilmiyordu... Kır yollarında hâlâ bir çift sığırın çektiği arabalar görünüyordu... Arabalar için atlar ya da katırlar neredeyse evrenseldi... Büyük kestane ağacının altındaki demirci gerçekti.[17]

Önümüzdeki 100 yılı tahmin etmenin zorluğunu anlamak için, 1900 yılında yaşayan insanların, 2000'li yılların dünyasını öngörmekte karşılaştıkları zorluğu anlamamız gerekir. 1893'te, Chicago'daki Columbia Dünya Fuarı'nda,[18] yetmiş dört herkesçe tanınan kişiden, gelecek 100 yıl içinde hayatın neye benzeyeceğini tahmin etmeleri istenmişti. Onların devamlı olarak bilimin ilerleme hızını hafife almaları bir problemdi. Örneğin, çoğu bir gün Atlantik ötesi ticari hava araçlarına sahip olacağımızı doğru olarak tahmin etmişti, ama bunların balon olacaklarını düşünmüşlerdi. Senatör John J. Ingalls, "Vatandaş için idare edilebilir (yönlendirilebilir) balon, şimdiki araba ya da botlar gibi sıradan bir şey olacak." demişti. Ayrıca, arabanın gelişini

---

[17] Burada, Henry Wardsworth Longfellow'un 1840 tarihli *The Village Blacksmith* (*Köy Demircisi*) adlı şiirine gönderme yapılıyor. (ç.n.)

[18] *World's Columbian Exposition*: Kristof Kolomb'un Yeni Dünya'ya 1492'de ayak basışının 400. yılı nedeniyle düzenlenmiş bir fuar. (ç.n.)

de sürekli olarak ıskalamışlardı. Posta Bakanı John Wanamaker, Amerika Birleşik Devletleri postasının, gelecek 100 yıl boyunca, at sırtında ya da posta arabaları tarafından dağıtılacağını ifade etmişti.

Bilimin ve yeniliklerin küçümsenmesi patent ofisine bile sirayet etmişti. 1899'da, Amerika Birleşik Devletleri Patent Ofisi müdürü Charles H. Duell, "İcat edilebilecek her şey icat edilmiş bulunuyor." demişti.

Bazen kendi alanında uzman kişiler bile burunlarının dibinde olanları hafife almışlardı. Warner Brothers'ın kurucularından Harry M. Warner 1927'de, sessiz filmler döneminde, "Aktörlerin konuştuğunu duymayı kim ister ki?" diye görüş belirtmişti.

IBM'in başkanı Thomas Watson ise 1943'te, "En fazla beş bilgisayar için bir dünya pazarı olacağını düşünüyorum." demişti.

Bilimsel keşfin gücüne gereken önemin gösterilmemesi, saygıdeğer *New York Times*'a kadar uzanmıştı. (*Times* 1903'te, tam da Wright kardeşlerin Kuzey Carolina'daki Kitty Hawk'ta uçaklarını başarılı bir şekilde uçurmalarından bir hafta önce, uçan makinelerin vakit kaybı olduğunu beyan etti. 1920'de, *Times* bu kez roket bilimcisi Robert Goddard'ı eleştirdi; roketlerin boşlukta hareket edemeyeceklerini, dolayısıyla da onun çalışmasının bir saçmalık olduğunu iddia etti. Kırk dokuz yıl sonra, Apollo 11 astronotları Ay'a indikleri zaman, *Times*, haklarını yemeyelim, sözlerini geri aldı: "Bir roketin boşlukta çalışabileceği şimdi kesin olarak anlaşılmıştır. *Times* hatası için üzgündür.")

Buradan çıkarılacak ders şudur: Geleceğe karşı bahse girmek son derece risklidir.

Geleceğe ilişkin tahminler, birkaç istisna dışında, her zaman teknolojik gelişmelerin hızını hafife almıştır. Tarih, tekrar tekrar bize söylendiği gibi, iyimserler tarafından yazılır, karamsarlar tarafından değil. Amerika Birleşik Devletleri Başkanı Dwight Eisenhower bir defasında, "Karamsarlık asla bir savaşı kazanamaz." demişti.

Bizler bugün bilimkurgu yazarlarının bile bilimsel keşiflerin hızını nasıl da eksik değerlendirdiklerini görebiliyoruz.

1960'ların televizyon dizisi *Uzay Yolu*'nun[19] yeniden gösterimlerini izlerken, "yirmi üçüncü yüzyıl teknolojisi"nin bir hayli kısmının şimdiden günümüzde olduğunu fark edersiniz. O zamanlar, televizyon seyircisi araç/cep telefonlarını, taşınabilir bilgisayarları, konuşabilen makineleri ve söylenenleri yazabilen daktiloları gördüğünde şaşırırdı. Günümüzde bütün bu teknolojiler mevcut. Çok geçmeden, daha siz konuşurken, diller arasında süratle çeviri yapabilecek evrensel çeviricilere[20] de, hastalıkları uzaktan teşhis edebilecek "tricorder"lara[21] da sahip olacağız. (Işık hızından daha hızlı motorları[22] ve ışınlayıcıları[23] hariç tutarsak, "yirmi üçüncü yüzyıl teknolojisi"nin çoğu halihazırda günümüzde mevcuttur.)

İnsanların geleceği hafife alarak yaptıkları hatalar apaçık ortada iken, bizler tahminlerimiz için daha sağlam bir bilimsel dayanak sunmaya nasıl ve nereden başlayabiliriz?

Doğanın Yasalarını Anlamak

Bugün, yıldırımların ve veba salgınlarının tanrıların işi olarak düşünüldüğü, bilimin karanlık çağlarında yaşamıyoruz. Bizim, Verne ve Leonardo da Vinci'nin sahip olmadığı büyük bir avantajımız var: Doğanın yasalarını sıkı bir şekilde anlamak.

Tahminler her zaman eksik ve kusurlu olacaktır, yine de onları mümkün olduğunca güvenilir/inanılır yapmanın yolu, tüm evreni kontrolleri altında tutan, doğadaki dört temel kuvveti kavramaktan geçer. Onlardan her biri anlaşıldığında ve açıklaması yapıldığında, insanlığın tarihi değişmiştir.

Açıklanacak ilk kuvvet kütleçekim kuvvetiydi.[24] Isaac Newton bize, nesnelerin, mistik ruhlar ve metafizikten çok, kuvvetler aracılığıyla hareket ettiğini açıklayan mekanik bili-

---

[19] *Star Trek*

[20] *universal translators*

[21] "Tricorder", *Star Trek* (*Uzay Yolu*) adlı televizyon dizisinde görülen, gelişmiş bir el bilgisayarıydı. Etrafta olan her şeyi tarayabilir, analizini yapabilir, ve elde ettiği bilgiyi depolayabilirdi. (ç.n.)

[22] *warp drive engines*

[23] *transporters*

[24] *the force of gravity*

mini sundu. Bu, endüstri devriminin ve buhar gücünün, özellikle de lokomotifin, ortaya çıkışının önünü açmaya yardımcı oldu.

Anlaşılması gereken ikinci kuvvet, şehirlerimizi aydınlatan ve cihazlarımızı çalıştıran elektromanyetik kuvvetti.[25] Thomas Edison, Michael Faraday, James Clerk Maxwell ve diğerleri, elektrik ve manyetizmanın açıklanmasına yardımcı olduklarında, pek çok bilimsel harikayı yaratan elektronik devrimin önü açıldı. Biz bunu, toplum her elektrik kesintisinde aniden 100 yıl geçmişe dönünce fark ediyoruz.

Anlaşılacak üçüncü ve dördüncü kuvvetlerin ikisi de nükleer kuvvetti: Zayıf ve güçlü kuvvetler.[26] Einstein $E = mc^2$ denklemini kâğıda döktüğünde ve atom 1930'larda parçalandığında, bilim insanları gökleri aydınlatan kuvvetleri ilk kez anlamaya başladılar. Bu, yıldızların ardındaki gizemi açığa vurdu. Bu, yalnızca atom silahlarının korkunç gücünü ortaya çıkartmakla kalmadı, aynı zamanda bir gün bu gücü dünyada kullanabileceğimizi vaat ediyordu.

Bugün bu dört kuvveti bir hayli anlamış bulunuyoruz. Bunlardan ilki olan kütleçekim kuvveti halen Einstein'ın genel görelilik kuramı[27] aracılığıyla açıklanıyor. Diğer üç kuvvet ise atom-altı dünyanın gizemlerini çözmemize olanak sağlayan kuantum kuramı[28] aracılığıyla tanımlanıyor.

Kuantum kuramı bizlere transistörü, lazeri ve modern toplumun ardındaki itici güç olan dijital devrimi getirdi. Benzer şekilde, bilim insanları kuantum kuramını, DNA molekülünün sırlarını çözmek için de kullandılar. Biyoteknolojik devrimin göz kamaştırıcı hızı, bilgisayar teknolojisinin doğrudan bir sonucudur; çünkü DNA dizilimi tamamen makineler, robotlar ve bilgisayarlar tarafından yapılıyor.

Bunların sonucu olarak, bizler bilimin ve teknolojinin gelecek yüzyılda alacağı yönü daha iyi kestirebiliyoruz. Hiç bekle-

---

[25] *the electromagnetic force*
[26] *the weak and strong forces*
[27] *the theory of general relativity*
[28] *the quantum theory*

mediğimiz, nutkumuzu kesecek yeni sürprizler her zaman olacaktır, fakat modern fiziğin, kimyanın ve biyolojinin temelleri büyük ölçüde oturmuştur ve en azından yakın gelecekte bu temel bilgilerde büyük bir düzeltme beklemiyoruz. Sonuçta, bu kitapta yaptığımız öngörüler rastgele spekülasyonların ürünü değildir, aksine, bunlar, bugünün prototip teknolojilerinin en nihayetinde ne zaman olgunluğa ulaşacaklarına ilişkin akla yatkın tahminlerdir.

Toparlarsak, 2100'deki dünyanın anahatlarını görebileceğimize inanmak için birkaç nedenimiz var:

1. Bu kitap, keşiflere öncülük eden 300'den fazla meslekleri-nin zirvesindeki bilim insanlarıyla yapılan mülakatlara dayanır.
2. Bu kitapta bahsedilen her bilimsel keşif, fiziğin bilinen yasalarıyla tutarlıdır.
3. Doğanın temel yasaları ve (yukarıda bahsedilen) dört kuvvet büyük ölçüde biliniyor; bu yasalarda büyük düzeltmeler beklemiyoruz.
4. Bu kitapta bahsedilen tüm teknolojilerin prototipleri şimdiden mevcuttur.
5. Bu kitap, en ileri araştırmalara dayanan teknolojilere ilk elden şahit olmuş, "içerden" biri tarafından yazılmıştır.

Bizler çağlar boyunca doğanın gösterisinde pasif gözlemciler olarak kaldık. Kuyruklu yıldızlara, yıldırımlara, volkanik patlamalara ve veba salgınlarına, anlayışımızın ötesinde olduklarını farz ederek, merak ve korku içinde yalnızca bakakaldık. Antik dönem insanları için doğanın kuvvetleri, korkulacak ve tapınılacak, başı sonu olmayan bir muammaydı; bu yüzden, etraflarındaki dünyayı anlamlı kılmak için [kendilerine] mitolojik tanrılar yarattılar. Eski insanlar, bu tanrılara yakarınca, onların merhamet göstereceklerini ve gerçekleşmesini çok istedikleri dileklerini karşılıksız bırakmayacaklarını umdular.

Bugün doğanın yasalarını orasından burasından çekiştirebiliyoruz ve onun gösterisinin koreografı artık bizleriz. Ancak, 2100'e kadar doğanın efendiliğine terfi edeceğiz.

2100: Mitolojinin Tanrıları Olmak

Bugün antik dönem atalarımızı bir şekilde ziyaret edebilseydik ve onlara modern bilimin ve teknolojinin harikalarını gösterebilseydik, bizler hokkabaz olarak görülürdük. Bulutların içinde süzülen jet uçaklarını, Ay'ı ve gezegenleri keşfe çıkan roketleri, canlı bir bedenin içine bakabilen MRI[29] tarayıcılarını ve gezegen üzerindeki herhangi biriyle bağlantıda olmamızı sağlayan cep telefonlarını, bilimin sihirbazlığıyla, onlara gösterebilirdik. Eğer onlara, hareket eden resimleri ve mesajları her an kıtalar ötesine gönderebilen dizüstü bilgisayarlarımızı gösterseydik, onlar bunu büyücülük olarak görürlerdi.

Ancak, bu yalnızca bir başlangıç. Bilim durağan değildir. Bilim dört bir yanımızda katlanarak/üstel olarak büyümeye devam ediyor. Eğer yayınlanmakta olan bilimsel makaleleri sayarsanız, sırf üretilen bilim hacminin her on yılda bir ikiye katlandığını görürsünüz. Yenilikler ve buluşlar, tüm el üstünde tutulan o eski inanç ve önyargıları alt üst ederek, tüm ekonomik, politik ve sosyal görünümü değiştiriyorlar.

Şimdi 2100'deki dünyayı hayal etmeye cüret edebiliriz.

2100 yılına kadar, bir zamanlar taptığımız ve korktuğumuz tanrılar gibi olmak bizim alın yazımızdır. Ancak, sihirli değnek ve iksirler değil, aksine, bilgisayar bilimi, nanoteknoloji, yapay zekâ, biyoteknoloji ve hepsinin ötesinde, tüm diğer teknolojilerin temeli olan kuantum kuramı, bizim araçlarımız olacak.

2100 yılında, mitolojilerin tanrıları gibi, cisimleri zihinlerimizin gücüyle yönlendirebileceğiz. Bilgisayarlar düşüncelerimizi sessizce okuyarak dileklerimizi yerine getirebilecekler. Sadece düşünce ile nesneleri hareket ettirebileceğiz, yani genellikle yalnızca tanrılara mahsus olan bir telekinetik güce[30] sahip olacağız. Biyoteknolojinin gücüyle mükemmel vücutlar yaratabilecek ve hayat süremizi uzatabileceğiz. Ayrıca, dünya yüzeyinde daha önce hiç yürümemiş hayat formları yaratabileceğiz. Nanoteknolojinin gücüyle bir nesneyi alacak, onu başka bir şeye dönüştürebileceğiz, görünüşte neredeyse yoktan bir şey ya-

---

[29] *magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme (ç.n.)
[30] *telekinetic power*

ratabileceğiz. Ateşli arabalara[31] değil, neredeyse hiç yakıt kullanmadan kendi başlarına yükselebilen ve havada zahmetsizce süzülebilen şık arabalara bineceğiz. Makinelerimizle, yıldızların sonsuz enerjilerinden yararlanabileceğiz. Ayrıca, yanıbaşımızdaki gök cisimlerini keşfetmek için, uzay gemisi yollamanın eşiğinde olacağız.

Bu tanrısal güç hayal edilemeyecek kadar ileri görünmesine karşın, bütün bu teknolojilerin tohumları ekiliyor, şu an biz konuşurken bile. Bize bu gücü veren modern bilimdir, tanrısal ya da sihirli sözler değil.

Ben bir kuantum fizikçisiyim. Her gün, evreni yaratan atomaltı parçacıklara[32] hükmeden denklemlerle uğraşıyorum. İçinde yaşadığım yer, on bir boyutlu hiperuzaydan, karadeliklerden ve çoklu evrene[33] açılan geçitlerden oluşan evrendir.[34] Ancak, patlayan yıldızları ve büyük patlamayı[35] açıklamak için kullanılan kuantum kuramının denklemleri, geleceğimizin ana hatlarını deşifre etmek için de kullanılabilir.

Peki tüm bu teknolojik değişimler bizi nereye götürüyor? Bilim ve teknoloji içindeki bu uzun yolculuğumuzun nihai hedefi neresidir?

Bütün bu büyük değişimlerin doruk noktası, fizikçilerin 1. Tip uygarlık[36] diye adlandırdıkları, bir gezegensel uygarlığın[37] oluşumudur. Bu, geçmişin tüm uygarlıklarından keskin bir ayrışmayı işaret eden, belki de tarihteki en büyük dönüşüm olacak. Gazete haberlerine yön veren her manşet, bir şekilde, bu gezegensel uygarlığın doğum sancılarını yansıtıyor. Ticaret, alışveriş, kültür, dil, eğlence, boş zaman faaliyetleri ve hatta savaşlar, hepsi bu gezegensel uygarlığın gelişiyle kökten değişecek. Gezegenimizin enerji üretim miktarını hesaplayarak, 1. Tip

---

[31] *fiery chariots*: mitolojik zamanlarda, çoğu zaman ateşler içinde resmedilen, tanrıların arabaları; eski zamanlarda iki tekerlekli savaş ya da yarış arabaları. (ç.n.)

[32] *subatomic particles*

[33] *multiverse*

[34] *universe*

[35] *the big bang*

[36] *Type I civilization*

[37] *planetary civilization*

statüye 100 yıl içinde ulaşabileceğimizi tahmin edebiliriz. Kaosun ya da çılgınlığın güçlerine yenik düşmedikçe, tarihin ve teknolojinin, kimsenin kontrolünde olmayan, muazzam ve boyun eğmez güçlerinin nihai ürünü olacak gezegensel uygarlığa geçiş kaçınılmazdır.

Neden Bazen Tahminler Gerçekleşmez?

Yine de, bilgi çağı hakkında yapılan birkaç tahmin çarpıcı bir biçimde yanlış idi. Örneğin, birçok gelecek tahmincisi bilgisayarın kâğıdı demode hale getirdiği "kâğıtsız ofis" tahmininde bulunmuştu. Gerçekte ise tam tersi oldu. Herhangi bir ofise şöyle bir bakın, kâğıt miktarının aslında her zamankinden daha çok olduğunu görürsünüz.

Bazıları da "insansız şehirler" tasavvur etti. Fütüristler, internet üzerinden yapılacak telekonferansın yüz yüze iş toplantılarını gereksiz kılacağını ve böylece evden ofise gidip gelmelere gerek kalmayacağını tahmin ettiler. Hatta insanlar ofislerinde değil de evlerinde çalışacaklarından, şehirler büyük ölçüde boşalacak, hayalet kasabalar haline geleceklerdi.

Benzer şekilde, bütün günlerini kanepelerinde uzanarak geçiren, bilgisayarlarındaki internet üzerinden dünyayı dolaşan, turistik yerleri seyreden miskinlerin, yani "siber-turistlerin" arttığını görecektik. Ayrıca, alışveriş işini bilgisayar farelerine bırakan "siber-alışverişçiler" görecektik; büyük alışveriş merkezleri iflas edeceklerdi. "Siber-öğrenciler" tüm üniversite derslerini, gizlice video oyunları oynarken ve bira içerken, internetten alacaklardı. Üniversiteler ilgi eksikliğinden kapanacaklardı.

Ya da "televizyonlu telefon"un[38] kaderini düşünün. 1964 Dünya Fuarı sırasında, AT&T,[39] konuştuğun kimseyi görebileceğin, onun da seni görebileceği, telefon sistemine bağlanabilen bir televizyon ekranı geliştirmek için neredeyse 100 milyon dolar harcadı. Bu fikir daha baştan başarısızlığa uğradı; AT&T

---

[38] *the picture phone*

[39] *American Telephone and Telegraph Company:* Amerikan Telefon ve Telgraf Şirketi. (ç.n.)

bunlardan ancak 100 kadar satabildi, her biri 1 milyon dolara patlamıştı. Bu çok masraflı bir fiyaskoydu.

Son olarak, geleneksel medya ve eğlence sektörlerinin ölümünün yakın olduğu düşünülüyordu. Bazı fütüristler, internetin canlı tiyatro, sinema, radyo ve televizyon gibi önüne gelen her şeyi yutan, karşı konulmaz bir güç olacağını iddia ettiler, öyle ki kısa zaman sonra bunların hepsi ancak müzelerde görülebileceklerdi.

Aslında tahminlerin tam tersi oldu. Şehir hayatının değişmez özelliği olan trafik sıkışıklığı her zamankinden daha kötü. İnsanlar büyük kalabalıklar halinde turistik yerlere akın ediyorlar; turizm gezegen üzerinde en hızlı büyüyen iş kollarından biri oldu. Alışveriş yapanlar, zorlu ekonomik zamanlara karşın, sel gibi mağazalara akıyorlar. Üniversiteler, siber-sınıfları çoğaltmak şöyle dursun, hâlâ rekor sayıda öğrenci kaydediyorlar. Doğru, bugün evlerinden çalışmaya ya da iş arkadaşlarıyla görüşmelerini telekonferans ile yapmaya karar veren daha çok insan var, ama şehirler hiç de boşalmış değiller. Aksine, durmaksızın büyüyen mega şehirlere dönüştüler. Bugün internet üzerinden video görüşmeleri yapmak kolay, ama çoğu insan filme alınmak konusunda isteksiz ve yüz yüze toplantıları tercih ediyor. Elbette, internet tüm medya görünümünü değiştirdi; bu arada da medya devleri internet üzerinden nasıl gelir elde edecekleri üzerine kafa patlattılar. Yine de internet, televizyonu, radyoyu ve canlı tiyatroyu tedavülden kaldırmanın yakınında bile değildir. Broadway'in ışıkları hâlâ eskisi gibi ışıl ışıl parıldıyor.

Mağara Adamı İlkesi

Neden bu tahminler başarısız oldu? Benim Mağara Adamı (ya da Mağara Kadını) İlkesi[40] olarak adlandırdığım nedenle, çoğu insanın bu ilerlemeleri reddettiklerini tahmin ediyorum. Genetik ve fosil kanıtlar, tamamen bizim gibi görünen modern insanın 100.000 yıldan daha önce Afrika'da ortaya çıktığını işaret

[40] *Cave Man* (or *Cave Woman*) *Principle*

ediyor, ama biz beyinlerimizin ve kişiliklerimizin o zamandan beri çok da değiştiklerine ilişkin bir kanıt görmüyoruz. O dönemden birini alsaydınız, onun anatomik olarak bizimle özdeş olduğunu görürdünüz: Ona bir banyo yaptırın, traş edin, üç parça bir takım elbise de giydirin ve koyun Wall Street'e, onu fiziksel olarak hiç kimseden ayıramazdınız. Benzer şekilde, isteklerimiz, rüyalarımız, kişiliklerimiz ve arzularımız, 100.000 yıl içinde muhtemelen çok da değişmediler.

Büyük olasılıkla bizler hâlâ mağara adamı atalarımız gibi düşünüyoruz.

Önemli olan nokta şu: Ne zaman modern teknoloji ile ilkel atalarımızın arzuları arasında bir çatışma olsa ilkel arzular her zaman kazanır. İşte bu Mağara Adamı İlkesi'dir. Örneğin, mağara adamı her zaman "av"ın kendisine rağbet etmişti. Elden kaçırılmış büyük bir av hakkında böbürlenmek hiçbir zaman yeterli değildi. Elimizdeki yeni tutulmuş hayvan, elden kaçırılmış av hikâyelerine her zaman tercih edilebilirdi. Benzer şekilde, ne zaman dosyalarla ilgilensek, onların basılı bir kopyasını isteriz. İçgüdüsel olarak, bilgisayarımızın ekranında gezinen elektronlara güvenmeyiz, bu yüzden, hiç gerekmediği zamanlarda bile e-postalarımızın ve raporlarımızın yazılı baskılarını alırız. İşte bu yüzden kâğıtsız ofis tahmini hiçbir zaman gerçekleşmedi.

Aynı şekilde, atalarımız her zaman yüz yüze ilişkileri tercih etmişlerdi. Bu başkaları ile bağ kurabilmemize ve onların gizli duygularını okumamıza yardımcı olmuştur. İşte bu, insansız şehirlerin bir türlü ortaya çıkmamasının nedenidir. Sözgelimi bir patron, çalışanlarının nasıl insanlar olduklarını öğrenmek istesin. Bunu internet üzerinden yapması zordur; ama bir patron, yüz yüze vücut dilini okuyabilir, farkında olmaksızın sergilenen değerli bilgiye ulaşabilir. İnsanları yakından izleyerek, onlarla ortak bir bağ kurarız ve üstelik onların hemen göze çarpmayacak kadar incelikli vücut dillerini okuyabiliriz ve böylece zihinlerinde hangi düşüncelerin dolaştığını ortaya çıkarabiliriz. Bu böyledir; çünkü maymuna benzeyen atalarımız, konuşma yeteneklerini geliştirmelerinden binlerce yıl önce, tüm duygu ve düşüncelerini iletmek için yalnızca vücut dillerini kullanmışlardı.

Siber-turizmin asla başarı kazanamamış olmasının nedeni de budur. *Tac Mahal*'in resmini görmek bir şeydir, ama bizzat görerek övünme hakkına sahip olmak başka bir şey. Benzer şekilde, en sevdiğiniz müzisyenin CD'sini dinlemek ile onu canlı bir konserde, tüm o gürültü ve tantana içinde, gerçekten görüp izleyince hissedilen o ani duygu yükselmesi aynı şey değildir. Sevdiğimiz bir oyunun ya da şöhretli bir oyuncunun gerçek resimlerini internetten indirebilmemize karşın, o oyunu sahnede izlemek ya da o oyuncunun rolünü icra edişini bizzat görmek gibisi yoktur. Günümüzde hayranlar, herhangi bir resmi internetten bedavaya indirebilmelerine karşın, sevdikleri ünlünün arkası imzalanmış bir resmi ya da onun bir konser bileti için çok uzak mesafelere gidiyorlar.

Bu, internetin televizyonu ve radyoyu silip süpüreceğine ilişkin tahminin neden asla gerçekleşmediğini açıklar. Sinemalar ve radyo hayatımıza ilk girdiklerinde, insanlar canlı tiyatronun ölümüne hayıflanmışlardı. Televizyon hayatımıza girdiğinde ise insanlar bu kez sinemaların ve radyonun yok olacağını tahmin etmişlerdi. Şimdi ise bizler, televizyonun, sinemaların ve radyonun karışımı bir medya içinde yaşıyoruz. Çıkarılacak ders şu: Bir medya aracının gelişi hiçbir zaman bir öncekini yok etmez; aksine, beraberce var olurlar. Devamlı olarak değişen ise bu medya araçlarının karışımı ve aralarındaki ilişkilerdir. Gelecekte bu medya karışımının nereye evrileceğini tahmin edebilen bir insan çok zengin olabilir.

Bunun nedeni ise atalarımızın bir şeyi her zaman bizzat görmek istemeleri ve kulaktan dolma bilgilere itibar etmemeleridir. Ormanda, söylenti yerine fiziksel kanıta güvenmek, hayatta kalabilmemiz için çok önemliydi. Bundan bir yüzyıl sonra bile canlı tiyatrolarımız olacak ve bizler hâlâ uzak geçmişimizden kalan antik mirasımızın etkisinde, ünlülerin peşinde olacağız.

Buna ek olarak, bizler hayvan peşindeki avcıların soyundan geliyoruz. Bundan dolayı da başkalarını seyretmeyi çok severiz; hatta saatler boyunca televizyon başında oturur, durmaksızın diğer insanların tuhaflıklarını seyrederiz. Ancak bir başkasının bizi izlediğini hissettiğimizde hemen sinirleniriz. Aslında bilim

insanları, eğer bir yabancı bize dört saniye kadar dik dik bakarsa sinirlendiğimizi hesapladılar. Hatta on saniye kadar sonra, seyrediliyoruz diye öfkelenmeye başlıyor ve saldırganlaşıyoruz. Bu, ilk resimli televizyon fikrinin neden büyük bir hayal kırıklığı olduğunu açıklar. Ayrıca, kim internete girmeden önce saçını taramak zorunda kalmak ister ki? (Bugün, onlarca yıllık yavaş ve sancılı ilerlemeden sonra, internet üzerinden video görüşmesi rağbet görmeye başladı.)

Bugün internet üzerinden dersleri dinlemek mümkündür. Yine de üniversiteler öğrencilerle dolup taşıyor. İnternet üzerinden ders almaktansa size bireysel olarak ilgi gösterebilecek ve kişisel sorularınıza yanıt verebilecek profesörlerle bire bir yüz yüze gelmek hâlâ tercih ediliyor. Bir iş için başvururken, üniversiteden alınmış bir diplomanın sanal diplomaya göre çok daha fazla ağırlığı var.

Sonuçta, İleri Teknoloji ile İleri Temas[41] arasında, yani bir koltuğa oturup televizyon seyretmekle etraftaki nesnelere dokunmak arasında, süregelen bir rekabet var. Bu rekabette biz ikisini de isteriz. Bu ise içinde bulunduğumuz sanal gerçeklik çağında bile, hâlâ canlı tiyatroya, rock konserlerine, kâğıda ve turizme sahip olmamızın nedenidir. Öte yandan, sevdiğimiz ünlü bir müzisyenin bedava bir resmi ya da onun konseri için *gerçek* bir bilet teklif edildiği zaman, hiç düşünmeyiz, bileti alır cebe atarız.

İşte bu Mağara Adamı İlkesi'dir: Bizler her ikisine de sahip olmayı isteriz, ama seçme şansımız olursa tam da mağara adamı atalarımız gibi, İleri Temas tercihimiz olacaktır.

Ama bu ilkenin doğal bir sonucu da var. Bilim insanları 1960'larda interneti ilk yarattıklarında, onun eğitim, bilim ve ilerleme için bir oluşuma, bir foruma dönüşeceğine yaygın olarak inanılıyordu. Bunun yerine internet, bugün de olduğu gibi, hiçbir kuralın ve sınırın olmadığı bir Vahşi Batı'ya doğru kötüleşerek evrilince, birçokları dehşete düştüler. İnsanların gelecekteki sosyal etkileşimlerini tahmin etmek istiyorsanız, 100.000 yıl geriye gidin ve oradaki sosyal etkileşimlerimizi basitçe hayal

---

[41] *High Tech and High Touch*

edin ve sonucu bir milyar ile çarpın; Mağara Adamı İlkesi'nin sonucu işte budur. Bu ise dedikodunun, sosyal bir ağa dahil olmanın ve eğlencenin her zaman revaçta olacağı anlamına gelir. Özellikle liderler ve diğer rol modelleri hakkındaki söylentiler, bir kabile içinde hızlıca iletişim kurulabilmesi için elzemdir. Döngü dışında kalan, genlerini devam ettirmek için hayatta kalamaz. Bugün bizler, bu oyunun, marketlerin kapı çıkışlarındaki tezgâhlarda, duvardan duvara yerleştirilmiş, meşhur insanların dedikodularını yazan magazin dergilerinde sahnelendiğini görebiliriz. Meşhur insan odaklı bir kültür yükselmekte. Bugüne ilişkin tek fark ise kavimsel dedikodunun büyüklüğünün kitlesel medya tarafından inanılmaz derecede büyütülmüş olması ve dünyanın çevresini bir saniye gibi çok küçük bir zaman içinde defalarca dönebilmesidir.

Sosyal paylaşım sitelerinin, genç ve bebek yüzlü girişimcileri bir gecede milyarderlere çevirerek, birden bire patlama yapması birçok analizciyi gafil avladı. Bu da Mağara Adamı İlkesi'nin bir örneğidir. Bizim evrimsel tarihimizde, büyük sosyal ağlara bağlı kalanlar, hayatta kalabilmek için çok önemli olan kaynaklar, tavsiyeler ve yardımlar konusunda ağdaki diğer insanlara güvenebilirlerdi.

Son olarak, eğlence dünyası patlayarak büyümesine devam edecektir. Bazen ne kadar kabul etmek istemesek de kültürümüzün baskın bir parçası eğlenceye dayanır. Atalarımız avdan sonra dinlenir ve eğlenirlerdi. Bu yalnızca sosyal ilişkiler için değil, bir bireyin kavim içinde yerini pekiştirmesi bakımından da önemliydi. Eğlencenin temel öğeleri olan dans etme ve şarkı söylemenin, hayvanlar âleminde de, karşı cinse formda oluşu göstermek için, yaşamsal derecede önemli olmaları hiç de tesadüfi değildir. Erkek kuşlar güzel ve kompleks bir şekilde şakırlar ya da garip çiftleşme ritüelleri ile meşgul olurlar. Amaçları ise sağlıklı oldukları, fiziksel olarak formda oldukları, parazitlerden uzak oldukları ve gelecek nesillere geçirmeye değer genlere sahip oldukları mesajlarını karşı cinse iletmektir.

Ayrıca güzel sanatların ortaya çıkışı yalnızca zevk amaçlı değildi; çoğu bilgiyi sembolik olarak işleyen beynimizin gelişmesi için çok önemli bir rol oynamıştı.

Sonuç olarak, kişiliğimizi temelden genetik olarak değiştirmediğimiz sürece, gelecekte eğlencenin, dedikodu basınının ve sosyal paylaşım sitelerinin güçlerinin artacağını, azalmayacağını, öngörebiliriz.

Bir Kılıç Olarak Bilim

Bir defasında, geleceğe bakışımı sonsuza dek değiştiren bir film görmüştüm. Bu *Yasak Gezegen*[42] adlı bir filmdi ve Shakespeare'in *Fırtına*[43] adlı oyununa dayanıyordu. Filmde astronotlar, tüm görkemleriyle bizden milyonlarca yıl ileride olan eski bir uygarlığa rastlarlar. Onlar teknolojilerinin nihai hedefine ulaşmışlardı. Bu, zihin yoluyla neredeyse her şeyi yapabilmelerini sağlayan, aletsiz ve aracısız sonsuz bir güçtü. Düşünceleri, gezegenlerinin derinliklerinde gömülü, her arzuyu gerçeğe dönüştüren, devasa termonükleer enerji santrallarinden yararlanıyordu. Diğer bir deyişle, tanrıların gücüne sahiptiler.

Bizler de benzer bir güce sahip olacağız, ama milyonlarca yıl beklemek zorunda kalmayacağız. Yalnızca bir yüzyıl daha sabredeceğiz ve hatta günümüz teknolojisinde bu geleceğin tohumlarını görebiliriz. Ancak bu, erdem üzerine bir filmdi; çünkü en sonunda bu ilahi güç, bu uygarlığı boğuyordu.

Bilim şüphesiz ki iki tarafı keskin bir kılıçtır; çözüme ulaştırdığı sayıda problem yaratır ve yarattığı her problem bir öncekinden hep daha zordur. Bugün dünyada birbiri ile yarışan iki eğilim var: Birincisinin amacı, hoşgörülü, bilimsel ve müreffeh bir gezegen uygarlığı yaratmak iken, ikincisi, toplumumuzun dokusunu parçalayabilecek anarşiyi ve cahilliği yüceltir. Bizler hâlâ atalarımızın o mezhepsel, köktenci, mantıksız ihtiraslarına sahibiz, ama aramızdaki fark şu: Bizler şimdi nükleer, kimyasal ve biyolojik silahlara da sahibiz.

Gelecekte bizler, doğanın sergilediği dansın pasif bir gözlemcisi olmaktan doğanın koreograflığına, oradan doğanın efendiliğine ve nihayet de doğanın muhafızlığına geçiş yapaca-

---

[42] *Forbidden Planet*
[43] *The Tempest*

ğız. Umalım ki bilimin kılıcını, ezeli geçmişimizdeki barbarlığı terbiye ederek, bilgelik ve ağırbaşlılıkla kullanabilelim.

Haydi şimdi, bilimsel yeniliğin ve keşfin gelecek 100 yılı içinde, bunu gerçekleştirecek bilim insanlarının bana anlattığı şekilde, varsayımsal bir yolculuğa çıkalım. Bu, bilgisayarlardaki, telekomünikasyondaki, biyoteknolojideki, yapay zekâdaki ve nanoteknolojideki başdöndürücü gelişmelerin içinde, çılgın bir yolculuk olacak. Kuşkusuz bu, uygarlığın geleceği hariç, her şeyi değiştirecek.

Herkes kendi zihnindeki dünyanın sınırları içinde yer alır.

—ARTHUR SCHOPENHAUER

Hiçbir karamsar, yıldızların sırlarını keşfetmedi ya da meçhul topraklara hiç yelken açmadı ya da insan ruhu için yeni bir cennet [kapısı] açmadı.

—HELEN KELLER

1
Bilgisayarın Geleceği

Maddeden Üstün Zekâ

NEREDEYSE YİRMİ YIL ÖNCE, Mark Weiser'in Silikon Vadisi'ndeki ofisinde, bana kendisinin gelecek ile ilgili öngörülerini açıklarken oturduğumu, canlı bir biçimde hatırlıyorum. Ellerini hareket ettirerek, heyecanla, dünyayı değiştirecek yeni bir devrimin gerçekleşmek üzere olduğunu bana anlattı. Weiser, bir Xerox PARC (Palo Alto Araştırma Merkezi,[1] kişisel bilgisayarın, lazer yazıcının ve Windows-tipi grafiksel ara yüzün öncüsü bir kuruluş) çalışanı olarak, bilgisayar seçkinlerinin bir parçasıydı; ama gelenekleri hiçe sayan, geleneksel aklı tuz buz eden ve ayrıca çılgın bir rock grubunun üyesi olarak, başına buyruk biriydi.

---

[1] *Palo Alto Research Center*

O zamanlar (şimdi bir ömür önce gibi görünüyor), kişisel bilgisayarlar yeniydi, insanların hayatlarına daha yeni yeni giriyorlardı. Sayısal hesap analizleri yapmak ve biraz da sözcük işlemcisi[2] ile uğraşmak için, büyük ve hantal bir masaüstü bilgisayar satın almak fikri yavaş yavaş zihinlerde yer ediyordu. İnternet ise hâlâ büyük ölçüde, benim gibi bilim insanlarına mahsus bir alandı ve esrarlı bir dilde, meslektaş bilim insanlarına sayısız denklem üretiyordu. Soğuk ve acımasız bakışıyla, masanızın üzerinde duran bu kutunun uygarlığı insanlıktan koparıp koparmayacağı konusunda öfkeli tartışmalar vardı. Bir defasında siyasi analist William F. Buckley, sözcük işlemcisini, ondan yakınan, bir bilgisayara dokunmayı bile reddeden, onu kültürsüz ve darkafalıların aracı olarak etiketleyen entellektüellere karşı savunmak zorunda kalmıştı.

Bu, Weiser'in "her yerde bilgisayar"[3] ifadesini ilk kullanıma soktuğu münakaşa dönemiydi. Kişisel bilgisayarın mazisini iyi bildiğinden, bir gün çiplerin çok ucuz ve bol olacağını, tüm çevremize -giysilerimize, mobilyalarımıza, duvarlarımıza ve hatta vücutlarımıza- yayılacaklarını tahmin ediyordu. Bunların hepsi de internete bağlı olacaklar, bilgi paylaşacaklar, hayatlarımızı daha keyifli kılacaklar ve tüm arzularımızı gözetleyeceklerdi. Nereye gitsek, çipler isteklerimizi yerine getirmek için orada olacaklardı. Tüm çevremiz hayat dolu olacaktı.

O zaman için Weiser'in hayalleri acayip, hatta saçmaydı. Kişisel bilgisayarların çoğu hâlâ pahalıydı ve internete bağlı bile değillerdi. Milyarlarca minnacık çipin bir gün musluk suyu kadar ucuz olacağı fikri kaçıklık olarak görülüyordu.

Sonra ona, bu devrimden nasıl bu kadar emin olduğunu sordum. Sakince yanıt verdi, bilgisayarın gücü üstel[4] olarak büyüyordu ve bu büyümenin görünürde bir sonu yoktu. Hesabını kitabını yapmamı ima etti. Bu yalnızca bir zaman sorunuydu. (Weiser, ne yazık ki, bu devrimin gerçekleştiğini görecek kadar uzun yaşamadı, 1999'da kanserden hayatını kaybetti.)

---

[2] *word processor*
[3] *ubiquitous computing*
[4] *exponential*

Weiser'in kâhince hayallerinin arkasındaki itici güç Moore yasası[5] diye adlandırılan, bilgisayar endüstrisini elli yıl ya da daha fazla süredir yönlendiren, modern uygarlık için hız tayin eden, saat benzeri, genel kabul görmüş bir kuraldı. Moore yasası, basitçe, bilgisayar gücünün her on sekiz ayda ikiye katlandığını söyler. Intel Şirketi'nin[6] kurucularından biri olan Gordon Moore'un 1965'te ilk defa söylediği bu basit yasa dünya ekonomisinin kökten değişmesine yardım etti, inanılmaz servetler üretti ve yaşam tarzımızı geri dönülmez bir şekilde değiştirdi. Bilgisayar çiplerinin devamlı düşen fiyatlarına karşılık onların hızlarında, işlem yapma güçlerinde ve hafıza kapasitelerindeki çok hızlı gelişmelerini bir grafiğe döktüğünüz zaman, elli yıl geriye giden, hayret verici düz bir çizgi görürsünüz. (Bu logaritmik bir kâğıda çizilir. Aslında, bu grafiğe vakum tüplerini ve hatta elle çalıştırılan mekanik toplama makinelerini eklerseniz, bu düz çizgi 100 yıldan da fazla geriye uzatılabilir.)

Üstel büyümeyi anlayabilmek çoğu zaman zordur; çünkü zihinlerimiz doğrusal[7] olarak düşünürler. O kadar yavaştır ki bazen değişikliği anlamazsınız bile. Ancak onyıllar içinde, çevremizdeki her şeyi tamamen değiştirebilir.

More yasasına göre, bilgisayar oyunlarınız her yılbaşında, bir yıl öncesine göre (transistör sayısı bakımından) neredeyse iki kat daha güçlüdür. Üstelik yıllar geçtikçe, bu devamlı artan güç kazanımı devasa bir boyut alır. Örneğin, postadan aldığınız bir doğum günü kartı genellikle "Mutlu Yıllar" şarkısını çalan bir çip içerir. Hayret verici olan ise bu çipin tüm Müttefik Kuvvetlerin[8] 1945'te sahip olduğu bilgisayar gücünden daha fazlasına sahip olduğu gerçeğidir. Hitler, Churchill ya da Roosevelt bu çipi elde edebilmek için adam öldürmüş olabilirlerdi. Peki onunla ne yapabiliriz? Doğum gününden sonra, kartı ve çipi çöpe atar geçeriz. Bugün cep telefonunuz, Ay'a iki astronot gönderen NASA'nın 1969'daki tüm gücünden daha fazla bilgisayar gücüne sahiptir. Üç boyutlu görüntüleri simüle etmek

---

[5] *Moore's law*
[6] *the Intel Corporation*
[7] *linear*
[8] *the Allied Forces*

için muazzam miktarlarda bilgisayar gücü harcayan video oyunları, bir önceki on yılın sistem bilgisayarlarından daha çok bilgisayar gücü kullanırlar. Bugünün 300 dolara mal olan Sony PlayStation'ı, milyonlarca dolara mal olan 1997'nin askeri süperbilgisayarının gücüne sahiptir.

Bilgisayar gücünün doğrusal ve üstel büyümeleri arasındaki farkı, 1949'da insanların bilgisayarın geleceğini nasıl gördüklerini analiz ettiğimizde görebiliriz. *Popular Mechanics*[9] o zaman, bilgisayarların zamanla doğrusal büyüyeceğini, zaman içinde de yalnızca ikiye ya da üçe katlanacağını öngörmüştü. Şöyle yazmışlardı: "18.000 vakum tüpü içeren ve 30 ton ağırlığı olan ENIAC[10] gibi bir hesap makinesinin olduğu yerde, bilgisayarlar gelecekte 1000 vakum tüpüne sahip olabilirler ve ancak 1,5 ton ağırlıkta olabilirler."

(Doğa Ana tavrını üstel güçten yana koyar. Tek bir virüs bir insan hücresini gasp edebilir ve onu, kendisininin birkaç yüz kopyasını üretmesi için zorlar. Her nesilde 100 kat çoğalarak, bir virüs yalnızca beş nesilde 10 milyar virüs üretebilir. Tek bir virüs, trilyonlarca sağlıklı hücresi olan vücudunuza bulaşabilir ve pek tabii yalnızca bir hafta içinde soğuk algınlığından muzdarip olursunuz.)

Sadece bilgisayar gücünün miktarı artmadı, ayrıca bu gücün iletilme yolları da, ekonomi üzerindeki etkileriyle beraber, temelinden değişti. Bu ilerlemeyi onar yıllık periyotlar halinde görebiliriz:

- **1950'ler:** Vakum tüplü bilgisayarlar, kablo, bobin ve çelik yığınlarıyla odaları tamamen dolduran, devasa mekanizmalardı. Sadece ordu bu canavarlara para sağlayabilecek kadar zengindi.
- **1960'lar:** Transistörler vakum tüplü bilgisayarın yerini aldı ve sistem bilgisayarları yavaş yavaş ticari piyasaya girmeye başladı.

---

[9] Otomotiv, ev, bilim ve teknoloji konularında yayın yapan, Amerika kökenli bir popüler kültür dergisi. (ç.n.)

[10] *Electronic Numerical Integrator And Computer:* ilk elektronik, genel amaçlı bilgisayar; 1945 yılında deneme çalışmalarına başlandı. (ç.n.)

- **1970'ler:** Yüzlerce transistör içeren entegre devre kartları, büyük bir masa büyüklüğündeki minibilgisayarı yarattı.
- **1980'ler:** On milyonlarca transistör içeren çipler, bir evrak çantasının içine sığabilecek kişisel bilgisayarları mümkün kıldı.
- **1990'lar:** İnternet yüz milyonlarca bilgisayarı tek bir küresel bilgisayar ağına bağladı.
- **2000'ler:** Her yerde bilgisayar fikri, çipleri bilgisayarlardan kurtardı, böylece çipler tüm çevremize dağıldılar.

Böylece eski paradigma (bir masaüstü ya da dizüstü bilgisayar içinde tek bir çip), yeni bir paradigmayla (mobilya, elektrikli ev eşyaları, resimler, duvarlar, arabalar ve elbiseler gibi her türlü yapı içine dağılmış, birbirleriyle konuşan ve internete bağlı binlerce çip) yer değiştiriyor.

Bu çipler bir teçhizat içine yerleştirildiklerinde, o teçhizat mucizevi bir şekilde dönüşüm geçirir. Çipler daktilo içine girerlerse sözcük işlemcisi elde edilir. Telefon içine yerleştirilirlerse cep telefonu ortaya çıkar. Kamera içine yerleştirilirlerse dijital kameranız olur. Tilt makineleri video oyunlarına dönüşür. Pikaplar iPod olur. Uçaklar ölümcül birer avcıya, insansız hava taşıtına dönüşür. Her defasında, bir endüstri dalı kökten değişecek ya da yeniden doğacak ve nihayet, çevremizdeki hemen her şey akıllı olacak. Çipler öyle ucuz olacaklar ki plastik kaplama kâğıtlarından daha ucuza mal olacaklar ve barkodlarla yer değiştirecekler. Ürünlerini akıllı hale getirmeyen şirketler, bunu gerçekleştiren rakipleri tarafından piyasa dışına sürülecekler.

Elbette bizler hâlâ bilgisayar ekranları tarafından çevrelenmiş olacağız, ama bu ekranlar bilgisayarlardan daha ziyade duvar kâğıtlarına, resim çerçevelerine ya da aile fotoğraflarına benzeyecekler. Bugün evlerimizi dekore eden tüm resimleri ve fotoğrafları bir hayal edin; şimdi de bunların her birinin canlandığını, hareket ettiğini ve internete bağlı olduğunu hayal edin. Dışarıda yürürken resimlerin hareket ettiğini göreceğiz; çünkü hareketli resimler sabit resimler kadar ucuza mal olacaklar.

Bilgisayarların kaderi –elektrik, kâğıt, şebeke suyu gibi kitlelere hitap eden diğer teknolojiler gibi– görünmez olmaktır; ya-

ni, hayatımızın dokusu içinde kaybolacaklar; her yerde ve hiçbir yerde, olacaklar; sessizce ve hiç pürüz çıkarmadan isteklerimizi yerine getirecekler.

Bugün bir odaya girdiğimiz zaman otomatik olarak elektrik düğmesini arıyoruz; çünkü duvarlarda elektrik olduğunu farz ediyoruz. Gelecekte bir odaya girdiğimizde yapacağımız ilk şey, internet portalını aramak olacaktır; çünkü odanın akıllı olduğunu düşüneceğiz. Romancı Max Frish'in de bir defasında söylediği gibi, "Teknoloji dünyayı düzenleme işinde öyle hünerli ki onu deneyimlemek zorunda bile değiliz."

Moore yasası, bilgisayarın yakın gelecekteki evrimini tahmin edebilmemize de olanak sağlar. Önümüzdeki on yılda, çipler süper duyarlı alıcılarla birleşecekler, öyle ki hastalıkları, kazaları ve bilimum acil durumları, daha kontrolden çıkmadan önce, hemen tespit edebilecekler. İnsan sesini ve yüzünü bir dereceye kadar tanıyacaklar ve resmi bir tonda da olsa konuşacaklar. Bugün hayalini kurabildiğimiz sanal dünyaların hepsini yaratmaya muktedir olacaklar. 2020'li yıllarda, bir çipin fiyatı, alelade bir kâğıdın fiyatına, bir kuruşa düşebilir. İşte ∪ zaman, çevremize dağılmış milyonlarca çip, sessizce emirlerimizi yerine getiriyor olacaklar.

En nihayetinde, *bilgisayar* sözcüğünün kendisi lügattan silinecek.

Bilim ve teknolojinin gelecekteki ilerlemesini tartışmak için, her bir bölümü üç zaman aralığına böldüm: Yakın gelecek (bugünden 2030'a), yüzyıl ortası (2030'dan 2070'e) ve son olarak uzak gelecek (2070'den 2100'e). Bunlar yalnızca kaba zaman aralıklarıdırlar, ama yine de, bu kitapta profili çizilen çeşitli eğilimler için uygun zaman dilimlerini gösterirler.

2100 yılına kadar gerçekleşecek bilgisayar gücündeki hızlı yükseliş, çevremizdeki dünyayı yalnızca düşünce yoluyla kontrol etmemize olanak sağlayacak, bizlere bir zamanlar tapındığımız mitolojik tanrıların sahip olduğu gibi bir güç verecek. Cisimleri hareket ettirebilen ve basit bir el hareketiyle ya da bir baş sallamasıyla hayatı yeniden şekillendirebilen mitolojinin tanrıları gibi, bizler de çevremizdeki dünyayı zihinlerimizin gücüyle kontrol edebileceğiz. Çevremize dağılmış çiplerle sü-

rekli bir zihinsel temasımız olacak ve bu çipler sessizce emirlerimizi yerine getirecekler.

Bir zamanlar, uzay gemisi *Enterprise*'ın mürettabatının Yunan tanrılarının yaşadığı bir gezegene rastladıkları, *Uzay Yolu*'ndan[11] bir bölüm izlediğimi hatırlıyorum. Karşılarına dikilen, tanrısal becerileriyle mürettabatı büyüleyebilen ve alt edebilen dev bir kişilik, yüce tanrı Apollo idi. Yirmi üçüncü yüzyıl bilimi, binlerce yıl önce antik Yunan'da göklerin hükümdarlığını yapmış bir tanrı ile ağız dalaşına giremeyecek kadar güçsüzdü. Ancak mürettabat, Yunan tanrıları ile karşılaşmanın şokunu atlatır atlatmaz, bu gücün bir kaynağının olması gerektiğinin ve Apollo'nun, arzularını gerçekleştiren bir merkezi bilgisayar ve güç kaynağı ile zihinsel bağlantıda olması gerektiğinin farkına vardılar. Mürettabat güç kaynağının yerini bulup yok eder etmez, Apollo sıradan bir ölümlüye indirgenmişti.

Bu yalnızca bir Hollywood masalıydı. Yine de bilim insanları, şu an laboratuvarlarda gerçekleştirilmekte olan köklü keşifleri ileriye götürerek, bizlere Apollo'nun gücünü verecek bilgisayarları telepatik kontrol ile kullanabileceğimiz günü hayal edebiliyorlar.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

İnternet Gözlükleri ve Kontakt Lensler

Bugün, bilgisayarlarımız ve cep telefonlarımız aracılığıyla internet ile haberleşebiliyoruz. Gelecekte ise internet her yerde var olacak – duvar ekranlarında, mobilyalarda, reklam panolarında ve hatta gözlüklerimizde ve kontakt lenslerimizde. Bir göz kırpışıyla internete bağlanabileceğiz.

Bir lens üzerine internet yerleştirmenin birkaç yolu vardır. Görüntü, gözlük camından içeri girebilir, doğrudan göz merceğimizden geçebilir ve retinamız üzerine düşürülebilir. Görüntü, ayrıca ekran görevi görecek lensler üzerine de düşürülebilir. Ya

[11] *Star Trek*

da, küçük bir kuyumcu gözlüğü gibi, gözlük çerçevesine de görüntü aktarılabilir. Gözlük camlarına baktığımızda, bir film perdesine bakıyormuşuz gibi interneti görebiliriz. Sonra da, bilgisayarı kablosuz bir bağlantıyla kontrol eden, elimizde tuttuğumuz bir cihazla interneti idare edebiliriz. Görüntüyü kontrol etmek için parmaklarımızı basitçe havada hareket ettirme kolaylığımız da olabilir; çünkü bilgisayar parmaklarımızın posizyonlarını biz onları oynatırken ayırt edebilir.

Örnek vermek gerekirse Washington Üniversitesi'ndeki[12] bilim insanları 1991'de, kırmızı, yeşil ve mavi lazer ışıklarının doğrudan retina üzerine düşürüldükleri, sanal retina görüntüsü[13] (SRG) fikrini mükemmelleştirmek için çalıştılar. 120 derecelik bir görüş açısıyla ve 1600x1200 piksellik bir çözünürlükle, bir SRG ekranı, bir sinema ekranında izlediğimiz görüntü ile karşılaştırılabilecek kadar parlak, berrak ve gerçekçi bir görüntü üretebilir. Görüntü bir kask, büyük camlı gözlük [laboratuvarlarda kullanılanlar gibi] ya da normal gözlük kullanılarak oluşturulabilir.

1990'larda bu internet gözlüklerini deneme şansım olmuştu. Bu, MIT[14] Medya Laboratuvarı'ndaki[15] bilim insanlarının yarattıkları ilk versiyonlardan biriydi. Gözlüğün sağ üst köşesine iliştirilmiş, hemen hemen 1,25 santimetre uzunluktaki silindirik bir lens hariç, sıradan bir gözlüğe benziyordu. Hiç problemsiz gözlük olarak kullanabiliyordum. Ancak, cama hafifçe tıklarsam bu küçücük lens gözümün önüne düşüyordu. Lensin içine odaklanırsam, standart bir kişisel bilgisayar ekranından birazcık küçük görünen, yekpare bir bilgisayar ekranını ayırt edebiliyordum. Görüntünün o kadar berrak olmasına şaşırmıştım, ekran neredeyse doğrudan yüzüme bakıyordu. Elimde üzerinde düğmeler olan, hemen hemen bir cep telefonu büyüklüğünde bir cihaz vardı. Düğmelere basarak, ekranda yanıp sönen imleci[16] kontrol edebiliyor ve hatta komutlar yazabiliyordum.

---

[12] *the University of Washington*
[13] *the virtual retinal display*
[14] *the Massachusetts Institute of Technology*
[15] *the Media Lab*
[16] *cursor*

2010'da, sunuculuğunu yaptığım bir Science Channel[17] programı için, Georgia'daki Fort Benning şehrine gittim. Amacım, Arazi Savaşçısı[18] olarak adlandırılan, Amerika Birleşik Devletleri Ordusu'nun en yeni "savaş meydanı için internet" projesini incelemekti. Bir yanına minyatür bir ekran iliştirilmiş özel bir kask giydim. Ekranı gözlerimin önüne indirdiğimde, aniden çok şaşırtıcı bir görüntü seçebildim: Dost ve düşman birliklerin yerlerinin X sembolü ile işaretlendiği tüm bir savaş alanı. Hayret verici bir şekilde "savaş sisi" ortadan kalkmıştı; GPS[19] alıcıları ile tüm birliklerin, tankların ve binaların yerleri tam olarak belirlenmişti. Bir düğmeye basınca görüntü hızlıca değişiyor, internet savaş alanında hizmetimde oluyor, hava durumuyla ilgili, dost ve düşman birliklerin konumları, stratejileri ve taktikleri ile ilgili bilgiler ekrana yansıyordu.

Çok daha ileri bir versiyonda, bir çip ve LCD ekran bir plastik içine yerleştiriliyor, internet doğrudan kontakt lensler üzerine düşürülüyor. Seattle'daki Washington Üniversitesi'nde,[20] Babak A. Parviz ve grubu, kontakt lens interneti için ön çalışmalar yapıyorlar, en sonunda internete ulaşma şeklimizi değiştirecek ilk modelleri tasarlıyorlar.

Parviz, bu teknolojinin birincil uygulamalarından birinin, şeker hastalarının kanlarındaki şeker seviyesinin düzenlenmesine yardımcı olacağını öngörüyor. Lens, vücut içi koşulları her an bildirecek. Bu henüz yalnızca bir başlangıç. Parviz, en sonunda, herhangi bir filmi, şarkıyı, siteyi ya da bilgiyi internetten kontakt lenslerimize indirebileceğimiz günü tasavvur ediyor. Lenslerimizde eksiksiz bir ev-içi eğlence sistemimiz olacak, arkamıza yaslanıp uzun metrajlı filmlerin tadını çıkaracağız. Lenslerimiz aracılığıyla doğrudan ofisteki bilgisayarımıza bağlanabilecek, gözümüzün önünde beliren dosyaları manipüle edebileceğiz. Bir göz kırpmasıyla, ofisimiz ile plaj konforunda, telekonferans bağlantısı kurabileceğiz.

---

[17] bir bilim kanalı. (ç.n.)

[18] *the Land Warrior*

[19] *the global positioning system*: küresel konumlama sistemi. (ç.n.)

[20] *the University of Washington*

İçlerine şekil-tanıma yazılımları yerleştirince, internet gözlükleri nesneleri ve hatta bazı insan yüzlerini de tanıyacaklar. Şimdiden bazı yazılımlar, %90'dan daha yüksek bir doğrulukla, daha önceden programlanmış yüzleri tanıyabiliyorlar. Görüştüğünüz insanın yalnızca ismi değil, özgeçmişi de siz konuşurken gözünüzün önüne gelecek. Bu da sizin, bir toplantıda rastgeldiğiniz, tanıdığınız ama ismini hatırlayamadığınız biri karşısındaki mahcubiyetinizi sona erdirecek. Bu aynı zamanda, içinde hayli yabancının olduğu bir kokteylde önemli bir hizmet de görebilir, özellikle de bu insanların bazıları çok ehemmiyetli kişilerse ve siz onları tanımıyorsanız. Gelecekte, tanımadığımız insanların kimliklerini tespit edebilecek, onların özgeçmişlerinden, daha onlarla konuşurken, haberdar olabileceğiz. (Bu, *Terminatör*[21] filmindeki robot gözlerin gördüğü dünyaya oldukça benzer.)

Bu eğitim sistemini de değiştirebilir. Gelecekte, final sınavına giren öğrenciler, soruların yanıtları için sessizce interneti tarayabilecekler; bu ezbere dayalı eğitime bel bağlamış öğretmenler için apaçık bir problem olacaktır. Bu da eğitimcilerin düşünme ve muhakeme yeteneklerine vurgu yapmak zorunda kalacakları anlamına gelir.

Gözlüğünüzün çerçevesinde küçük bir video kamera da olabilir, çevrenizi filme alabilir ve görüntüleri doğrudan internette yayınlayabilirsiniz. Deneyimlerinizi dünyadaki diğer insanlarla daha o anları yaşarken paylaşabilirsiniz. Her ne seyrederseniz, binlerce başka insan da sizinle beraber onları izleyebilecek. Anne babalar çocuklarının ne yaptıklarını bilecekler. Âşıklar ayrı kaldıklarında yaşadıkları deneyimleri paylaşabilecekler. Konserlerdeki insanlar heyecanlarını dünyadaki diğer hayranlara iletebilecekler. Denetçiler çok uzak fabrikaları ziyaret edecekler ve canlı görüntüleri doğrudan patronun kontakt lenslerine ışınlayacaklar. (Ya da bir eş alışveriş yapabilir ve diğer eş ne satın alınacağı hakkında yorum yapabilir.)

Parviz şimdiden bir bilgisayar çipini, bir kontakt lensin polimer filmi içine yerleştirilebilecek kadar küçültmeyi başardı.

---

[21] *The Terminator*

Bir LED'i[22] bir kontakt lens içine bir başarıyla yerleştirdi ve şimdi de 8x8'lik bir LED düzeneği üzerinde çalışıyor. "Bu parçalar en sonunda, sözcükler, kartlar ve fotoğraflar gibi görüntüleri gözümüz önünde oluşturacak yüzlerce LED içerecek; donanımın çoğu yarı-saydam olacak, böylece bunu kullanan kişi çevresindekilere çarpmadan ve yönünü şaşırmadan yolunu bulabilecek." diye iddia ediyor Parviz. Onun uzun yıllar alacak nihai hedefi ise 3600 piksele sahip, 10 mikrometreden[23] kalın olmayacak, bir kontakt lens yaratmak.

İnternet kontakt lenslerin bir avantajı çok az, bir watt'ın birkaç milyonda biri kadar güç kullanmalarıdır; böylece enerji ihtiyacı bakımından çok verimlidirler ve pili bitirmezler. Gözler ve optik sinirler bir bakıma insan beyninin doğrudan uzantılarıdırlar. Dolayısıyla, bir diğer avantaj, bizim insan beynine, hiç elektrod yerleştirmeden, doğrudan ulaşabilmemizdir. Gözler ve optik sinirler bilgiyi yüksek hızlı bir internet bağlantısının çok üzerinde bir hızda iletirler. Sonuçta, bir internet kontakt lens, insan beynine muhtemelen en etkin ve en hızlı erişimi sağlar.

Bir görüntüyü kontakt lensler aracılığıyla göze yansıtmak, internet gözlükleri için olandan biraz daha güçtür. Bir LED, ışığın bir noktasını, ya da bir pikselini, üretebilir, ama bunu doğrudan retina üzerine odaklamak için bir de hassas mercek eklemek zorundasınız. Elde ettiğiniz son görüntü 60 santimetre kadar önünüzde dalgalanır gibi ortaya çıkacaktır. Parviz'in düşündüğü daha ileri bir tasarımda ise çok net bir görüntüyü doğrudan retina üzerine göndermek için mikrolazerler kullanılır. Çip endüstrisinde minnacık transistörleri biçimlendirmek için kullanılan teknolojinin aynısı ile aynı büyüklükteki, dünyanın en küçük lazerleri de meydana getirilebilir. Bu teknolojiyi kullanarak 100 atom kadar genişliği olan lazerler prensipte mümkündür. Transistörler gibi, milyonlarca lazerin tırnak büyüklüğündeki bir çip üzerine istiflenmesi olasılık dahilindedir.

---

[22] *the light-emitting diode*: ışık yayan diyot. (ç.n.)

[23] 1 mikrometre, 1 metrenin milyonda birine eşittir. (ç.n.)

Sürücüsüz Araba

Yakın gelecekte, araba kullanırken kontakt lensleriniz aracılığıyla güvenli bir şekilde internette gezinebileceksiniz. İşe gidip gelmek can sıkıcı bir angarya olmayacak artık; çünkü arabalar kendi kendilerini kullanacaklar. Şimdiden, sürücüsüz arabalar, konumlarını 50-60 santimetre kesinlikte belirleyebilen GPS'i[24] kullanarak, yüzlerce kilometre gidebiliyorlar. Pentagon'un[25] DARPA'sı,[26] Büyük Düello[27] adlı bir yarışmaya sponsor oldu. Bu yarışmaya laboratuvarlar, sürücüsüz arabalarının Mojave Çölü boyunca gerçekleştirilecek 1 milyon dolarlık ödüllü bir yarışta boy göstermeleri için davet edilmişlerdi. DARPA, uzun zamandır sürdürdüğü, riskli fakat geleceği olan teknolojilerin finansmanını sağlama geleneğini halen devam ettiriyor.

(Pentagon'un örnek projelerinden ikisi internet ve GPS sistemi idi. İnternet, nükleer savaş sırasında ve sonrasında bilim insanlarını ve resmi makamları iletişimde tutmak için, GPS sistemi ise ilk olarak ICBM[28] roketlerini yönlendirmek için tasarlanmıştı. Soğuk Savaş'ın sonunda internet ve GPS projelerinin gizliliği kaldırıldı ve halkın hizmetine sunuldu.)

2004'te, yarışma utandırıcı bir başlangıç yaptı, bir tek sürücüsüz araba bile 240 kilometrelik engebeli bir arazide yol alıp bitiş çizgisini geçemedi. Robot arabalar ise ya arızalandılar ya da kayboldular. Ancak bir sonraki yıl, beş araba çok daha zor bir rotayı tamamladı. Takip etmek zorunda kaldıkları yol üzerinde 100 keskin dönüş, üç dar tünel ve bir tarafında sarp uçurumlar olan patikalar vardı.

Bazı eleştirmenler robot arabaların çölde yol alabileceklerini, ama asla şehir trafiğinde dolaşamayacağını söylediler. Böylece 2007'de, DARPA çok daha iddialı bir proje olan Şehir Düellosu'na[29] sponsor oldu. Bu yarışmada robot arabalar, temsili bir

---

[24] *the global positioning system*: küresel konumlama sistemi. (ç.n.)
[25] Birleşik Devletler Savunma Bakanlığı. (ç.n.)
[26] *the Defense Advanced Research Projects Agency*: İleri Araştırma Projeleri Ajansı. (ç.n.)
[27] *the DARPA Grand Challenge*
[28] *the intercontinental ballistic missile*: kıtalar arası balistik füze. (ç.n.)
[29] *the Urban Challenge*

şehir içinden geçen, 100 kilometrelik meşakkatli bir rotayı tamamlamak zorundaydılar. Arabalar tüm trafik kurallarına uymak zorundaydılar; yol boyunca diğer arabalardan sakınmalı ve dört yollu kavşaklarda ustalık göstermeliydiler. Altı takım Şehir Düellosu'nu başarıyla tamamladı; ilk üç sırayı paylaşanlar sırasıyla 2 milyon, 1 milyon ve 500.000 dolarlık ödüller aldılar.

Pentagon'un amacı, Amerika Birleşik Devletleri kara kuvvetlerinin üçte birini 2015 yılına kadar, kendi kendini idare eden bir duruma getirmek. Yakın zamanlardaki Amerika Birleşik Devletleri kayıplarının çoğunun yol kenarındaki bombalar nedeniyle olduğu düşünülürse robot arabalar hayat kurtaran bir teknoloji olarak kendilerini ispatlayabilir. Gelecekte Amerika Birleşik Devletleri'nin askeri araçlarının çoğunun hiç sürücüsü olmayacak. Bu aynı zamanda, sıradan bir müşteri için, sürücüsünün arabada iken çalışmasına, dinlenmesine, manzaranın tadını çıkarmasına, film seyretmesine ya da internette gezinmesine izin veren, bir düğmesine dokununca kendi kendine yol alan araba demektir.

Bir defasında Discovery Channel'ın[30] bir programı için bu arabalardan birini kullanma şansım oldu. Bu, Kuzey Carolina Devlet Üniversitesi[31] mühendislerince modifiye edilerek kendi kendini idare eder hale getirilmiş şık bir spor arabaydı. Bilgisayarları sekiz kişisel bilgisayar gücündeydi. İçerisi tıkış tıkış dolu olduğundan, arabaya binmem birazcık problem olmuştu. İçerde, her tarafta, koltuklar üzerinde ve gösterge panelinde, ileri teknoloji ürünü elektronik parçalar üst üste yığılmıştı. Direksiyonu tutunca, onun küçük bir motora bağlı özel bir plastik kabloya bağlı olduğunu gördüm. Böylece bir bilgisayar motoru kontrol ederek direksiyonu döndürebiliyordu.

Kontağı çevirdim, gaza bastım ve arabayı otoyola çıkardım. Bilgisayarın kontrolü ele almasını sağlayan düğmeyi çevirdim. Ellerimi direksiyondan çektim ve araba kendi kendini sürmeye başladı. Bilgisayarının plastik kablo aracılığıyla devamlı olarak direksiyon üzerinde küçük düzeltmeler yaptığı bu arabaya tam

---

[30] bir keşif ve bilim kanalı. (ç.n.)

[31] *the North Carolina State University*

bir güvenim vardı. En başta, direksiyonun ve gaz pedalının kendi kendilerine hareket etmelerini izlemek biraz ürkütücüydü. Görünmez bir hayalet sürücü kontrolü ele almış gibi hissetsem de bir süre sonra buna alıştım. Aslına bakarsanız, daha sonra, insanüstü bir hassasiyet ve ustalıkla kendi kendini süren bir araba içinde gevşeyip dinlenebilmek büyük bir keyif oldu. Arkama yaslanabiliyor ve yolculuğun tadını çıkarabiliyordum.

Bilgisayarın pozisyonunu 50-60 santimetre kesinlikle belirlemesi olanağını sağlayan GPS sistemi, sürücüsüz arabanın kalbidir. (GPS sisteminin arabanın pozisyonunu 5-7 santimetre hassasiyette belirleyebildiğini mühendisler arasıra bana söylerlerdi.) GPS sisteminin kendisi bir teknoloji harikasıdır. Dünyanın etrafında dönen 32 GPS uydusunun her biri, arabamdaki GPS alıcıları tarafından toplanan belirli bir radyo dalgası yayınlar. Her bir uydudan gelen sinyaller hafifçe orijinal hallerinden kayarlar; çünkü her biri azıcık farklı yörüngelerde yol alırlar. Bu kaymaya Doppler kayması[32] denir. (Radyo dalgaları, örneğin, uydu size doğru hareket ediyorsa sıklaşırlar, uydu sizden uzaklaşıyorsa seyrekleşirler.) Üç ya da dört uydudan gelen frekanslardaki bu çok ufak kaymaları analiz eden arabanın bilgisayarı, pozisyonunuzu kesin olarak belirleyebilir.

Arabanın çamurluklarında engelleri algılayabilen radar da vardır. Bu hayati derecede önemli olacak; çünkü gelecekte her araba yaklaşan bir kazayı saptar saptamaz, otomatik olarak acil durum önlemi alacak. Bugün, Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl neredeyse 40.000 insan trafik kazası sonucunda yaşamını yitiriyor. İleride, *araba kazası* ifadesi yavaş yavaş dilimizden silinebilir.

Trafik sıkışıklığı da geçmişin bir parçası olarak kalabilir. Bir merkezi bilgisayar, sürücüsüz arabalar ile bağlantıda kalarak, yoldaki her bir arabanın hareketini izleyebilecek. Böylece trafik sıkışıklıklarının ve daralmış yolların yerini kolayca belirleyebilecek. San Diego'nun kuzeyindeki Interstate 15'de[33] yapılan bir deneyde, bir merkezi bilgisayarın yoldaki arabaların kontrolü-

---

[32] *the Doppler shift*

[33] *Interstate 15:* 15 no'lu eyaletler arası yol. (ç.n.)

nü ele alabilmesi için yola çipler döşendi. Herhangi bir trafik sıkışıklığında, bilgisayar sürücülerden kontrolu aldı, trafiğin serbestçe akmasını sağladı.

Geleceğin arabası diğer tehlikeleri de algılayabilecek. Özellikle monoton uzak mesafe ya da gece seyahatlerinde, sürücü uykuya daldığı için binlerce insan ölmüş ya da yaralanmıştır. Bugün bilgisayarlar gözlerinize odaklanıyorlar ve uykulu olduğunuzu gösteren işaretleri tanıyabiliyorlar. Bilgisayar ses çıkarmak ve sizi kendinize getirmek için programlanıyor. Bu da başarısız olursa bilgisayar arabanın kontrolünü ele alıyor. Bilgisayarlar ayrıca araba içindeki haddinden fazla miktarda bulunabilecek alkolün varlığını da fark edebiliyor; bu, her yıl meydana gelen alkolle ilgili binlerce felaketi azaltabilecek.

Akıllı arabalara geçiş hemen gerçekleşmeyecek. Her şeyden önce, askeriye bu arabaları kullanılabilir hale getirecek ve bu süreçte pürüzleri ve aksaklıkları düzeltecek. Sonra robot arabalar piyasaya girecek, önce eyaletler arası otoyolların uzun ve sıkıcı kıvrımlarında görünecekler. Daha sonra, büyük şehirlerde ve kenar mahallelerde görünecekler, ama yine de bir acil durumda, araba sürücüsü kontrolü bilgisayardan alacak. En sonunda, bunlar olmadan nasıl yaşamışız diye hayret edeceğiz.

Duvar Ekranları

Bilgisayarlar yalnızca işe gidip gelmenin yükünü üzerimizden almayacaklar ya da yalnızca araba kazalarını azaltmayacaklar, arkadaşlarımızla ve tanıdıklarımızla bağlantıda kalmamıza da yardımcı olacaklar. Geçmişte, bilgisayarın bizi insanlıktan çıkardığını ve tecrit ettiğini söyleyen insanlar vardı. Aslında bilgisayar, bizim arkadaş ve tanıdık çevremizi katlayarak büyüttü. Kendinizi yalnız hissettiğinizde ya da çevrenizde birine ihtiyaç duyduğunuzda, duvar ekranınızdan dünyanın herhangi bir yerindeki diğer yalnız kişilerle bir oyun köprüsü kurmasını isteyeceksiniz. Bir tatil planlarken, bir yolculuğu organize ederken ya da bir sevgili ararken yardım istediğinizde, duvar ekranınız size yardım edecek.

Gelecekte, önce duvar ekranınızdan arkadaşça bir yüz (kendi zevkinize uygun bir şekilde değiştirebileceğiniz bir yüz) beli-

recek. Ondan sizin için bir tatil planlamasını isteyeceksiniz. O zaten sizin tercihlerinizi biliyor olacak ve interneti tarayacak ve size en uygun fiyatlı, mümkün olan en iyi seçeneklerin bir listesini verecek.

Aile toplantıları da duvar ekranı aracılığıyla yapılacak. Oturma odanızın dört duvarında da ekranlar olacak, böylece sizden uzak akrabalarınızın görüntüleriyle etrafınız sarılacak. İleride, belki de bir akrabanız önemli bir şey için sizi ziyaret edemeyecek. Onun yerine, aile duvar ekranının etrafında toplanabilecek ve ailenin, bir parçası gerçek, bir parçası sanal olan bu bir araya gelişi kutlanabilecek. Veyahut kontakt lensler aracılığıyla, tüm sevdiklerimizin görüntülerini, bizden binlerce kilometre uzakta da olsalar, sanki gerçekten o an oradalarmış gibi görebileceğiz. (Bazı yorumcular, internetin aslında Pentagon tarafından "maskülen"[34] bir cihaz olarak tasarlandığını, yani onun yalnızca savaş zamanında bir düşmana hükmetmek ile ilgisi olduğunu belirttiler. Ancak, şimdi internet, birine uzanan ve ona dokunan yanıyla, ağırlıklı olarak "feminen."[35])

Telekonferans yerini "telebulunma"ya[36] bırakacak – bir kişinin noksansız üç boyutlu görüntüsü ve sesi, gözlüğünüzde ve kontakt lensinizde belirecek. Örneğin, bir toplantıda herkes bir masa etrafında oturacak, bazı katılımcılar da lensinizde görünecek. Lensiniz olmadan, masanın etrafındaki bazı yerlerin boş olduğunu göreceksiniz. Ancak, lensiniz ile sanki gerçekten oradalarmış gibi, herkesin yerlerine oturmuş şekilde görüntülerini göreceksiniz. (Bu, tüm katılımcıların benzer bir masa çevresinde özel bir kamera tarafından kaydedilmesi ve görüntülerinin internet üzerinden gönderilmesi anlamına gelir.)

Yıldız Savaşları[37] filminde, seyirciler insanların havada beliren üç boyutlu görüntülerini görünce hayrete düşerdi. Bilgisayar teknolojisi kullanarak, gelecekte bu üç boyutlu görüntüleri kontakt lenslerimizde, gözlüklerimizde ya da duvar ekranlarımızda görebileceğiz.

---

[34] erkek (işi). (ç.n.)
[35] kadın (işi). (ç.n.)
[36] *telepresence*
[37] *Star Wars*

En başta boş bir odaya konuşmak garip görünecek. Ancak, hatırlayın, telefon ilk ortaya çıktığında, bazıları onu, insanlar bedeninden ayrı kalmış bir sesle konuşacaklar diyerek tenkit etmişlerdi. Bu, yavaş yavaş doğrudan yüz yüze temasın yerine geçecek diye hayıflanmışlardı. Bu kişiler haklıydılar, ama bugün bedeninden ayrı seslerle konuşmayı sakıncalı bulmuyoruz; çünkü telefon, iletişimde olduklarımızın sayısını alabildiğine arttırdı ve hayatlarımızı zenginleştirdi.

Bu aşk hayatınızı da değiştirebilir. Yalnızsanız, duvar ekranınız geçmiş tercihlerinizi ve flörtünüzde istediğiniz fiziksel ve sosyal karakterleri bilecek ve interneti olası bir eşleşme için tarayacak. İnsanlar bazen kendilerini tanıtırlarken yalan söyledikleri için, ekranınız, bir güvenlik önlemi olarak, özgeçmişlerindeki yalanları ortaya çıkarmak için herkesin geçmişini otomatik olarak tarayacak.

Esnek Elektronik Kâğıt

Bir zamanlar 10.000 dolardan fazla olan düz-ekran televizyonların fiyatı yalnızca on yıl içinde elli kat azaldı. Gelecekte, bir duvarı boydan boya kaplayan düz ekranların fiyatları da çarpıcı bir şekilde düşecek. Bu duvar ekranları OLED[38] kullanarak, esnek ve çok ince olacaklar. OLED'ler sıradan LED'lere[39] benzeyecekler, ama tabanları, onları esnek kılan bir polimer içinde tanzim edilebilen organik bileşenler olacak. Esnek ekran üzerindeki her bir piksel, ışığın rengini ve şiddetini kontrol eden bir transistöre bağlı olacak. Halihazırda, Arizona Devlet Üniversitesi'ndeki[40] bilim insanları, Hewlett-Packard ve Amerika Birleşik Devletleri ordusuyla beraber bu teknolojiyi mükemmelleştirmek için çalışıyorlar. Sonra piyasa güçleri bu teknolojinin maliyetini aşağı çekecekler ve onu halka sunacaklar. Fiyatlar düşerken, duvar ekranlarının maliyeti sıradan bir duvar kâğıdının maliyetine yaklaşacak. Böylece ileride, evinizi duvar kâğıdı ile kaplatırken, aynı zamanda duvar ekranları ile de kaplatabileceksiniz. Duvar kâğıdımızın desenini değiştirmek iste-

---

[38] *the organic light-emitting diode*: ışık yayan organik diyot. (ç.n.)

[39] *the light-emitting diode*: ışık yayan diyot. (ç.n.)

[40] *Arizona State University*

diğimiz zaman, yalnızca bir düğmeye basacağız. Yeniden dekore etmek bu kadar basit olacak.

Bu esnek ekran teknolojisi, taşınabilir bilgisayarlarla olan etkileşimimizi de kökten değiştirebilir. Ağır dizüstü bilgisayarlarımızı yanımızda sürüklemeye ihtiyacımız olmayacak. Dizüstü bilgisayar, katlayıp cüzdanımıza koyabileceğimiz basit bir OLED kâğıdı olabilir. Cep telefonumuz, parşömen tomarı gibi çekip açabileceğimiz esnek bir ekran içerebilir. Böylece, cep telefonumuzun ufacık klavyesini kullanmak için çabalamak yerine, esnek bir ekranı istediğimiz büyüklükte açabileceğiz.

Bu teknoloji kişisel bilgisayar ekranlarının tamamen saydam bir hale gelmesini de mümkün kılar. Yakın gelecekte, pencereden dışarıya bakarken, ellerimizi şöyle bir sallayacağız ve birden pencere bilgisayar ekranına dönecek, ya da arzu ettiğimiz herhangi bir görüntüye. Binlerce kilometre uzaklıktaki bir pencereden dışarıya bakıyor olacağız.

Bugün, üzerine bir şeyler karalayıp attığımız alelade kâğıdımız var. Gelecekte, kendilerine ait ayırıcı hiçbir özelliği olmayan "alelade bilgisayar"larımız olabilir. Üzerlerine bir şeyler çiziktirip atacağız. Bugün, çalışma masamızı ve mobilyalarımızı, ofisimize hükmeden bilgisayara göre ayarlıyoruz. Gelecekte ise masa üstü bilgisayar ortadan kaybolabilir ve dosyalar bizimle bir yerden bir yere, odadan odaya ya da ofisten eve bizimle beraber gidecekler. Bu bize, herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, kusursuz bir bilgi kaynağı verecek. Bugün hava alanlarında diz üstü bilgisayarlarını taşıyan binlerce yolcu görürsünüz. Otele varır varmaz, internete bağlanmak ve evlerine döner dönmez de dosyalarını masa üstü bilgisayarlarına indirmek zorundadırlar. İleride, asla bir bilgisayarı yanınızda sürükleyip durmayacaksınız, yüzünüzü döndüğünüz her yer, duvarlar, resimler ve mobilyalar, sizi internete bağlayabilecek, hatta bir trende ya da arabada olsanız bile. (Bilgisayarların kendisi için değil de bilgisayar kullanma zamanı için faturalandırılacağınız, bilgisayar kullanımının su ya da elektrik gibi sayaca bağlandığı "bulut bilgi-işlem"[41] bunun ilk örneklerinden biridir.)

---

[41] *cloud computing*

Sanal Dünyalar

Her yerde bilgisayarın[42] amacı bilgisayarı dünyamız içine koymaktır. Sanal gerçekliğin[43] amacı ise tam tersidir: Bizi bilgisayar dünyasının içine koymak. Sanal gerçeklik, ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri ordusu tarafından 1960'larda, pilotları ve askerleri simülasyonlar yoluyla eğitmenin bir yolu olarak ortaya çıktı. Bir bilgisayar ekranına bakarak ve bir kumanda kolunu oynatarak, pilotlar bir uçak gemisi güvertesine uçak indirme alıştırması yapabiliyorlardı. Bir nükleer savaş durumunda, birbirlerinden uzakta olan generaller ve politik liderler, bir sanal uzayda gizlice buluşabileceklerdi.

Bugün, üstel olarak artan bilgisayar gücü yardımıyla, bir *avatar*'ı (sizi temsil eden canlı bir görüntüyü) kontrol edebileceğiniz, simüle edilmiş bir dünyada yaşayabilirsiniz. Başka avatarlarla karşılaşabilir, hayali dünyalarını keşfedebilir ve hatta âşık olabilir ve evlenebilirsiniz de. Gerçek paraya çevrilebilen sanal para ile sanal eşyalar da satın alabilirsiniz. En meşhur internet sitelerinden biri olan İkinci Hayat,[44] 2009'a kadar 16 milyon kullanıcı kaydetti. O yıl birkaç kişi, İkinci Hayat'ı kullanarak bir milyon dolardan fazla para kazandılar. (Gel gör ki, kazandığınız para, bunu "gerçek" gelir olarak kabul eden Amerika Birleşik Devletleri hükümeti tarafından vergilendirilebilir.)

Sanal gerçeklik şimdiden video oyunlarının başlıca öğesidir. Gelecekte bilgisayarın gücü arttıkça, gözlükleriniz ya da duvar ekranlarınız aracılığıyla, bu gerçek dışı dünyaları ziyaret edebileceksiniz. Söz gelimi, alışverişe gitmeyi ya da egzotik bir yeri ziyaret etmeyi arzuladığınız zaman, bunu önce, bilgisayar ekranında sanki oradaymışsınız gibi gezinerek, sanal gerçeklik yolu ile yapabileceksiniz. Bu yolla, Ay'da yürüyebilecek, Mars'a tatile gidebilecek, uzak ülkelerde alışveriş yapabilecek, herhangi bir müzeyi ziyaret edebilecek ve sonuç olarak gerçekte nereye gideceğinize karar verebileceksiniz.

---

[42] *ubiquitous computing*
[43] *virtual reality*
[44] *Second Life*

Ayrıca, bu siber dünyadaki nesneleri bir dereceye kadar hissedebilme ve onlara dokunabilme yeteneğine de sahip olacaksınız. Bu "dokunsal teknoloji"[45] olarak adlandırılır ve bilgisayarın ürettiği nesnelerin varlığını hissetmenize olanak tanır. Bu teknoloji ilk olarak, yüksek derecede radyoaktif malzemeleri, uzaktan kumandalı robot kollarla muameleye tabi tutmak zorunda olan bilim insanlarınca ve pilotlarının bir uçuş simülatöründeki kumanda kolunun mukavemetini hissetmelerini isteyen Amerika Birleşik Devletleri ordusu tarafından geliştirildi.

Dokunma duyusunu gerçeğe yakın taklit etmek için, bilim insanları yaylara ve dişlilere bağlanmış bir alet yarattılar. Bu alet üzerinde parmaklarınızı ileri ittiğinizde, o geri itecek ve böylece basınç duygusu simüle edilecek. Örneğin, parmaklarınızı bir masa üzerinde hareket ettirdiğiniz zaman, bu alet sert tahta yüzeyi hissetme duygusunu simüle edebilecek. Bu yolla, sanal gerçeklik gözlüklerinde görülen nesnelerin varlığını hissedebileceksiniz, böylece başka bir yerdeymişsiniz algısı tamamlanmış olacak.

Doku, yapı ve nitelik hissi yaratmak için, başka bir alet, parmaklarınızın binlerce minik pim içeren bir yüzey üzerinde dolaşmasına olanak tanır. Parmaklarınız hareket ettikçe, her bir pimin yüksekliği bir bilgisayar tarafından kontrol edilir, böylece bu alet, sert yüzeylerin, kadifemsi kumaşların ya da kaba zımpara kâğıtlarının dokularını simüle edebilir. İleride, özel eldivenler giyerek, birçok çeşit nesneye ve yüzeye gerçekten dokunuyormuş duygusu alabilmek mümkün olabilir.

Bu, gelecekte cerrahların eğitimi için vazgeçilmez olacak; çünkü bir cerrah çok hassas bir ameliyatı gerçekleştirirken basıncı hissetmek zorundadır. Bu durumda, hasta üç boyutlu holografik bir görüntü olabilir. Ayrıca bu bizi, sanal bir dünyada gezindiğiniz ve sanal nesnelere dokunabildiğiniz, *Uzay Yolu*[46] dizisinin sanal güvertesine biraz daha yaklaştırır. Boş bir odada dolanırken, gözlüğünüzde ya da kontak lensinizde fantastik nesneler görebilirsiniz. Elinizi uzatır ve onları tutarsanız, do-

---

[45] *haptic technology*
[46] *Star Trek*

kunsal[47] bir alet zeminden yükselir ve dokunduğunuz nesneyi simüle eder.

Bu teknolojilere ilk elden şahitlik etme şansı yakaladım ve New Jersey'deki Rowan Üniversitesi'nde[48] bulunan CAVE'i,[49] Science Channel[50] için ziyaret ettim. Etrafımın dört duvarla çevrildiği, her birinin bir projektör ile aydınlatıldığı boş bir odaya girdim. Üç boyutlu görüntüler duvarlar üzerine yansıtılabiliyor, başka bir dünyaya nakledilmişsiniz algısı veriliyordu. Bir tanıtım gösterisinde, etrafım dev gibi, kudurmuş dinozorlar tarafından çevrilmişti. Bir kumanda kolunu hareket ettirerek, bir *Tyrannosaurus rex*'in[51] sırtına binebilir, hatta doğrudan ağzının içine girebilirsiniz. Daha sonra, Amerika Birleşik Devletleri ordusunun en ileri sanal güverte versiyonunu tasarladığı, Maryland'deki Aberdeen Aberdeen Kendini Deneme ve Kanıtlama Alanı'nı[52] ziyaret ettim. Kaskım ve sırt çantam üzerine alıcılar yerleştirilmişti, böylece bilgisayar bedenimin konumunu tam olarak biliyordu. Sonra, aynı yerde kalırken herhangi bir yönde yürümenize olanak sağlayan, ileri teknoloji ürünü bir Çok Yönlü Yürüme Bandı[53] üzerinde yürüdüm. Aniden kendimi bir savaş alanında, keskin nişancıların mermilerinden kaçmaya çalışırken buldum. Herhangi bir yöne koşabiliyor, dar sokaklar arasında saklanabiliyor, caddelerde son sürat depar atabiliyordum. Ekrandaki üç boyutlu görüntüler bir anda değişiyordu. Hatta kendimi yere atabiliyordum ve ekranlar buna uygun olarak değişiyordu. Gelecekte, her anlamıyla tam ve eksiksiz bir deneyim yaşayabileceğimizi hayal edebiliyorum; yani yabancı uzay gemileri ile it dalaşı yapabilecek, azgın canavarlardan kaçabilecek ya da ıssız bir adada zıplayıp oynayabileceğiz ve bütün bunları odamızın rahatlığı içinde yapacağız.

---

[47] *haptic*

[48] *Rowan University*

[49] *the cave automatic virtual environment:* otomatik sanal ortam (mağarası). (ç.n.)

[50] bir bilim kanalı. (ç.n.)

[51] *Tyrannosaurus rex* ya da *T-rex:* devasa cüsseli avcı bir dinazor cinsi; ismi, *zorba kertenkelelerin kralı* anlamına gelir. (ç.n.)

[52] *the Aberdeen Proving Ground*

[53] *Omnidirectional Treadmill*

Yakın Gelecekte Tıbbi Tedavi

Bir doktorun muayenehanesine gitmek fikri tamamen değişecek. Sıradan bir sağlık kontrolü için konuştuğunuz "doktor" büyük olasılıkla, duvar ekranınızdan belirecek, tüm yaygın hastalıkları %95 oranında doğru teşhis edebilecek bir robot yazılım programı olacaktır. "Doktorunuz" bir kişiye benzeyebilir, ama aslında o, bazı basit soruları sormak üzere programlanmış, canlandırma bir görüntü olacak. "Doktorunuz" ayrıca sizin noksansız bir gen kaydınıza sahip olacak ve size, tüm genetik risk faktörlerinizi dikkate alan tıbbi bir tedavi süreci önerecek.

Bir problemi tespit edebilmek için, "Doktor" sizden basit bir test çubuğunu vücudunuz üzerinde gezdirmenizi isteyecek. Orijinal *Uzay Yolu* televizyon dizisinde, herhangi bir hastalığı anında tespit edebilen ve vücudunuzun içini dikkatle inceleyen, *tricorder* diye adlandırılan bir cihaz karşısında seyirciler afallamışlardı. Bu çağ ötesi cihaz için yirmi üçüncü yüzyıla kadar beklemek zorunda değilsiniz. Halihazırda, birkaç ton ağırlığı olan ve tüm bir odayı doldurabilen MRI[54] makineleri, 30 santimetreye kadar küçültüldü ve en sonunda bir cep telefonu kadar da küçük olacak. Bunlardan birini vücudunuz üzerinde bir defa gezdirince, organlarınızın içini görebileceksiniz. Bilgisayarlar bu üç boyutlu görüntüleri işleyecekler ve hastalığı teşhis edecekler. Ayrıca, bu test çubuğu dakikalar içinde, kanser dâhil, bir tümör oluşmadan yıllarca evvel, birçok hastalığın varlığını belirleyebilecek. Bu test çubuğu, birçok hastalığın DNA emarelerinin varlığını belirleyebilme yeteneğine sahip milyonlarca minik sensörü barındıran silikon çiplerden oluşan DNA çipleri de içerecek.

Elbette birçok hasta doktora gitmekten nefret ediyor. Gelecekte, sağlığınız sessiz ve hiç çabasız bir şekilde günde birkaç defa kontrol edilecek ve sizin bundan haberiniz bile olmayacak. Vücudunuzda büyüyen yalnızca birkaç yüz hücre olup olmadığını sessizce belirlemek için, tuvaletinizde, banyo aynanızda ve elbiselerinizde DNA çipleri olacak. Günümüz modern hastanelerinde ve üniversitelerinde bulunanlardan çok daha fazla alıcı,

---

[54] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

gelecekte banyonuzda ve elbiselerinizde gizlenmiş olarak bulunacak. Örneğin, yalnızca bir aynaya üflenerek, mutasyona uğramış "p53" proteini saptanabilir. Bu da, *tümör* sözcüğünün yavaş yavaş dilimizden kaybolacağı anlamına gelir.

Bugün, ıssız bir yolda kötü bir trafik kazası geçirirseniz, muhtemelen kan kaybından ölürsünüz. Ancak gelecekte, travmanın daha ilk işaretinde, elbiseleriniz ve arabanız otomatik olarak harekete geçecek, ambulans çağıracak, arabanızın konumunu belirleyecek, tüm tıbbi geçmişinizi hazır edecekler ve bütün bunları siz baygın haldeyken yapacaklar. İleride, tek başına ölmek zor olacak. Elbiseleriniz, kalp atışınızdaki, nefes alışınızdaki ve hatta beyin dalgalarınızdaki düzensizlikleri, kumaşın içine serpiştirilmiş minik çipler yoluyla algılayabilecekler. Giyindiğiniz anda çevrim içi olacaksınız.

Bugün, içinde televizyon kamerası ve radyo olan bir çipi, bir aspirin büyüklüğündeki hap içine yerleştirmek mümkündür. Bu "akıllı hap"ı yuttuğunuzda, yemek borunuzun ve bağırsaklarınızın televizyon görüntülerini çekecek ve sinyalleri yakın bir alıcıya radyo ile gönderecek. Bu, "Intel inside"[55] sloganına yeni bir anlam katacak. Bu yolla, doktorlar hastanın bağırsaklarının resimlerini çekebilecekler ve hiç kolonoskopi yapmadan (ki bu kalın bağırsağınıza 180 santimetrelik bir tüpün yerleştirilmesi sıkıntısını içerir) kanseri tespit edebilecekler. Akıllı haplar gibi mikroskobik icatlar yavaş yavaş ameliyat için bıçak altına yatma gerekliliğini de azaltacaktır.

Bu sadece, bilgisayar devriminin sağlığımızı nasıl etkileyeceğinin bir örneğidir. Tıptaki devrimi çok daha detaylı olarak, gen tedavisi, klonlama ve insan ömrünü değiştirme gibi konuları da tartışacağımız, 3. ve 4. Bölüm'lerde ele alacağız.

Bir Peri Masalında Yaşamak

Bilgisayar zekâsı çok ucuz ve çevremizde çok yaygın olacağından, bazı fütüristler geleceğin bir peri masalı gibi olacağı yorumunda bulundular. Tanrıların gücüne sahip olursak, içinde yaşadığımız gökler bir fantezi dünyasına benzeyecek.

---

[55] *"Intel inside"*: "içeride/içinde Intel (var)"; Birleşik Devletler merkezli Intel şirketinin reklam logosunda geçen slogan. (ç.n.).

İnternetin geleceği, örneğin Pamuk Prenses ve Yedi Cüceler'deki sihirli ayna olmaktır. "Ayna ayna, söyle bana" diyeceğiz ve dostça bir yüz belirecek ve gezegenin bilgeliklerine erişebileceğiz. Oyuncaklarımıza çipler yerleştirip onları, gerçek bir çocuk olmak isteyen Pinokyo gibi, akıllı hale getireceğiz. *Pocahontas*[56] gibi rüzgâr ve ağaçlarla konuşacağız, onlar da bizimle konuşacaklar. Nesnelerin akıllı olduklarını farz edecek ve onlarla konuşabileceğiz.

Bilgisayarlar yaşlanmayı kontrol eden birçok genin yerini saptayabilecekleri için, Peter Pan gibi sonsuza dek genç kalabiliriz. *Neverland*'daki[57] çocuklar gibi, yaşlanmayı yavaşlatabilir, belki de tersine çevirebiliriz. Arttırılmış gerçeklik,[58] Kül Kedisi Sindirella gibi kraliyet faytonuna binip balolara gidebildiğimiz, yakışıklı bir prensle kuğu kadar zarif dans edebildiğimiz hayal dünyasını bize verebilir. (Ama gece yarısı, arttırılmış gerçeklik gözlüklerimiz kapanacak ve gerçek dünyaya döneceğiz.) Bilgisayarlar vücudumuzu kontrol eden genleri ortaya çıkardıklarından, vücudumuzu tekrar yapılandırabilecek, organlarımızı yenileriyle değiştirebilecek ve görüntümüzü, Güzel ve Çirkin'deki[59] Çirkin gibi, genetik düzeyde bile değiştirebileceğiz. Bazı fütüristler, bütün bunların bizleri, çoğu insanın çevrelerinde yaşayan görünmez ruhların varlığına inandıkları Orta Çağ mistisizmine geri götürmesinden endişeleniyorlar.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Moore Yasasının Sonu

Sormak zorundayız: Bu bilgisayar devrimi ne kadar sürebilir? Eğer Moore yasası bir elli yıl daha doğru kalırsa bilgisayarların insan beyninin sayısal işlem yapma gücünü aşacaklarını

---

[56] 1600'lü yılların başında yaşamış Kızılderili bir kadın; bu isimde 1995 yılında bir film yapıl-mıştır. (ç.n.)

[57] *Neverland*: Peter Pan'nın yaşadığı varolmayan düşler ülkesi. (ç.n.)

[58] *augmented reality*

[59] *Beauty and the Beast*: 80'lerden bir dizi; Türkiye'de "Aslan Adam" olarak meşhur olmuştu. (ç.n.)

düşünmek akla uygundur. Yüzyılın ortasına kadar yeni dinamikler ortaya çıkacak. George Harrison'un bir defasında dediği gibi, "Her şey sona ermelidir." Moore yasasının bile sonu gelmeli, kendisiyle beraber son yarım yüzyılın ekonomik büyümesini ateşleyen bilgisayar gücünün muhteşem yükselişi de sona ermelidir.

Bugün, güçleri devamlı artan, komplike bilgisayar ürünlerine sahip olmayı doğuştan gelen bir hakkımız olarak görüyor ve aslında buna inanıyoruz. Bu nedenle her yıl, yeni bilgisayar ürünlerini, geçen yılın modellerinden neredeyse iki kat daha güçlü olduğunu bilerek satın alıyoruz. Peki ya Moore yasası çökerse –ve her yeni nesil bilgisayar ürünü, bir önceki neslin neredeyse aynı güç ve hızına sahipse– neden yeni bilgisayar satın alma külfetine katlanacağız?

Çipler birçok çeşit ürünün içine yerleştirildiklerinden, bunun tüm ekonomi üzerinde korkunç etkileri olabilir. Tüm endüstri durma noktasına geleceği için, milyonlar işini kaybedebilir ve ekonomi bir çalkantıya sürüklenebilir.

Yıllarca önce, biz fizikçiler Moore yasasının kaçınılmaz sonunu işaret ettiğimiz zaman, sanayi kesimi her zaman olduğu gibi iddialarımıza burun kıvırdı, yersiz olarak telaşlandığımızı ima etti. "Moore yasasının sonu öngörüsü birçok defa tekrarlandı." dediler ve buna hiç inanmadılar.

Ama artık durum böyle değil.

İki yıl önce, Microsoft'un Washington, Seattle'daki genel merkezinde düzenlenen büyük bir konferansta açılış konuşmasını ben yapmıştım. Microsoft'taki üç bin üst düzey mühendis seyirciler arasındaydı ve benim bilgisayarın ve telekomünikasyonun geleceği hakkında söylemek zorunda olduklarımı dinlemek için bekliyorlardı. Devasa kalabalığa şöyle bir bakınca, masamız ve dizimiz üzerindeki bilgisayarları çalıştıracak programları yaratmakta olan genç ve coşkulu mühendislerin yüzlerini görebildim. Moore yasası hakkında sözümü sakınmadım ve endüstrinin bu çöküşe hazırlanması gerektiğini söyledim. On yıl önce olsaydı, kahkahalarla ya da birkaç kısık gülmeyle karşılanırdım. Ancak bu kez, yalnızca başlarıyla onaylayan insanlar gördüm.

Bu durumda, Moore yasasının çöküşü, trilyonlarca doların söz konusu olduğu, uluslararası önemde bir sorundur. Ancak bu yasanın tam olarak ne zaman sona ereceği, yerine neyin geçeceği fizik yasalarına bağlıdır. Bu fizik sorularına verilecek yanıtlar, en sonunda kapitalizmin ekonomik yapısını sarsacaktır.

Bu durumu anlamak için, bilgisayar devriminin bu olağanüstü başarısının birkaç fizik ilkesine dayandığının farkına varmak çok önemlidir. İlk olarak, bilgisayarların baş döndürücü hızları vardır; çünkü elektrik sinyalleri, ışığın –evrendeki nihai hıza sahiptir– hızına yakın hızlarda yol alırlar. Bir ışık demeti, bir saniyede dünyanın etrafını yedi defa dolaşabilir ya da Ay'a ulaşabilir. Elektronlar da etrafta serbestçe dolanırlar ve atom çekirdeğine gevşekçe bağlıdırlar (saçınızı tararken, bir halı üzerinde yürürken ya da çamaşır yıkarken kolayca atomlarından koparlar – bu statik elektriklenmenin[60] nedenidir). Gevşekçe bağlı elektronlar ve bunların muazzam hızlarından oluşan kombinasyon, geçen yüzyılın elektrik devrimini yaratan elektrik sinyallerini göz kamaştırıcı hızlarda gönderebilmemize olanak sağlar.

İkinci olarak, bir lazer demetine yerleştirebileceğiniz bilgi miktarında esas itibariyle hiçbir sınır yoktur. Işık dalgaları ses dalgalarından çok daha fazla titreştikleri için, ışık dalgaları sesten çok daha fazla bilgi taşıyabilirler. (Örnek olarak, uzun bir ip parçasını gerdiğinizi ve bir ucundan hızlıca titreştirdiğinizi düşünün. İpin ucunu ne kadar hızlı sallarsanız, ip boyunca o kadar çok sinyal gönderebilirsiniz. Dolayısıyla, bir dalgaya sıkıştırabileceğiniz bilginin miktarı, sizin onu ne kadar hızlı titreştirdiğinize, yani onun frekansını ne kadar arttırdığınıza bağlıdır.) Işık saniyede kabaca 10^{14} defa (bu bir tane 1 ve arkasından gelen 14 tane sıfır demektir) titreşir/salınır. Bir bit'lik bilgiyi (bir 1 ya da bir 0) taşımak için birçok salınım gerekir. Yani bir fiberoptik kablo kabaca 10^{11} bit'lik bilgiyi tek bir frekansta taşıyabilir. Bu sayı, birçok sinyali tek bir optik fibere sıkıştırarak ve sonra bu fiberleri bir kablo haline getirerek arttırılabilir. Bu, bir kablodaki kanal sayısını arttırarak ve sonra da kablo sayısını

[60] *static cling*

arttırarak, neredeyse sınırsız miktarda bilgi iletilebileceği anlamına gelir.

Üçüncüsü ve en önemlisi, transistörlerin minyatür hale gelmesinin, bilgisayar devriminin itici gücü olmasıdır. Transistör, elektrik akışını kontrol eden bir kapı ya da anahtardır. Bir elektrik devresi bir su tesisatı ile karşılaştırılırsa transistör suyun akışını kontrol eden bir vanaya karşılık gelir. Nasıl ki vana kolunu basitçe çevirerek borudaki çok miktardaki suyu kontrol edebiliyorsak, transistör de çok küçük bir elektrik akımının akışına izin vererek çok daha büyük bir akışı kontrol eder ve böylece elektriğin gücünü arttırır.

Bu devrimin kalbinde, parmak tırnağınız büyüklüğündeki silikon bir plaka üzerine yerleştirilmiş yüzlerce milyon transistor içerebilen bilgisayar çipi vardır. Dizüstü bilgisayarınız içinde, transistörlerinin ancak mikroskop altında görülebildiği bir çip vardır. Bu akıl almaz derecede küçük transistörler, tişörtler üzerindeki motifler nasıl yapılıyorsa işte öyle yaratılırlar.

Tişörtler üzerindeki motifler, önce yaratılmak istenen desenin taslağını içeren bir kalıp yaratılarak, seri olarak üretilirler. Kalıp sonra kumaş üzerine yerleştirilir ve sprey boya püskürtülür. Boya kumaşa yalnızca kalıptaki boşlukların olduğu yerlerden geçebilir. Kalıp kaldırılınca, desenin tişört üzerinde mükemmel bir kopyası kalır.

Aynı şekilde, milyonlarca transistörün grift taslaklarını içeren bir kalıp yapılır. Bu, birçok silikon katmanı içeren, ışığa duyarlı bir plaka üzerine yerleştirilir. Sonra morötesi ışık kalıp üzerine odaklanır, ışık kalıptaki boşlukların içinden geçer ve silikon plaka bu ışığa maruz kalır.

Sonra plaka asitte yıkanır, devrelerin hatları nakşedilir ve milyonlarca transistörün grift dizaynı da böylece yaratılmış olur. Silikon plaka, iletken ve yarıiletken birçok katman içerdiğinden, asit plakanın farklı derinlik ve motiflerinde farklı etki gösterir ve böylece muazzam karışıklıktaki devreler yaratılabilir.

Moore yasasının çiplerin gücünü durmak bilmeden arttırmasının bir nedeni, morötesi ışığın dalgaboyunun küçük, çok daha küçük, olacak şekilde ayarlanabilmesi ve böylece minik, çok daha minik, transistörlerin silikon plaka üzerine asitle nak-

şedilebilmelerine olanak sağlamasıdır. Morötesi ışığın dalgaboyunun 10 nanometre civarında olması (nanometre, metrenin milyarda biridir), nakşedebileceğiniz en küçük transistörün çapının otuz atom civarında olabileceği anlamına gelir.

Ama bu süreç sonsuza kadar devam edemez. Bir noktada, atomlar seviyesindeki transistörleri nakşetmek fiziksel olarak olanaksız hale gelecektir. Moore yasasının en sonunda ne zaman çökeceğini kabaca hesap edebilirsiniz: Transistörler tek bir atom boyutuna indiği zaman.

2020 yılı civarı ya da hemen sonra, Moore yasasının geçerliliği yavaş yavaş sona erecek ve Silikon Vadisi,[61] yeni bir teknoloji bulunmazsa yavaşça bir "pas kuşağına"[62] dönecek. Fizik yasalarına göre, Silikon Çağı[63] en sonunda bitecek ve Silikon-Sonrası Devir'e[64] gireceğiz. Transistörler öyle küçülecekler ki kuantum kuramı[65] ya da atom fiziği nöbeti devralacak ve elektronlar, elektrik tellerinden dışarı sızacaklar. Örneğin, bilgisayarınızın içindeki en ince katman beş atom boyutunda olacak. İşte bu noktada, fizik yasalarına göre, kuantum kuramı devreye girer. Heisenberg belirsizlik ilkesi,[66] bir parçacığın yerini ve hızını aynı anda bilemezsiniz der. Bu kulağa mantıksız gelebilir, ama atom düzeyinde, bir elektronun nerede olduğunu bilemezsiniz. Onu çok ince bir tel ya da katman içine tam olarak koyamazsınız; ister istemez tel dışına sızacak ve kısa devreye neden olacaktır.

Bunu 4. Bölüm'de, nanoteknolojiyi analiz ederken daha detaylı bir şekilde tartışacağız. Bu bölümün sonuna kadar, fizikçilerin silikon gücünün halefini/takipçisini bulduklarını ama bilgisayar gücünün öncekine göre çok daha yavaş arttığını farz edeceğiz. Bilgisayarlar büyük olasılıkla üstel olarak büyümeye devam edecek, ama ikiye katlanma zamanı 18 ay değil de yıllar olacak.

---

[61] *Silicon Valley*

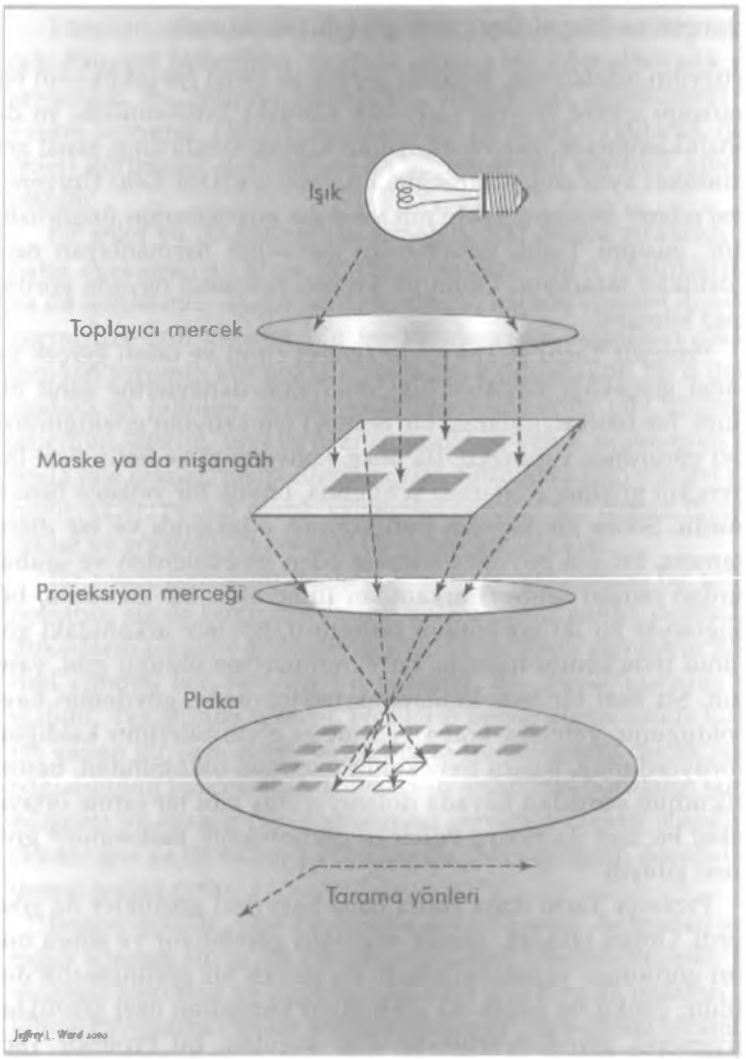
[62] *the rust belt*: "pas kuşağı", Birleşik Devletler'de eski ve ağır sanayilerin bulunduğu soğuk kuzey bölgesi. (ç.n.)

[63] *the Silicon Age*

[64] *the Post-Silicon Era*

[65] *the quantum theory*

[66] *the Heisenberg uncertainty principle*



Moore yasasının sonu. Çipler, tişörtler üzerine motif basar gibi yapılırlar. Kalıp üzerine sprey boya püskürtmek yerine, morötesi ışık kalıp üzerine odaklanır ve silikon katmanların üzerinde (yakarak) bir görüntü oluşturulur. Sonra asit, görüntüyü oyarak şekillendirir ve böylece yüzlerce milyon transistör yaratılır. Ancak, atom düzeyine inince bu süreç sınırlarına ulaşır. Silikon Vadisi bir pas kuşağına mı dönecek?

Gerçek ve Sanal Gerçeklikleri Harmanlamak

Yüzyılın ortalarında, hepimiz gerçek ve sanal gerçekliklerin bir karışımı içinde yaşıyor olabiliriz. Kontakt lenslerimizde ya da gözlüklerimizde, gerçek dünyanın üzerine bindirilmiş sanal görüntüleri aynı anda göreceğiz. Bu, Japonya'daki Keio Üniversitesi'nden[67] Susumu Tachi'nin ve daha birçoklarının öngörüsüdür. Susumi Tachi, sanallığı ve gerçekliği harmanlayan özel gözlükler tasarlıyor. Onun ilk projesi, nesneleri havada görünmez kılmaktı.

Profesör Tachi'yi Tokyo'da ziyaret ettim ve onun gerçek ve sanal gerçekliği kaynaştırdığı muazzam deneylerine şahit oldum. Bir basit uygulama, bir nesneyi (en azından gözlüğünüzde) görünmez yapmaktı. İlk önce, kahverengi ve hafif, özel bir trençkot giydim. Kollarımı açtığımda, büyük bir yelkene benziyordu. Sonra bir kamera trençkotuma odaklandı ve bir diğer kamera, bir yol boyunca hareket eden otobüslerden ve arabalardan oluşan sahneyi arkamdan filme aldı. Bir an sonra, bir bilgisayar bu iki görüntüyü birleştirdi, böylece arkamdaki görüntü trençkotum üzerine, bir ekran üzerine olduğu gibi, yansıdı. Siz özel bir lens kullanarak baktığınızda, gövdemin kaybolduğunu, yalnızca araba ve otobüs görüntülerinin kaldığını görüyordunuz. Başım trençkotun üzerinde olduğundan, başım vücudum olmadan havada dolanıyormuş gibi bir sahne ortaya çıktı; bu tam da Harry Potter'ın görünmezlik paltosunu[68] giymesi gibiydi.

Profesör Tachi daha sonra bana bazı özel gözlükler de gösterdi. Onları takarak, gerçek nesneleri görebiliyor ve sonra onları görünmez yapabiliyordum. Bu gerçek bir görünmezlik değildir; çünkü bu ancak iki görüntüyü birleştiren özel gözlükler giyerseniz gerçekleştirilebilir. Her koşulda, bu Profesör Tachi'nin büyük programının bir parçasıdır ve bazen "arttırılmış gerçeklik"[69] diye adlandırılır.

---

[67] *Keio University*
[68] *the invisibility cloak*
[69] *augmented reality*

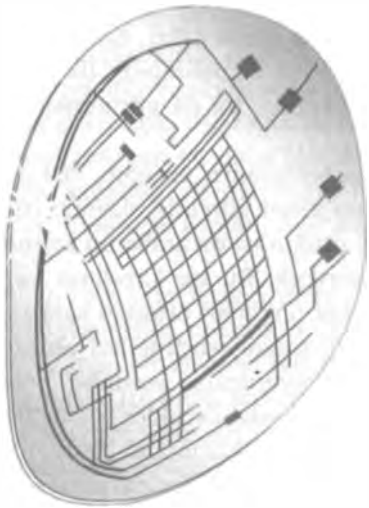
Yüzyılın ortalarında, bilgisayardan gelen görüntülerle gerçek dünyayı birleştiren, eksiksiz çalışan bir siber-dünyada yaşayacağız. Bu, çalışma yerlerimizi, ticaretimizi, eğlencemizi ve yaşam tarzımızı kökten değiştirebilir. İlk ticari uygulama, nesneleri görünmez yapmak ya da görünmeyeni görünür kılmak olabilir.

Bir pilot ya da şoförseniz, örneğin, 360 derece etrafınızı ve hatta ayaklarınızın altını görebileceksiniz; çünkü gözlükleriniz ya da lensleriniz, uçağın ya da arabanın kaputu içinden dışarıyı görmenize izin verecek. Bu ise kazaların ve ölümlerin çokluğundan sorumlu kör noktaları ortadan kaldıracaktır. Bir it dalaşındaki jet pilotları, sanki kendi jetleri şeffafmış gibi, düşman jetlerinin izlerini, nereye uçarsa uçsunlar, kendi uçaklarının altında bile olsalar, takip edebilecekler. Sürücüler tüm yönleri görebilecekler; çünkü minik kameralar çevreyi 360 derece tarayacaklar ve görüntüleri kontakt lenslere aktaracaklar.

Bir roket gemisinin dışında onarım gerçekleştiren bir astronotsanız, siz de bunu çok yararlı bulacaksınız; çünkü doğrudan duvarların içinden, bölmelerin içinden ve roket gemisinin gövdesi içinden her yeri görebileceksiniz. Bu, hayat kurtarıcı da olabilir. Yer altında tellerin, boruların ve vanaların içinde tamirat yapan bir yapı işçisiyseniz, bütün bunların tam olarak nasıl bağlandığını bileceksiniz. Duvarların ardındaki boruların tamir edilmesi ve süratle geri bağlanması gerektiği zaman oluşabilecek bir gaz ya da buhar patlamasında, bunun hayati derecedeki önemi ortaya çıkar.

Benzer şekilde, eğer bir maden arayıcıysanız, doğrudan toprağın içinden su ya da petrol yataklarını görebileceksiniz. Bir arazinin kızılötesi ve morötesi ışıklarla uydu ya da uçaktan çekilmiş fotoğrafları tetkik edilebilir ve sonuçlar kontakt lensinize gönderilebilir, böylece arazinin üç boyutlu analizine ve yüzey altında ne olduğuna ilişkin bilgilere sahip olursunuz. Çorak bir arazi üzerinde yürürken, lensiniz aracılığıyla değerli mineral yataklarını "göreceksiniz."

Nesneleri görünmez kılmaya ek olarak, bunun tam tersini de yapabileceksiniz: Görünmeyeni görünür kılabileceksiniz.



İnternet kontakt lensler, insanların yüzlerini tanıyacak, geçmişlerini gösterecek ve sözcüklerini alt yazı olarak çevirecekler. Turistler bunları, eski anıtları yaşama döndürmek için kullanacaklar. Sanatçılar ve mimarlar ise bunları, zihinlerindeki kreasyonlarla oynayıp yeniden şekillendirmek için kullanacaklar. Arttırılmış gerçeklikte olasılıklar sonsuzdur.

Eğer bir mimarsanız boş bir oda içinde yürürken aniden dizayn etmekte olduğunuz binanın üç boyutlu yekpare görüntüsünü "görebileceksiniz." Boş odalar etrafında dolaşırken, planlarınız dosyanızdan fırlayıp birdenbire ortaya çıkacaklar. Mobilyaları, halıları ve duvarlar üzerindeki dekorasyonlarıyla beraber, boş odalar birdenbire canlanacak, eseriniz, siz daha onu gerçekten inşa etmeden, üç boyutlu olarak gözünüzde canlanacak. Sadece kollarınızı oynatarak, yeni odalar, duvarlar ve mobilyalar yaratabileceksiniz. Bu arttırılmış dünyada,[70] bir sihirbazın gücüne sahip olacaksınız, elinizi sallayacak ve arzu ettiğiniz herhangi bir nesneyi ortaya çıkaracaksınız.

---

[70] *augmented world*

Arttırılmış Gerçeklik: Turizmde, Sanatta, Alışverişte ve Savaşta Devrim

Sizin de görebileceğiniz gibi, ticarethaneler ve işyerleri için olası etkiler potansiyel olarak muazzamdır. Hemen hemen her meslek arttırılmış gerçeklikle zenginleştirilmiş. Ayrıca, hayatımız, eğlencemiz ve toplumumuz bu teknoloji ile büyük ölçüde gelişecektir.

Örneğin, müzede dolaşan bir turist, kontakt lensi oradaki her objeyi ona tanıtırken bir sergiden diğer sergiye gidebilir; sanal bir rehber, etrafı bir siberturla gezdirir. Eğer antik harabeleri geziyorsanız, binaların ve anıtların yeniden kurgulanmış noksansız canlandırmalarını, onların en görkemli zamanlarında, tarihsel anektodlarıyla beraber, "görebileceksiniz." Roma İmparatorluğu'nun kalıntıları, kırılmış sütunları ve yabani otları ile değil, siz onların arasında dolaşırken, yorumlar ve notlar ile eksiksiz bir biçimde, yeniden hayata dönecek.

Pekin Teknoloji Enstitüsü[71] bu yönde ilk bebek adımlarını şimdiden attı. İngiliz ve Fransız kuvvetleri tarafından 1860'taki İkinci Afyon Savaşı[72] sırasında yerle bir edilen efsanevi Mükemmel Parlaklığın Bahçesi,[73] siberuzayda tekrar yaratıldı. Bugün bu masalımsı bahçeden arta kalan tek şey, çapulcu birliklerin bıraktığı enkazdır. Ancak, bu kalıntılara özel bir görüntüleme platformuyla bakarsanız, önünüzde tüm ihtişamıyla duran bir bahçe görürsünüz. Gelecekte bu çok yaygın olacak.

Çok daha ileri bir sistem, İsviçre'nin Basel şehri için bir yürüyüş turu yaratan Nikolas Neecke adlı bir mucit tarafından ortaya kondu. Bir zaman yolcusu gibi antik sokaklarda yürürken, antik binaların görüntülerini, belki de o zamanın insanlarını bugüne eklemlenmiş olarak, göreceksiniz. Bilgisayar konumunuzu belirleyecek ve size gözlüğünüzden antik dekor görüntülerini gösterecek, sanki Orta Çağ'a dönmüş gibi olacaksınız. Bugün,

---

[71] *the Beijing Institue of Technology*

[72] *the Second Opium War:* İkinci Afyon ya da Arrow Savaşı; Birleşik Krallık ve Fransa İmparatorluğu'nun Çin ile yaptıkları bir savaş. (ç.n.)

[73] *the Garden of Perfect Brightness*: Pekin'de eski imparatorluklara ait saraylar ve bahçeler. (ç.n.)

büyük gözlükler takmak ve GPS[74] sisteminin elektronik parçaları ve bilgisayarı ile dolu ağır bir sırt çantası taşımak zorundasınız. Yarın tüm bunlar kontakt lensinizde olacak.

Yabancı bir yerde araba kullanıyorsanız, tüm göstergeler kontak lensinizde İngilizce olarak belirecek, onları görmek için asla gözünüzü aşağıya indirmek zorunda kalmayacaksınız. Yanlarındaki herhangi bir şeyin, örneğin turist çekecek bir yerin, açıklamalarıyla beraber yol işaretlerini göreceksiniz. Ayrıca yol işaretlerinin hızlı çevirileri de gözleriniz önünde olacak.

Bir otostopçu, bir kampçı ya da bir doğasever, yalnızca yabancı bir yerdeki konumu değil, oradaki tüm bitkilerin ve hayvanların isimlerini de bilecek, hava raporlarını da alacak. Ayrıca, çalılar ve ağaçlar arasında gizli kalmış patikaları ve kamp alanlarını da görebilecek.

Ev ya da daire arayanlar, bir sokak boyunca yürürlerken ya da araba kullanırlarken, nelerin mevcut olduğunu görecekler. Kontakt lensiniz, satılık evin ya da dairenin fiyatını, olanaklarını ve bunun gibi şeyleri görüntüleyecek.

Gece gökyüzüne bakınca, yıldızları ve burçları resmedilmiş bir şekilde görecek, bir gökyüzü gösterisi izlermiş gibi olacaksınız, ama gördüğünüz yıldızlar gerçek olacak. Galaksilerin, uzak kara deliklerin ve diğer ilginç astronomik manzaraların yerlerini de görecek, ilginç dersleri de indirebileceksiniz.

Nesnelerin içinden görebilmek ve yabancı yerleri ziyaret edebilmek dışında, çok özel bir bilgiye olmadık bir zamanda ihtiyacınız olduğunda, arttırılmış görme gücü[75] vazgeçilmez olacak.

Büyük miktarlarda ezber yapmak zorunda olan bir aktör, müzisyen ya da icracı bir sanatçı iseniz, örneğin, ileride tüm satırları ya da şarkı sözlerini lensinizde göreceksiniz. Telepromptere/tele-suflöre, hatırlatma notlarına ya da kâğıda dökülmüş notalara ihtiyaç duymayacaksınız. Artık hiçbir şeyi ezberlemek zorunda kalmayacaksınız.

---

[74] *the global positioning system*: küresel konumlama sistemi. (ç.n.)
[75] *augmented vision*

Diğer örnekler ise şunlardır:

- Öğrenciyseniz ve bir dersi kaçırdıysanız, sanal profesörler tarafından herhangi bir konu üzerine verilen dersleri indirip seyredebileceksiniz. Telebulunma[76] yoluyla, gerçek bir profesörün görüntüsü önünüzde belirecek ve sizin sorularınıza yanıt verebilecek. Lensiniz aracılığıyla deneylerin gösterimlerini, videolarını ve benzerlerini de görebileceksiniz.
- Arazide bir askerseniz, gözlüğünüz ve kulaklığınız size en son bilgileri, haritaları, düşmanın konumunu, düşman ateşinin yönünü, üstlerinizin emirlerini, vs verebilecek. Düşmanla silahlı bir çatışmada, mermiler her yönden vızıldıyorken, engeller ve tepeler içinden düşmanı görebilecek ve yerini saptayabileceksiniz; çünkü yukarıda seyreden insansız uçaklar düşmanın konumunu belirleyebilecekler.
- Çok hassas ve acil bir ameliyatı gerçekleştiren bir cerrahsanız, (taşınabilir MRI[77] makineleriyle) hastanın içini ve (vücut içinde hareket eden alıcılarla) vücudun derinliklerini görebileceksiniz. Ayrıca, hastanın tüm geçmiş raporlarına ve daha önceden geçirdiği tüm ameliyatların videolarına da ulaşabileceksiniz.
- Bir video oyunu oynuyorsanız, kontakt lensinizde siberuzay içine girebilirsiniz. Boş bir odada olmanıza karşın, tüm arkadaşlarınızı mükemmel olarak üç boyutlu görebilir, hayali uzaylılarla savaşa hazırlanırken uzay manzaralarına tanıklık edebilirsiniz. Sizin ve arkadaşlarınızın dört tarafında patlayan ışın darbeleri ile yabancı bir gezegenin savaş meydanındaymışsınız gibi hissedeceksiniz.
- Bir atletin istatistiğine ya da spor geçmişine bakmak ihtiyacı duyarsanız, tüm malumat kontakt lensinizde dakikasında belirecek.

---

[76] *telepresence*

[77] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme (ç.n.)

Tüm bunlar sizin bir daha cep telefonuna, saate ya da MP3 oynatıcıya ihtiyacınız olmayacağı anlamına gelir. Elinizdeki cihazların üzerindeki tüm simgeler kontakt lenslerinizin üzerine yansıtılacak ve istediğiniz her zaman bunlara ulaşabilirsiniz. Telefona, internetteki müzik sitelerine ve bunlar gibi her şeye bu yolla ulaşılabilir. Evinizdeki teçhizatların ve küçük cihazların çoğu, arttırılmış gerçeklik ile yer değiştirebilir.

Arttırılmış gerçekliğin sınırlarını genişleten bir diğer bilim insanı ise MIT[78] Medya Laboratuvarı'ndan Pattie Maes'dir. O, özel kontakt lensler ya da gözlükler kullanmak yerine, bir bilgisayar ekranını çevremizdeki alelade nesnelerin üzerine yansıtmak istiyor. AltıncıHis[79] olarak adlandırdığı projesi, boynunuza bir madalya gibi asılabilecek minik bir kamera ile projektör içeriyor. Böylece, bir bilgisayar ekranının görüntüsünü, bir duvar ya da masa gibi, önünüzdeki herhangi bir şeye düşürebileceksiniz. Gerçek bir klavyede yazıyormuş gibi hayali düğmelere basınca, bilgisayar otomatik olarak faaliyete geçecek. Bilgisayar ekranının görüntüsü önünüzdeki düz ve katı herhangi bir şey üzerine düşürülebileceğinden, yüzlerce nesneyi bilgisayar ekranına çevirebilirsiniz.

Ayrıca, parmaklarınıza özel amaçlı plastik yüksükler takacaksınız. Parmaklarınızı hareket ettirdikçe, bilgisayar duvardaki ekran üzerinde istenenleri yerine getirecek. Örneğin, parmaklarınızı hareket ettirerek bilgisayar ekranı üzerine resimler çizebileceksiniz. Kursörü/İmleci[80] kontrol etmek için bir fare[81] kullanmak yerine parmaklarınızı kullanabilirsiniz. Bir kare şekli alacak şekilde bir araya getirirseniz, dijital bir kamera aktif hale gelecek ve fotoğraf çekebileceksiniz.

Bu ayrıca, alışverişe gittiğinizde, bilgisayarınızın çeşitli ürünleri tarayacağı, neler olduklarını belirleyeceği ve size içeriklerine ve diğer tüketicilerin yorumlarına ilişkin bilgileri sunabileceği anlamına gelir. Çipler barkodlardan daha ucuza mal olacaklarından, her ticari ürün, sizin erişebileceğiniz ve tarayabileceğiniz kendi akıllı etiketine sahip olacak.

---

[78] *the Massachusetts Institute of Technology*
[79] *SixthSense*
[80] *cursor*
[81] *mouse*

Arttırılmış gerçekliğin bir diğer uygulaması X-ray görüntüleme[82] olabilir. Bu, *Süpermen* çizgi romanlarında çok görülen, "x-ışınlarını geri saçma"[83] adlı bir yöntemi kullanan, X-ray görüntülemeye çok benzer. Gözlüğünüz ya da kontakt lensiniz x-ışınlarına duyarlıysa duvarların içinden diğer tarafı görebilirsiniz. Çevrenize bakınırken, çizgi romanlarda olduğu gibi, bakışlarınız nesnelerin içinden geçebilecek. Her çocuk, *Süpermen*'i ilk okuduğunda, "bir mermiden daha hızlı, bir lokomotiften daha güçlü" olmanın hayallerini kurar. Binlerce çocuk pelerin takar, sandıklar üzerinden atlar, havaya sıçrar ve yalandan X-ray bakışına sahipmiş gibi davranır, ama bunun gerçekleşme olasılığı da var.

Sıradan x-ışınlarıdaki problem, bir X-ray filmini bir nesnenin ardına yerleştirmek, onu x-ışınlarına maruz bırakmak ve en sonunda bu filmi tab edip resim olarak basmak zorunda olmanızdır. "x-ışınlarını geri saçma" yöntemi bu problemlerin hepsini çözer. İlk olarak, bir ışık kaynağından çıkıp bir odaya yayılan x-ışınlarına sahipsiniz. Bu ışınlar duvarlardan sekerler ve incelemek istediğiniz nesnenin arkasından girip ön tarafından çıkarlar. Gözlüğünüz, nesne içinden geçip gelen x-ışınlarına duyarlıdır. "x-ışınlarını geri saçma" yoluyla oluşan bu görüntüler, çizgi romanlarda bulunan görüntüler kadar iyi olabilirler. (Gözlüğün duyarlılığı arttırılarak x-ışınlarının şiddeti azaltılabilir, sağlık riskleri minimuma indirilebilir.)

Evrensel Çevirmenler

Uzay Yolu'nda,[84] *Yıldız Savaşları*[85] efsanesinde ve neredeyse tüm diğer bilimkurgu filmlerinde, tüm uzaylılar hayret verici bir şekilde mükemmel İngilizce konuşurlar. Bunun nedeni, dünyalıların uzaylı uygarlıklarla hemencecik iletişim kurmalarına olanak sağlayan, "evrensel çevirmen"[86] diye adlandırılan bir şeyin varlığıdır. Bu, uzaylılarla iletişim kurmak için işaret dilinin ya

---

[82] *X-ray vision*
[83] *backscatter X-rays*
[84] *Star Trek*
[85] *Star Wars*
[86] *the universal translator*

da ilkel el-kol hareketlerinin can sıkan kullanılma güçlüğünü ortadan kaldırır.

Bir zamanlar gerçek olamayacak kadar çağ ötesi görülmesine karşın, evrensel çevirmenin çeşitli versiyonları şimdiden mevcuttur. Bu, gelecekte yabancı bir ülkede turistseniz, yerel halkla konuşurken, yabancı dilde bir film izliyormuşsunuz gibi, kontakt lensinizde alt yazılar göreceksiniz anlamına gelir. Ayrıca, bilgisayarınıza sesli çeviri yaptırıp, bunu kulaklarınıza aktarabilirsiniz. Bu da, aralarında muhabbet eden, her biri kendi dilinde konuşan, kulaklarında karşısındakinin çevirisini işiten herhangi iki insan, her ikisi de evrensel çevirmene sahip olmak koşuluyla, olasılık dahilindedir. Çeviri mükemmel olmayacak; çünkü deyimlerin, argonun ve renkli ifadelerin çevrilmesinde her zaman problem olur, ama çeviri yine de karşıdaki kişinin söylediğinin esas anlamını anlayabilecek kadar iyi olacaktır.

Bilim insanlarının bunu gerçekleştirebilmeleri için birkaç yol vardır. İlki konuşulan sözcükleri yazıya döken bir makine yaratmaktır. 1990'ların ortalarında, ilk konuşma/ses tanıma[87] makineleri piyasaya sunuldu. Bunlar 40.000 kadar sözcüğü %95 doğrulukla tanıyabiliyorlardı. Tipik bir gündelik konuşmada yalnızca 500 ile 1000 arası sözcük kullanıldığından, bu makineler yeterinden fazlaydı. İnsan sesi yazıya aktarılır aktarılmaz, her bir sözcük bilgisayar aracılığıyla başka bir dile çevrilir. Sonra zor kısım gelir: Sözcükleri içeriğe uygun olarak dizmek, argo ve günlük dile ait ifadeleri eklemek, vs; bunlar ise dilin tüm ince ayrıntılarına üst düzeyde vakıf olmayı gerektirir. Bu alan, bilgisayar destekli çeviri, CAT[88] olarak adlandırılır.

Pittsburgh'daki Carnegie Mellon Üniversitesi[89] başka bir yola öncülük ediyor. Oradaki bilim insanları Çince'den İngilizce'ye, İngilizce'den İspanyolca'ya ya da Almanca'ya çeviri yapabilen ilk örneklere şimdiden sahipler. Önce konuşmacının boynuna ve yüzüne elektrod takılıyor; bunlar kasların büzülme ve genişlemelerini algılıyor ve konuşulan sözcükleri deşifre ediyorlar. Bunların çalışması herhangi bir ses donanımı gerek-

---

[87] *speech recognition*

[88] *computer assisted translation:* bilgisayar destekli çeviri (ç.n.)

[89] *Carnegie Mellon University*

tirmez; çünkü sözcükler sessizce ağız/dudak kaslarından alınır. Sonra bir bilgisayar bu sözcükleri çevirir ve bir ses birleştirici[90] bunları yüksek sesle söyler. 100 ila 200 sözcük içeren basit konuşmalarda, bu çalışmalar %80'lik bir doğruluğa ulaşmıştır.

Araştırmacılardan biri olan Tanja Schultz, "Sözcükler ağızdan/dudaktan İngilizce kıpırtılar olarak çıkacak ve Çince ya da başka bir dilde anlaşılacak, işte fikir buydu." diye ifade eder yapmak istedilerini. Gelecekte, bir bilgisayarın konuştuğunuz insanın dudaklarını okuması, elektrodlara ihtiyaç kalmadan mümkün olabilir. Dolayısıyla, farklı dilleri konuşan iki kişinin canlı olarak sohbet etmesi olasıdır.

Gelecekte, evrensel çevirmenlerle ve internet kontakt lensleri ya da gözlükleriyle, bir zamanlar kültürlerin birbirlerini anlamalarını trajik bir şekilde engelleyen dil barajı[91] sorunu yavaş yavaş azalacaktır.

Arttırılmış gerçeklik tamamen yeni bir dünyanın kapılarını açıyorsa da bazı kısıtlamalar vardır. Bu bir donanım ya da sınırlayıcı bir etken olan bant genişliği problemi olmayacak; çünkü fiber-optik kablolarla taşınabilecek bilgi miktarında hiçbir limit yoktur.

Gerçek tıkanıklık yazılımdadır. Bir yazılımı ortaya koymak yalnızca eski usüllerle yapılabilir. Bir kalem, kâğıt ve dizüstü bilgisayarla sessizce bir koltuğa oturan bir insan, bir programı satır satır yazarak sanal sözcükleri hayata geçirmek zorundadır. Herhangi bir donanım seri olarak üretilebilir ama bir beyni seri olarak üretemezsiniz. Bu ise gerçekten arttırılmış bir dünya[92] ile tanışmanın, yüzyıl ortasına kadar, daha onyıllar alacağı anlamına gelir.

Hologramlar[93] ve Üç Boyut

Yüzyıl ortasına kadar görebileceğimiz bir diğer teknolojik ilerleme, üç boyutlu (3D)[94] gerçek televizyon ve filmlerdir.

---

[90] *voice synthesizer*
[91] *language barrier*
[92] *augmented world*
[93] *hologram*: lazer teknolojisi ile üretilen üç boyutlu görüntü. (ç.n.)
[94] *3D, three-dimension*: üç boyutlu. (ç.n.)

1950'lerde 3D filmler, mavi ve kırmızı boyalı lensleri olan hantal gözlükler takmak gerektirirdi. Bunlar, sol ve sağ gözlerin hafifçe hizasız olmaları gerçeğinden yararlanırlardı; sinema ekranı biri mavi diğeri kırmızı iki görüntüyü gösterirdi. Bu lensler iki ayrı görüntüyü sol ve sağ gözlere veren filtre gibi davrandığından, beyin bu iki görüntüyü birleştirdiğinde üç boyutlu görme illüzyonu hasıl olurdu. Derinlik algısı,[95] bu nedenle, bir hileydi. (Gözleriniz ne kadar ayrıksa derinlik algısı o kadar büyüktür. Bu bazı hayvanların neden gözlerinin başları dışında olduğunu açıklar: Onlara maksimum derinlik algısı sağlamak için.)

3D gözlükleri polarize camlardan yaparak bir iyileştirme sağlanabilir, böylece sol ve sağ gözlere iki ayrı polarize görüntü düşürülür. Bu yolla 3D görüntüler, yalnızca mavi ve kırmızı değil, full renkli olurlar. Işık bir dalga olduğundan, aşağı-yukarı dikey ya da sola-sağa yatay olarak salınır. Polarize bir lens, ışığın yalnızca belirli bir yönde geçmesine izin veren bir cam parçasıdır. Bu nedenle, gözlüğünüzde farklı polarizasyon yönüne sahip iki polarize lens varsa 3D etkisi yaratabilirsiniz. Daha ileri bir 3D versiyonu, iki farklı görüntünün kontak lensimiz üzerine düşürülmesi olabilir.

Özel gözlükler gerektiren 3D televizyonlar zaten piyasaya çıkmış durumdalar. Kısa bir süre sonra, 3D televizyonlar özel gözlüklere ihtiyaç duymayacak, onların yerine *lentiküler lensler*[96] kullanılacak. Televizyon ekranı, her bir göz için iki ayrı görüntüyü, azıcık farklı açılarda yansıtacak bir şekilde özel olarak yapılır. Bu nedenle gözleriniz farklı görüntüler seyreder, 3D illüzyonu böylece sağlanmış olur. Öte yandan şu da var ki, başınız doğru olarak konumlanmak zorundadır; gözlerinizin takılı kalması gereken çok özel noktalar[97] vardır. (Bu çok iyi bilinen optik bir illüzyondan yararlanır. Yenilikleri satışa sunan mağazalarda, yanlarından geçtikçe büyülü bir şekilde dönüşen/değişen resimler görürüz. Bunu yapmak için iki resim alınır, her biri birçok ince şeritler halinde kesilir ve şeritler karıştırılır, böylece karma bir görüntü yaratılır. Sonra birçok dikey

---

[95] *the depth perception*

[96] *lenticular lens*: merceksi (ya da mercimeğimsi) lens. (ç.n.)

[97] *sweet spots*

oluğu olan bir lentiküler cam tabaka, şeritlerden oluşan karma resmin üzerine öyle yerleştirilir ki her bir oluk tam olarak iki şeritin üstüne gelir. Oluklar özel olarak tasarlanmıştır: Bir oluğa bir açıdan baktığınızda bir şeridi görebilirsiniz, ama diğer şerit farklı bir açıdan baktığınızda ortaya çıkacaktır. Bunun sonucu olarak, cam tabakayı yürüyerek geçtiğimizde, her resmin aniden diğerine dönüştüğünü ve tekrar tersine döndüğünü görürüz. 3D televizyonlar, gözlük kullanmadan aynı etkiye ulaşmak için, sabit duran bu resimleri hareketli görüntülerle değiştirecekler.)

Ama hologramlar en ileri 3D versiyonu olacaklar. Hiç gözlük kullanmadan, bir 3D görüntünün kusursuz dalga yüzünü, tam önünde oturuyormuşçasına göreceksiniz. Hologramlar onyıllardan beri etraftalar (yenilikleri satışa sunan mağazalarda, kredi kartlarının üzerlerinde ve sergilerde görünürler) ve genellikle bilimkurgu filmlerde göze çarparlar. *Yıldız Savaşları*'nda[98] tema kurgusu, Prenses Leia tarafından Asi Birliğe[99] gönderilen bir 3D holografik imdat mesajı ile başlardı.

Problem şu ki hologram yapmak çok zordur.

Hologramlar tek bir lazer ışınını alıp onu ikiye ayırmakla yapılır. Işının biri resimleyeceğiniz nesnenin üzerine düşer, oradan yansır ve özel bir ekran üstüne düşer. İkinci lazer ışını ise doğrudan ekrana düşer. İki ışının birleşimi, asıl nesnenin "donmuş" 3D görüntüsünü içeren karmaşık bir girişim[100] deseni ortaya çıkarır ve bu da ekran üzerindeki özel bir film üzerinde tutulur. Sonra başka bir lazer ışını ekran içinden geçirilince, asıl nesnenin 3D görüntüsü hayat bulur.

Holografik televizyon ile ilgili iki problem vardır. Birincisi, görüntü bir ekran üzerine düşürülmelidir. Ekranın önüne otururak, asıl nesnenin 3D görüntüsünü tam olarak görürsünüz. Ancak, nesneye uzanamaz ya da dokunamazsınız. Önünüzdeki 3D görüntü bir illüzyondur.

Bu, holografik televizyonunuzda bir 3D Amerikan futbolu maçı seyrediyorsanız, siz nasıl hareket ederseniz edin, önünüz-

---

[98] *Star Wars*
[99] *the Rebel Alliance*
[100] *interference*

deki görüntünün sanki gerçekmiş gibi değişeceği anlamına gelir. 50-yard çizgisinin üstünde oturup, oyunculardan birkaç santimetre ötede maç seyrediyormuş gibi hissedebilirsiniz. Gel gör ki, topu tutayım diye uzanacak olursanız, elinizi ekrana çarparsınız.

Holografik televizyonun gelişmesini önleyen gerçek teknik problem ise bilgi depolama sorunudur. Gerçek bir 3D görüntü çok büyük miktarda bilgi içerir, tek bir 2D görüntü içinde depolanan bilgiden kat be kat daha fazladır. Bilgisayarlar devamlı olarak 2D görüntüler işlerler; görüntü piksel adı verilen birçok minik noktaya bölünür ve her bir piksel minik bir transistör tarafından aydınlatılır. Ancak, bir 3D görüntüyü hareketli kılmak için, saniyede 30 görüntüyü göstermeniz gerekir. Hızlı bir hesap, hareket eden 3D holografik görüntüler üretebilmek için gereken bilgi miktarının, günümüz internetinin kapasitesini kat kat aştığını gösterir.

İnternetin bant genişliği üstel olarak arttığı için, bu problem yüzyılın ortasına kadar çözüme kavuşturulabilir.

Gerçek bir 3D televizyon neye benzeyebilir?

Bir olasılık, silindir ya da kubbe şekli verilmiş, içine oturacağınız bir ekran olabilir. Holografik görüntü ekran üzerine düşürüldüğü zaman, bizi çevreleyen 3D görüntüleri, sanki gerçekten oradalarmış gibi görürüz.

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Maddeden Üstün Zekâ

Bu yüzyılın sonunda, bilgisayarları doğrudan zihnimizle kontrol edeceğiz. Yunan tanrıları gibi, bazı buyrukları aklımızdan geçireceğiz ve arzularımız hemen yerine getirilecek. Bu teknolojinin temeli şimdiden atılmış durumda. Bunu mükemmelleştirmek de onlarca yıllık sıkı bir çalışma gerektirebilir. Bu devrim iki parçalıdır: Birincisi, zekâmız çevresindeki nesneleri kontrol edebilmelidir. İkincisi, bir bilgisayar bir kişinin arzularını, onları yerine getirebilmek için, deşifre etmek zorundadır.

İlk büyük ilerleme 1998'de yapıldı. Emory Üniversitesi[101] ve Almanya'daki Tübingen Üniversitesi'nden[102] bilim insanları, minik bir cam elektrodu doğrudan, bir inme sonrası felç olmuş 60 yaşındaki bir erkeğin beyni içine yerleştirdiler. Elektrod, beyinden gelen sinyalleri analiz eden bir bilgisayara bağlıydı. İnme kurbanı, bilgisayar ekranındaki imleç görüntüsünü görebiliyordu. Ayrıca, biyolojik geri bildirim[103] ile bilgisayar ekranının imlecini yalnızca düşünme yoluyla kontrol edebiliyordu. İnsan beyni ile bir bilgisayar arasında ilk defa doğrudan bir temas kurulmuştu.

Bu teknolojinin en ileri versiyonu, Brown Üniversitesi'nde,[104] elden ayaktan düşüren beyin yaralanmalarından muzdarip hastalarla iletişim kurabilmek için BeyinKapısı[105] adı verilen cihazı yaratan nörolog John Donoghue tarafından geliştirildi. Bir medya sansasyonu yaratan Donoghue, 2006'da *Nature*[106] dergisinin kapağında bile yer aldı.

Donoghue bana, hayalinin, bilgi devriminin tüm gücünden yararlanarak, BeyinKapısı'nın beyin yaralanmalarının tedavisinde bir devrime yol açması olduğunu anlattı. Şimdiden hastalarının hayatları üzerinde muazzam bir etki yaptı ve bu teknolojiyi çok daha ilerilere taşıma konusunda büyük umutları var. Bu araştırmaya kişisel olarak bir ilgisi var; çünkü çocukken dejeneratif bir hastalık yüzünden tekerlekli sandalyeye mahkûm olmuş ve bu yüzden çaresizlik/acizlik duygusunun ne demek olduğunu iyi biliyor.

Onun hastaları, tamamen felç olmuş ve sevdikleriyle iletişim kuramayan, ama beyinleri aktif olan inme kurbanları. O, yalnızca 4 milimetre genişlikteki bir çipi, bir inme kurbanının beyninin üzerine, kas hareketlerini kontrol eden alana yerleştirdi. Bu çip daha sonra, beyin sinyallerini analiz eden ve işleyen ve en sonunda bir dizüstü bilgisayara mesaj gönderen bir bilgisayara bağlanır.

---

[101] *Emory University*
[102] *the University of Tübingen*
[103] *biofeedback*
[104] *Brown University*
[105] *BrainGate*
[106] İngiltere kökenli, dünyaca ünlü bir bilim dergisi. (ç.n.)

Hasta en başta imlecin konumu üzerinde hiçbir kontrole sahip değildir, ama imlecin nereye hareket ettiğini görebilir. Deneme-yanılmayla, hasta imleci kontrol etmeyi öğrenir ve birkaç saat sonra imleci ekran üzerinde herhangi bir yere yerleştirebilir. Pratik yaparak, inme kurbanı okuyabilir, e-posta yazabilir ve video oyunları oynayabilir. Felçli bir kişi, prensip olarak, bilgisayarla kontrol edilebilen herhangi bir faaliyeti yerine getirebilir.

Donoghue ilk olarak dört hastayla başladı; bunlardan ikisinin omurilik yaralanması vardı, bir diğeri inme geçirmişti ve dördüncüsü ALS hastasıydı.[107] Bunlardan birinin, boynundan aşağısı felçli, dört uzvunu da hissetmeyen[108] hastanın, zihniyle imlecin hareketlerinde ustalaşması yalnızca bir gününü aldı. Bugün, bir televizyonu kontol edebiliyor, bilgisayar ekranında imleci hareket ettirebiliyor, video oyunu oynayabiliyor ve e-posta okuyabiliyor. Hastalar ayrıca, motorlu bir tekerlekli sandalyeyi ustalıkla idare ederek, kendi hareketliliklerini kontrol edebiliyorlar.

Kısa dönemde, tamamen felç olmuş insanlar için bu mucizeden başka bir şey değildi. Bir gün, kendi vücutları içinde kapana sıkışmışlardı ve acizlerdi; ertesi gün ise internette geziniyorlar ve dünyadaki insanlarla sohbet ediyorlardı.

(Bir defasında, New York'taki Lincoln Center'da, büyük kozmolog Stephen Hawking'in onuruna düzenlenen bir gala resepsiyonuna katılmıştım. Onu bir tekerlekli sandalyede bağlanmış bir şekilde görmek yürek parçalayıcıydı. Birkaç yüz kasından ve göz kapaklarından başka hiçbir yerini oynatamıyordu ve bükülmüş boynunu destekleyen hemşirelerce etrafta dolaştırılıyordu. Onun ses birleştiricisiyle en basit fikirlerini bile iletebilmesi için, saatler ve günler süren ve büyük acı veren bir çaba göstermesi gerekir. Onun BeyinKapısı teknolojisinin avantajlarından yararlanabilmesi için çok geç olup olmadığını merak ettim. Sonra John Donoghue, o da seyirciler arasındaydı, beni

---

[107] *ALS, amyotrophic lateral sclerosis*: omurilikle beyin sapı arasındaki nöronların kaybından ileri gelen bir motor nöron hastalığı. (ç.n.)

[108] *quadriplegic*

selamlamak için geldi. BeyinKapısı belki Hawking'in en iyi seçeneğidir.)

Duke Üniversitesi'nden[109] bir başka grup bilim insanı, benzer sonuçları maymunlarda elde ettiler. Miguel A.L. Nicolelis ve grubu bir maymunun beyni üzerine bir çip yerleştirdi. Çip mekanik bir kola bağlıydı. Maymun en başta, mekanik kolu nasıl çalıştıracağını anlamadığından, onu sağa sola salladı. Ancak, biraz pratikle, bu maymunlar beyinlerinin gücünü kullanarak, mekanik kolun hareketlerini yavaş yavaş kontrol edebilmeye başladılar örneğin bir muzu kolla tutmak için onu hareket ettirebildiler. Sanki mekanik kol kendilerininmiş gibi, onları hiç düşünmeden içgüdüsel olarak hareket ettirebiliyorlar. "Deney esnasında, maymunların kendi vücutlarından daha çok robota bağlanmış hissetliklerine ilişkin bazı fizyolojik kanıtlar var." diyor Nicolelis.

Bu, yalnızca düşünerek, bir gün makineleri kontrol edebileceğimiz anlamına da gelir. Felçli insanlar bu yolla mekanik kolları ve ayakları kontrol edebilirler. Örneğin bir kişinin beyni, omiriliği pas geçerek, doğrudan mekanik kollara ve ayaklara bağlanabilir ve böylece hasta tekrar yürüyebilir. Bu ayrıca, zihin gücüyle dünyamızı kontrol edebilmenin temellerini atabilir.

Zihin Okuma

Beyin bir bilgisayar ya da mekanik kolu kontrol edebiliyorsa bir bilgisayar, beynin içine elektrodlar yerleştirmeden, bir kişinin düşüncelerini okuyabilir mi?

Beynin nöronları üzerinden akan elektrik esasına dayandığı 1875 yılından beri bilinir. Nöronlar, bir kişinin başına elektrodlar yerleştirerek ölçülebilen zayıf elektrik sinyalleri üretirler. Bu elektrodların topladığı uyarılar analiz edilerek, beyin dalgaları kaydedilebilir. Bu EEG (electroencephalogram) olarak adlandırılır; uyuyunca ya da gerilim, öfke gibi ruh hallerinde beyinde meydana gelen büyük değişiklikleri kaydedebilir. EEG çıktısı bir bilgisayar ekranında görüntülenebilir ve bunu hasta da izle-

[109] *Duke University*

yebilir. Bir süre sonra, kişi imleci yalnızca düşünerek hareket ettirebilir. Şimdiden, Tübingen Üniversitesi'nden[110] Niels Birbaumer, kısmi felç geçirmiş insanları bu yöntem aracılığıyla basit cümleler yazabilmeleri için eğitebiliyor.

Oyuncak imalatçıları bile bundan yararlanıyorlar. NeuroSky gibi birkaç oyuncak şirketi, içinde EEG-türü elektrod olan bir kafa/alın bandını piyasaya sürdü. Eğer belirli bir şekilde konsantre olursanız, kafa bandındaki EEG etkinleşir ve oyuncağı kontrol edebilirsiniz. Örneğin, bir pinpon topunu bir silindir içinde yalnızca düşünceyle yukarı kaldırabilirsiniz.

EEG'nin avantajı, onun, beyinden yayılan çeşitli frekansları, pahalı ve karmaşık bir ekipman olmadan, hızlıca tespit edebilmesidir. Büyük bir dezavantaj ise EEG'nin düşünceleri beynin belirli yerlerinde sınırlayamamasıdır.

Çok daha hassas bir yöntem fMRI[111] taramasıdır. EEG ve fMRI taramaları önemli ölçüde birbirinden farklıdır. EEG sadece, beyinden gelen elektrik sinyallerini toplayan pasif bir alettir, bu yüzden sinyal kaynağının yerini çok iyi bir şekilde belirleyemeyiz. Bir fMRI makinesi ise canlı doku içine bakabilmek için, radyo dalgalarınca yaratılan "yansımaları" kullanır. Bu, bizim çeşitli sinyallerin yerini kesin olarak belirleyebilmemize olanak sağlar, bize beynin içinden olağanüstü 3D görüntüler sunar.

fMRI makinesi oldukça pahalıdır ve ağır ekipmanlarla dolu bir laboratuvara ihtiyaç duyar, ama şimdiden düşünen bir beynin nasıl çalıştığına ilişkin nefes kesen detayları bize sunmuştur. fMRI taraması, bilim insanlarının kandaki hemoglobin[112] içinde bulunan oksijenin varlığını tespit edebilmelerine olanak sağlar. Oksijen yüklenmiş hemoglobin hücre faaliyetleri için gereken enerjiyi içerdiğinden, oksijen akışının tespiti beyindeki düşüncelerin akışının izlenmesine olanak sağlar.

---

[110] *the University of Tübingen*

[111] *fMRI, functional magnetic resonance imaging*: fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

[112] kanda bulunan bir protein; akciğerden bir dokuya oksijen, dokudan da akciğere karbondioksit taşır. (ç.n.)

Los Angeles'deki California Üniversitesi'nde[113] bir psikiyatrist olan Joshua Freedman şöyle konuştu: "Bu, onaltıncı yüzyılda teleskopun keşfinden sonra bir astronom olmaya benziyor. Binlerce yıl boyunca, çok zeki insanlar göklerde neler olup bittiğine anlam vermeye çalıştılar, ama insanın çıplak gözle görebildiğinin ötesinde ne olduğuna ilişkin spekülasyonlardan daha ileri gidemediler. Sonra aniden, yeni bir teknoloji oralarda ne olduğunu doğrudan görmelerine izin verdi."

Aslında, fMRI taramaları canlı bir beyin içindeki düşüncelerin hareketini 0,1 milimetre çözünürlükte tespit edebilir; bu çözünürlük bir iğne ucundan daha küçüktür ve bu muhtemelen birkaç bin nörona karşılık gelir. Bir fMRI, böylece, düşünen bir beynin içindeki enerji akışının üç boyutlu resimlerini şaşırtıcı bir doğrulukta ortaya koyar. En sonunda bir gün, fMRI makineleri tek bir nöron düzeyinde inceleme yapabilecek şekilde kurgulanabilir, bu durumda belirli düşüncelere karşılık gelen sinir düzeni anlaşılabilir.

Yakın zamanda çığır açan bir buluş, Berkeley'deki California Üniversitesi'nden[114] Kendrick Kay ve meslektaşları tarafından gerçekleştirildi. Yiyecek, hayvan, insan ve çeşitli renklerdeki alelade nesne fotoğraflarına bakan insanların fMRI taramalarını yaptılar. Kay ve meslektaşları, bu nesneleri, bunlara karşılık gelen fMRI motifleriyle ilişkilendiren bir yazılım ortaya koydular. Denekler ne kadar fazla nesne görürse bilgisayar programı fMRI taramalarındaki nesneleri teşhis edebilmekte o kadar iyiydi.

Daha sonra, aynı deneklere tamamen yeni nesneler gösterdiler; yazılım çoğu kez nesneyi fMRI taraması ile eşleştirebildi. 120 yeni nesne gösterildiğinde, yazılım fMRI taramasını bu nesnelerle %90 oranında ilişkilendirdi. Deneklere 1000 yeni resim gösterildiğinde ise yazılımın başarı oranı %80'di.

"Tamamen yeni ve doğal görüntülerden oluşan büyük bir set içinden, hangi görüntünün bir gözlemci tarafından görüldüğünün tam tespiti mümkündür." diye söylüyor Kay. "Kısa bir süre sonra, yalnızca beyin faaliyetlerinin ölçümlerinden, bir

---

[113] *the University of California*

[114] *the University of California*

insanın görsel deneyiminin resmini yeniden ortaya koymak mümkün olabilir" diye de ekliyor.

Bu yaklaşımın hedefi, her bir nesnenin belirli bir fMRI görüntüsünde birebir karşılığının olacağı, bir "düşünce sözlüğü" yaratmak. fMRI motifi okunarak, kişinin hangi nesne hakkında düşündüğü deşifre edilebilir. En sonunda bir bilgisayar, düşünen bir beyinden dökülen muhtemelen binlerce fMRI motifini tarayacak ve her birini deşifre edecek. Bu yolla, bir kişinin bilinç akışının[115] kodları çözülebilir.

Bir Rüyanın Fotoğrafını Çekmek

Ne var ki, bu tekniğin problemi, sizin bir köpeği düşündüğünüzü söyleyebilmesine karşın, köpeğin gerçek görüntüsünü üretememesidir. Yeni bir araştırma alanı, beynin düşündüğünün tam bir görüntüsünü yeniden oluşturmaya çalışmak ve böylece kişinin düşüncelerinin bir videosunu çekebilmek. Bu yolla, bir rüyanın video kaydı yapılabilir.



[115] *stream of consciousness*

Çok eski zamanlardan beri rüyalar insanların ilgisini hep çekmiştir; bunlar çok kısa süren, hatırlaması ya da anlaması bazen sinir bozucu olan görüntülerdir. *Total Recall*[116] gibi filmlerde olduğu gibi, Hollywood uzun zamandan beri rüyamsı düşünceleri beyne gönderebilecek, hatta onları kaydedebilecek makineleri tasavvur ediyordu. Gelgelelim bunların hepsi tamamen spekülasyondu.

Yakın zamana kadar da böyleydi.

Bilim insanları bir zamanlar olanaksız olduğu düşünülen bir alanda muazzam bir ilerleme kaydettiler: Hatıralarımızdan ve muhtemelen de rüyalarımızdan bir anın fotoğrafını çektiler. Bu yolda ilk adımlar Kyoto'daki İleri Telekomünikasyon Araştırma-



EEG (solda) ve fMRI (sağda) taramalarıyla düşünce okuma. Gelecekte, bu elektrodlar daha da küçülecekler. Sadece düşünerek düşünceleri okuyabilecek, nesnelere hükmedebileceğiz.

---

[116] Ülkemizde *Gerçeğe Çağrı* olarak izlenenen, Arnold Schwarzenegger ve Sharon Stone'nun başrolünde oldukları 1990 yapımı bir film; bir yeni-çekim 2012'de yapıldı.

ları Bilgisayarlı Sinir-Bilim Laboratuvarı'ndaki[117] bilim insanlarınca atıldı. Deneklerine belirli bir konumdaki ışık noktasını gösterdiler. Sonra bir fMRI tarayıcısı kullanarak beynin bu bilgiyi nerede depoladığını kaydettiler. Işık noktasını hareket ettirdiler ve beynin bu yeni görüntüyü nerede tuttuğunu kayıt altına aldılar. En sonunda, ellerinde ışık noktalarının nerede depolandıklarını birebir gösteren bir haritaya sahip oldular. Bu noktalar 10x10'luk kare bir örgü içinde konumlanmışlardı.

Bilim insanları daha sonra bu 10x10 noktadan oluşturulmuş, at nalı gibi basit bir nesnenin resmini gösterdiler. Bilgisayarla beynin bu resmi nasıl depoladığını analiz edebildiler. Gerçekten de beyin tarafından depolanan motif at nalını meydana getiren görüntülerin toplamıydı.

Bu yolla, bu bilim insanları, beynin şu an gördüğünün bir resmini yapabilirler. Bu 10x10'luk kare örgüdeki herhangi bir ışık motifinin kodu, fMRI beyin taramalarına bakan bir bilgisayar tarafından çözülebilir.

Bu bilim insanları gelecekte 10x10'luk örgüler içindeki piksel sayısını arttırmak istiyorlar. Üstelik bu işlemin bir genellik taşıdığını, yani herhangi bir görsel düşüncenin ya da bir rüyanın fMRI taraması ile tespit edilebileceğini iddia ediyorlar. Eğer doğruysa bu, tarihte ilk defa, hayalini kurduğumuz görüntülerin kaydını yapabileceğiz anlamına gelebilir.

Elbette, mental/zihinsel görüntülerimiz ve özellikle rüyalarımız, hiçbir zaman billur gibi tertemiz değildir ve her zaman bir miktar bulanıklık olacaktır; ama yine de bizim birinin beynindeki görsel düşüncelerine derinlemesine bakabiliyor olduğumuz gerçeği olağanüstüdür.

Zihin Okumanın Etik Yönü

Bu bir problem yaratıyor: Rutin olarak insanların düşüncelerini okuyabilirsek ne olur? California Teknoloji Enstitüsü'nün[118] eski rektörü, Nobel Ödülü sahibi David Baltimore bu problem

---

[117] *Advanced Telecommunications Research (ATR) Computational Neuroscience Laboratory*

[118] *the California Institute of Technology (Caltech)*

için kaygılanıyor. "Başkalarının düşüncelerinden istifade edebilir miyiz?" diye yazdı. "Bunun salt bilimkurgu olduğunu düşünmüyorum, ama bu dünyayı bir cehenneme çevirebilir. Karşı cinse kur yaparken ya da bir sözleşme için pazarlık ederken düşüncelerinizin okunabildiğini bir hayal edin." diye de devam etti.

Çoğu zaman, zihin okumanın utanç verici ama korkunç olmayan sonuçları olacaktır diye düşünüyor. "Bir profesörün dersini ortada keserseniz ... [öğrencilerin] önemli bir kısmının erotik fantezilerle meşgul olacakları söylendi bana." diye yazdı.

Ama zihin okumak belki de bu denli mahremiyet sorunu olmayacak; çünkü düşüncelerimizin çoğu iyi tanımlanmış değildir. Hayallerimizi ve rüyalarımızı fotoğraflamak bir gün mümkün olabilir, ama resimlerin kalitesi bizi hayal kırıklığına uğratabilir. Yıllar önce, bir cinin bir adama, *hayal edebildiğine* sahip olabileceğini söylediği, kısa bir hikâye okuduğumu hatırlıyorum. Adam hemen limuzin, milyonlarca dolar nakit para ve bir şato gibi pahalı ve lüks malları hayal etti. Cin bunları hemen gerçeğe dönüştürdü. Ancak, adam bunları dikkatlice inceleyip, limuzinin kapı kollarının ya da motorunun olmadığını, banknot yüzlerinin bulanık olduğunu ve şatonun bomboş olduğunu görünce şoka uğradı. Bütün bunları aceleyle hayal edeceğim derken, hayalindeki bu görüntülerin yalnızca genel fikirler olarak var olduklarını unutmuştu.

Buna ek olarak, birinin zihnini uzaktan okuyabilmeniz şüphelidir. Şimdiye kadar çalışılan tüm yöntemler (EEG, fMRI ve bizzat beyin üzerindeki elektrodlar buna dâhil) denekle yakın teması gerektirir.

Her şeye karşın, yetkisiz zihin okumayı sınırlandıran yasalar en sonunda (parlamentodan) geçebilir. Ayrıca, düşüncelerimizi korumak için, elektrik sinyallerini söndürerek, engelleyerek ya da karıştırarak çalışan çeşitli aletler ortaya çıkabilir.

Gerçek zihin okuma hâlâ onlarca yıl bizden uzakta. Ancak en azından, bir fMRI tarayıcı ilkel bir yalan makinesi olarak çalışabilir. Doğruyu söylemek ile karşılaştırılırsa yalan söylemek beynin daha çok bölgesinin çalışmasına neden olur. Yalan söylemeniz demek, doğruyu bildiğiniz ama yalan düşündüğünüz anlamına gelir ve bu doğruyu söylerken harcadığınızdan daha fazla bir enerjiyi gerektirir. Bu nedenle, fMRI beyin taraması bu

ekstra enerji harcamasını tespit edebilmelidir. Halihazırda, bilim camiasının fMRI yalan makinelerinin özellikle mahkemelerde son sözü söylemeleri konusunda tereddütleri var. Bu teknoloji, kusursuz bir yalan belirleme yöntemi sağlayabilmek için hâlâ çok yenidir. Daha fazla araştırma makinenin hassasiyetini rafine edecektir, diye konuşuyor araştırmayı paylaşanlar. Bu teknoloji kalıcı olacaktır.

Şimdiden fMRI yalan makinesi satan, %90'dan fazla da başarı iddia eden iki ticari şirket var. Hindistan'daki bir mahkeme, bir duruşmayı sonuçlandırmak için fMRI makinesini kullandı bile; fMRI içeren birkaç duruşma da şu an Amerika Birleşik Devletleri mahkemelerinde devam etmekte.

Sıradan yalan makineleri yalanları ölçmezler; sadece, artan terleme (derinin iletkenliği analiz edilerek ölçülür) ve artan kalp atışı gibi gerginlik işaretlerini ölçerler. Beyin tarama makineleri ise artan beyin faaliyetini ölçer, ama bununla yalan söyleme arasındaki karşılıklı ilişki, bir mahkemede kullanılabilmesi için mutlaka kesin olarak belirlenmelidir.

fMRI yalan makinesinin sınırlarını ve hassasiyetini keşfetmek, dikkatli testlerle dolu birçok yıl alacaktır. Bu arada, MacArthur Vakfı[119] kısa bir süre önce, sinirbiliminin hukuğu nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi amacıyla Hukuk ve Sinirbilimi Projesine[120] 10 milyon dolar bağışladı.

Benim fMRI Beyin Taramam

Bir defasında kendi beynimi bir fMRI makinesine tarattırdım. Bir BBC/Discovery Channel belgeseli için uçakla Duke Üniversitesi'ne[121] gittim. Orada beni bir sedyeye yatırdılar ve sonra dev gibi metal bir silindirin içine soktular. Devasa güçlü bir mıknatıs (yerkürenin manyetik alanının 20.000 katı) devreye girince, kendi etraflarında dönen, eksenleri yalnızca bir tarafa yönelmiş fırıldaklar gibi, beynimdeki atomlar da manyetik alanla aynı yöne yöneldiler. Sonra beynimin içine, atomlarımın çekirdeklerinin bazılarını başaşağı çeviren bir radyo sinyali

---

[119] *the MacArthur Foundation*
[120] *the Law and Neuroscience Project*
[121] *Duke University*

gönderildi. Çekirdekler en sonunda tekrar normale dönünce, çok küçük sinyal ya da "yankı" yaydılar ve bunlar fMRI makinesince tespit edildiler. Bilgisayarlar bu yankıları analiz ederek sinyalleri işlediler ve sonra beynimin içinin bir 3D haritasını bir araya getirdiler.

Bu süreç tamamen ağrısız ve zararsızdı. Vücudumun içine gönderilen radyasyon, iyonlaştırıcı özellikte değildi ve hücrelerimi parçalayarak bir zarara neden olmuyordu. Hatta yerküreninkinden binlerce defa daha kuvvetli olan bir manyetik alan içinde kaldığımda bile vücudumda en ufak bir değişiklik tespit etmedim.

Benim bir fMRI tarama makinesinin içinde olmamın amacı belli başlı düşüncelerin tam olarak beynimin neresinde üretildiklerini belirlemekti. Bilhassa beyninizin içinde, gözlerinizin arasında ve burnunuzun arkasında, beynin saniyeleri ve dakikaları hesapladığı, minik bir biyolojik "saat" vardır. Beynin bu nazik parçasında olabilecek bir hasar, bozuk bir zaman duygusuna yol açar.

Tarayıcının içindeyken, saniyelerin ve dakikaların geçişini ölçmem istendi. Sonra, fMRI resimleri ortaya çıktığında, ben saniyeleri sayarken burnumun tam arkasında parlak bir nokta olduğunu açıkça görebildim. Biyolojinin tamamen yeni bir alanının doğuşuna şahitlik ettiğimi fark ettim: Beyinde belirli düşüncelerle bağlantılı yerlerin izini sürmek; bu ise bir çeşit zihin okuma demek.

"Tricorder"lar[122] ve Taşınabilir Beyin Tarayıcıları

Gelecekte, MRI makinesinin bugünün hastanelerinde bulunan, birkaç ton çeken ve tüm bir odayı kaplayan devasa bir alet olması gerekmiyor. Bir cep telefonu kadar küçük, hatta bir 5 kuruş büyüklüğünde olabilir.

1993 yılında Bernard Blümich ve meslektaşları, Almanya'nın Mainz şehrindeki Max Planck Institute for Polymer Research

---

[122] Tricorder, ilk olarak *Star Trek* (*Uzay Yolu*) adlı televizyon dizisinde görülen, gelişmiş bir el bilgisayarı; etrafta olan her şeyi taraya bilir, analizini yapabilir, ve elde ettiği bilgiyi depolayabilirdi. (ç.n.)

kurumunda bulundukları sırada, akıllarına minik MRI makineleri yapabilecekleri fikri düştü. MRI-MOUSE[123] adını verdikleri yeni bir makine inşa ettiler. Halihazırda 30 santimetre civarında bir uzunluğu olan bu makine, bir gün, bir kahve fincanı büyüklüğünde olabilir ve süpermarketlerde satılacak MRI makinelerine yol açabilir. Evimizin mahremiyetinde MRI taramaları yapabileceğimiz için, bu tıp anlayışını kökten dönüştürebilir. Blümich, bir kişinin kişisel MRI-MOUSE'unu derisi üzerinde gezdirebileceği ve günün herhangi bir zamanı vücudunun içerilerine bakabileceği, çok da bize uzak olmayan zamanı tasavvur ediyor. İşte o zaman, bilgisayarlar resimleri analiz edecekler ve her türlü probleme tanı koyabilecekler. "Muhtemelen *Uzay Yolu*[124] "tricorder"ının benzeri bir şey o kadar da uzak değil." diye noktayı koyuyor Blümich.

(MRI tarayıcısı, pusula iğnesininkine benzer bir prensip üzerine çalışır. Pusula iğnesinin kuzey ucu derhal manyetik alanla aynı hizaya gelir. Böylece, bir vücut MRI makinesi içine yerleştirildiği zaman, atomların çekirdekleri, pusula iğneleri gibi, manyetik alanla aynı tarafa yönelirler. Şimdi de, çekirdekleri başaşağı çeviren bir radyo sinyali vücudun içine gönderilir. En sonunda, çekirdekler ilk pozisyonlarına geri dönerler ve bu esnada ikinci bir radyo sinyali ya da "yankısı" yayarlar.)

Mini-MRI makinesinin püf noktası, onun homojen olmayan manyetik alanıdır. Normal olarak, günümüzün MRI makinesinin çok hantal olmasının nedeni, vücudu had safhada düzgün bir manyetik alan içine koyma ihtiyacıdır. Manyetik alan ne kadar düzgünse elde edilen resim o kadar ayrıntılı olur; günümüzde böyle bir resmin özellikleri milimetrenin onda birine kadar çözümlenebiliyor. Fizikçiler böylesine düzgün bir manyetik alanı elde edebilmek için işe çapı kabaca 60 santimetre olan, üst üste konmuş iki büyük tel bobinle başlarlar. Bu düzenek Helmholtz bobini[125] olarak adlandırılır ve iki bobin arasın-

---

[123] *MRI-MOUSE, magnetic resonance imaging-mobile universal surface explorer*: Manyetik rezonans görüntüleme-taşınabilir çok amaçlı yüzey araştırıcısı. Ayrıca, MOUSE İngilizce'de fare anlamına gelir (bilgisayar faresini hatırlayın). (ç.n.)

[124] *Star Trek*

[125] *Helmholtz coil*

daki boşlukta düzgün bir manyetik alan sağlar. İnsan vücudu sonra bu iki büyük mıknatısın ortak ekseni boyunca yerleştirilir.

Öte yandan, düzgün olmayan manyetik alan kullanırsanız elde edilen resim bozuk ve kullanışsız olur. Onlarca yıl MRI makinelerinin problemiydi bu. Ancak, Blümich, tesadüfen, bu bozukluğu gidermenin zekice bir yolunu buldu; örneğe birçok radyo sinyali gönderilecek ve meydana gelen yankılar dedektörle tespit edilecek. Sonra bu bilgisayarlar bu yankıları analiz etmek için kullanılacak ve düzgün olmayan manyetik alanın neden olduğu bozulma telafi edilecek.

Günümüzde, Blümich'in taşınabilir MRI-MOUSE makinesi U-şeklinde bir mıknatıs kullanır; U'nun her bir ucunda bir kuzey kutbu bir de güney kutbu vardır. Bu mıknatıs hastanın üzerine konulur ve mıknatıs hareket ettirilerek derinin birkaç santimetre altı incelenebilir. Çok büyük miktarda güç kullanan ve çok özel elektrik güç prizleri gerektiren standart MRI makinelerinin aksine, MRI-MOUSE ancak sıradan bir lambanınınki kadar elektrik kullanır.

Blümich, ilk testlerinin bazılarında MRI-MOUSE'u, insanınki gibi yumuşak bir dokuya sahip olan lastik tekerleklerin üzerine koydu. Bunun, ürünleri olası kusurlar için taramak gibi doğrudan ticari bir uygulaması olabilir. Geleneksel MRI makineleri, çelik kuşaklı radyal lastikler gibi metal içeren nesneler üzerinde uygulanamaz. MRI-MOUSE'ta böyle bir kısıtlama yoktur; çünkü onda yalnızca zayıf manyetik alan kullanılır. (Geleneksel MRI makinelerinin manyetik alanı yerkürenin manyetik alanından 20.000 kere daha güçlüdür. Manyetik alan açılıp da metal aletleri aniden havaya fırlatınca, birçok hemşire ve teknisyen ciddi biçimde yaralandı. MRI-MOUSE'da böyle bir problem yoktur.)

MRI-MOUSE yalnızca metal içeren nesnelerin analizi için değil, geleneksel MRI makinelerinin içine sığamayacak ya da yerlerinden oynatılamayacak kadar büyük nesnelerin analizi için de idealdir. Örneğin, MRI-MOUSE, 1991 yılında Alpler'de bulunan cesedin, buzadam Ötzi'nin, iç kısımlarının görüntülerini 2006'da başarıyla üretti. U-şeklindeki mıknatıs Ötzi'nin üzerinde hareket ettirilerek, donmuş vücudun birkaç katmanı başarıyla soyulup alındı.

Gelecekte MRI-MOUSE daha da küçültülebilir, cep telefonu büyüklüğündeki bir cihaz kullanılarak bir beynin MRI taraması yapılabilir. O zaman geldiğinde, birinin düşüncelerini beynini tarayarak okumak problem olmaktan çıkabilir. En sonunda, MRI tarayıcısı bir beş kuruşluk madeni para kadar ince olabilir, zar zor fark edilebilir. Hatta, başınıza birçok elektrod iliştirilmiş plastik bir şapka taktığınız, düşük güçlü EEG'ye de benzeyebilir bu MRI tarayıcısı. (Bu taşınabilir MRI disklerini parmak uçlarınıza takar ve sonra bir kişinin başına koyarsanız, bu yaptığınız *Uzay Yolu*[126] dizisindeki Vulcan'ların[127] yaptığı zihin kaynaştırma/paylaşma işlemine benzer.)

Telekinezi[128] ve Tanrıların Gücü

Bu ilerlemenin uç noktası, mitolojik tanrıların sırf düşünerek nesneleri hareket ettirme gücü olan "telekinezi"dir.

Örneğin *Yıldız Savaşları*[129] filmindeki "Güç"[130] galaksiyi tümüyle kaplayan, Jedi şövalyelerinin[131] zihinsel güçlerini ortaya çıkaran ve onların zihinleriyle nesneleri kontrol edebilmelerine olanak sağlayan esrarengiz bir alandır. Işın kılıçları, ışın tabancaları ve hatta uzay gemilerinin hepsi "Güç"ün kuvvetiyle havaya yükseltilebilir ve diğerlerinin faaliyetleri kontrol altında tutulabilir.

Ama bu gücü kullanabilmek için çok, çok uzak galaksilere yolculuk etmemize gerek yok. 2100 yılına kadar, bir odaya girdiğimizde, çevremizdeki nesneleri kontrol eden bir bilgisayarı zihnimizle kontrol edebiliyor olacağız. Ağır mobilyaları hareket ettirmek, masamızı yeniden düzenlemek, tamirat yapmak ve bunun gibi şeyleri gerçekleştirmek yalnızca düşünme yoluyla mümkün olabilir. Bu ise işçiler, itfaiye erleri, astronotlar ve askerler gibi iki elden daha fazlasını gerektiren makineleri çalış-

---

126 *Star Trek*

127 *Star Trek (Uzay Yolu)* dizisinde görünen, Dünya-dışı insansı yaratıklar; Vulcan gezegeni kay-naklıdırlar. (ç.n.)

128 *telekinesis*

129 *Star Wars*

130 *the Force*

131 *the Jedi knights*

tırmak zorunda olanlar için oldukça yararlı olabilir. Ayrıca, bizim dünya ile etkileşim biçimimizi de değiştirebilir. Sadece düşünerek, bisiklete binebilir, araba kullanabilir, golf, beyzbol ya da çok daha karışık oyunlar oynayabiliriz.

Nesneleri düşünceyle hareket ettirmek, 4. Bölüm'de çok daha detaylı açıklayacağımız süperiletkenlerden[132] yararlanarak mümkün olabilir. Bu yüzyılın sonunda, fizikçiler oda sıcaklığında çalışabilen süperiletkenleri yaratabilirler ve böylece bizim çok az güç gerektiren devasa manyetik alanlar yaratabilmemize olanak sağlayabilirler. Nasıl yirminci yüzyıl elektrik çağı idiyse gelecek bize, manyetizma çağını açacak "oda-sıcaklığında süperiletkenler"i getirebilir.

Günümüzde güçlü manyetik alanlar üretmek çok pahalıdır ama gelecekte neredeyse bedava olacaklar. Bu ise trenlerimiz ve vagonlarımızdaki sürtünmeyi azaltmamıza olanak sağlayacak, taşımacılıkta bir devrime yol açacak ve elektrik iletimindeki kayıpları ortadan kaldıracak. Ayrıca, nesneleri salt düşünceyle hareket ettirebilmemize de izin verecek. Çeşitli nesnelerin içine yerleştirilmiş süpermıknatıslarla, onları her canımız istediğinde hareket ettirebileceğiz.

Yakın gelecekte, her şeyin, içlerinde onları akıllı kılan minik bir çipe sahip olduğunu addedeceğiz. Uzak gelecekte ise her şeyin, içlerinde onları bir oda içinde hareket ettirebilmeye yetecek kadar küçük manyetik enerji patlamaları üreten minik bir süperiletkene sahip olduğunu addedeceğiz. Örnek olarak bir masa içinde bir süperiletken olduğunu farz edin. Bu süperiletken normal olarak hiç akım taşımaz. Ancak, buna küçük bir elektrik akımı eklendiği zaman, masayı oda boyunca hareket ettirebilmeye yeter güçlü bir manyetik alan yaratabilir. Düşünerek, bir nesne içine gömülmüş süpermıknatısı etkinleştirebilmeli ve böylece bu nesneyi haraket ettirebilmeliyiz.

Örneğin, *X-Men*[133] filmlerindeki habis mutantlara[134] devasa nesneleri onların manyetik özellikleriyle oynayarak hareket et-

---

[132] *superconductor*

[133] *X-Adamlar* anlamına gelir; ülkemizde de *X-Men* adıyla gösterildi. (ç.n.)

[134] mutasyona uğramış yaratıklar (ç.n.)

tirebilen *Magneto* liderlik ediyordu. Sahnenin birinde, zihninin gücüyle Golden Gate Köprüsü'nü[135] bile hareket ettiriyordu! Ama bu gücün de sınırları vardır. Örneğin, plastik ya da kâğıt gibi manyetik özellikleri olmayan bir nesneyi hareket ettirmek zordur. (*X-Men* filminin sonunda, Magneto tamamen plastikten yapılmış bir cezaevine tıkılıyordu.)

İleride, "oda-sıcaklığında süperiletkenler" her zaman kullandığımız nesneler içinde gizlenmiş olabilirler, üstelik bu nesneler manyetik olmayabilirler de. Eğer nesnenin içinde bir akım oluşturulursa manyetik hale gelir ve böylece düşüncelerinizle kontrol edilebilen harici bir alan ile hareket ettirilebilir.

Robotları ve *avatar*ları[136] düşünme yoluyla idare edebilecek güce de sahip olacağız. Bu ise *Surrogates*[137] ve *Avatar* filmlerinde olduğu gibi, yedeklerimizin hareketlerini kontrol edebileceğimiz, hatta onların acılarını ve sıkıntılarını hissedebileceğimiz anlamına gelir. Bu, dış uzayda tamirat yapabilecek ya da acil durumlarda hayat kurtarabilecek insanüstü bir bedene ihtiyaç duyduğumuzda çok yararlı olabilir. Muhtemelen bir gün, astronotlarımız dünyada güvende iken, insanüstü robotları Ay yüzeyinde hareket ederlerken kontrol edebilecekler. Bir sonraki bölümde bu konuyu tartışmaya devam edeceğiz.

Burada, telekinezi gücüne sahip olmanın risksiz olmadığını belirtmek zorundayız. Daha önce de bahsettiğim gibi, *Yasak Gezegen*[138] filminde bizden milyonlarca yıl ilerde olan eski bir uygarlık, nihai hedefine ulaşıyor ve zihinlerinin gücüyle her şeyi kontrol edebilme yeteneğine sahip oluyordu. Teknolojilerinin tipik bir örneği olarak, düşüncelerinizi bir 3D görüntüye çevirebilen bir makine yaratmışlardı. Cihazı başınızın üzerine koyuyorsunuz, bir şey hayal ediyorsunuz ve bir 3D görüntü makine içinde hayata geçiyor. Bu cihaz 1950'lerdeki film seyircisi için olanaksız bir şekilde ileri görünmesine karşın, bu cihaz yaklaşan onyıllar içinde mümkün olacaktır. Bu filmde, sizin

---

[135] *Golden Gate Bridge*: San Fransisco Körfezi'nde bir köprü. (ç.n.)

[136] insanları temsil eden canlı görüntüler. (ç.n.)

[137] ülkemizde "Suretler" adı altında gösterildi. *Surrogate* sözcük olarak yedek, vekil, taşıyıcı gibi anlamlara gelir. (ç.n.)

[138] *Forbidden Planet*

mental enerjinizi ağır bir cismi kaldırmak için kullanan başka bir cihaz daha vardı. Ancak, bildiğimiz üzere, bu teknoloji için milyonlarca yıl beklemek zorunda değiliz - bir oyuncak formunda bu teknoloji şimdiden burada. Başınıza EEG elektrodları yerleştiriyorsunuz, oyuncak beyninizden gelen elektrik sinyallerini tespit ediyor ve oyuncak küçük bir nesneyi havaya kaldırıyor, tam da filmde olduğu gibi. Gelecekte birçok oyun/maç salt düşünceyle oynanacak. Takımlar, bir topu düşünerek hareket ettirebilecek bir şekilde zihinsel olarak birbirine bağlanabilirler ve topu zihnen en iyi şekilde hareket ettiren takım kazanır.

Yasak Gezegen'in doruk noktası bizi biraz duraksatabilir. Teknolojilerinin büyüklüğüne karşın, uzaylılar yok oldular; çünkü planlarındaki bir kusuru fark edememişlerdi. Güçlü makineleri yalnızca onların bilinçli düşüncelerinden değil, bilinçaltı arzularından da yararlanıyordu. Onların vahşi ve uzun süre bastırılmış, şiddet içeren kadim evrimsel geçmişleri tekrar canlanıyor ve makineler her bilinçaltı kâbusu gerçeğe dönüştürüyordu. Tam da en büyük eserlerine ulaşmalarının eşiğindeki bu kudretli uygarlık, bizzat kendilerini her türlü enstrümandan kurtaracağını umdukları bu teknoloji tarafından yok edildi.

Her koşulda bu bizim için hâlâ uzak bir tehlikedir. Bu büyüklükteki bir cihaz yirmi ikinci yüzyıla kadar mecvut olmayacaktır. Gelgelelim çok daha acil bir durumla yüzleşmek zorundayız. 2100 yılına kadar, insan özelliklerine sahip robotlarla dolu bir dünyada yaşıyor olacağız. Eğer bu robotlar bizden daha zeki olurlarsa neler olacak?

Robotlar yeryüzünü miras mı alacaklar? Evet, ama onlar bizim çocuklarımız olacak.

—MARVIN MINSKY

2
Yapay Zekânın Geleceği

Makinelerin Yükselişi

MİTOLOJİNİN TANRILARI ilahi güçleriyle cansız varlıklara hayat verebiliyorlardı. İncil'in 2. bölümü olan Yaratılış'a[1] göre Tanrı insanı tozdan yarattı ve sonra "burun deliklerinden içeri hayat nefesini üfürdü ve insan yaşayan bir ruh haline geldi." Yunan ve Roma mitolojilerine göre, tanrıça Venüs, heykelleri canlandırabiliyordu. Venüs, kendi (yaptığı) heykeline umutsuzca âşık olan sanatçı/heykeltraş Pygmalion'a acımış, onun en divane isteğini yerine getirmiş ve heykeli güzel bir kadına, Galatea'ya çevirmişti. Tanrıların demircisi ve ateş tanrısı Vulcan metallerden yaptığı ve sonra hayat verdiği mekanik kölelerden bir ordu bile teşekkül edebiliyordu.

---

[1] *Genesis*

Bugün bizler ateş tanrısı Vulcan gibiyiz, çamura değil de çeliğe ve silokona hayat üfleyen makineleri laboratuvarlarımızda döverek şekillendiriyoruz. Peki bu, insan ırkını özgürleştirecek mi yoksa onu esir mi alacak? Bugünün gazete manşetlerine bakılırsa sorunun cevabı şimdiden belli gibi: İnsan ırkı hızla kendi yarattığının gerisinde kalıyor.

İnsanlığın Sonu mu?

New York Times'ın manşeti her şeyi ortaya koymuştu: "Bilim İnsanları Makinelerin İnsanları Zekâları ile Alt Etmelerinden Endişe Ediyorlar." Yapay zekâ[2] konusunda dünyanın en önde gelen uzmanları, makineler en sonunda yönetimi ele aldıkları zaman neler olacağını ciddi ciddi tartışmak için California'daki Asilomar[3] konferansında 2009'da bir araya geldiler. Delegeler, bir Hollywood filmi sahnesindeki gibi, derinlemesine sorular yönelttiler: Eğer bir robot, eşiniz kadar zeki olursa ne olacak?

İnsanlar bu robot devriminin ikna edici delili olarak, şu an Afganistan ve Pakistan'da ölümcül bir doğrulukla teröristleri hedef alan *Predator*[4] insansız hava aracını, kendi kendilerini sürebilen arabaları ve yürüyebilen, koşabilen, merdiven çıkabilen, dans edebilen ve hatta kahve servisi yapabilen, dünyanın en gelişmiş robotu olan ASIMO'yu işaret ettiler.

Konferansın düzenleyicilerinden, Microsoft çalışanı Eric Horvitz, konferans boyunca bir inip bir yükselen heyecanı görünce "Teknoloji uzmanları dinsel denilebilecek öngörüler ortaya koyuyorlar ve onların fikirleri bazı açılardan *the Rapture*[5] *(Büyük Buluşma)* fikriyle aynı tınıyı veriyor." diye konuşmuştu. (*Büyük Buluşma* gerçek inananların İkinci Geliş'te[6] göğe yüksel-

---

[2] *artificial intelligence*

[3] Amerika Birleşik Devletleri'nde, California'da konferanslarıyla ünlü bir yer. (ç.n.)

[4] Türkçe'de "avcı" anlamına gelir; *Predator drone* Birleşik Devletler'de kullanılan bir insansız hava aracıdır. (ç.n.)

[5] *the Rapture:* büyük buluşma, büyük sevinç, mest olma, kendinden geçme anlamlarına gelir; Hristiyanlık'ta (kıyamette) Tanrı ile buluşma anındaki inançlı insanların durumları için kullanılır. (ç.n.)

[6] *the Second Coming:* İsa'nın dünyaya ikinci defa gelişi ya da dünyaya dönüşü inancı. (ç.n.)

dikleri zamandadır. Eleştirmenler Asilomar konferansındaki havayı "kendini fazla kaptırmış ahmakların büyük buluşması"[7] diye tarif ettiler.)

Aynı yaz, sinema ekranına egemen olan filmlerin bu vahiysel havayı iyice büyüttükleri görüldü. *Terminatör 4: Kurtuluş*[8] filminde, ayaktakımı insanlardan oluşan bir şebeke, dünyanın egemenliğini ele geçiren devasa mekanik yaratıklara karşı savaşıyordu. *Transformers: Yenilenlerin İntikamı*[9] filminde, çağ ötesi uzay robotları, yıldızlararası savaşlarında insanları tutsak, yeryüzünü ise savaş meydanı olarak kullanıyorlardı. *Suretler*[10] filminde ise insanlar, kendilerinin yaşlanan ve çürüyen bedenleri gerçeği ile yüzleşmektense hayatlarını mükemmel, güzel ve insanüstü robotlar olarak yaşamayı tercih ediyorlardı.

Manşetlerden ve sinemalardan bir yargıya ulaşılacak olursa insanlığın son nefesi hemen köşe başında gibi görünüyor. Yapay zekâ uzmanları ciddi ciddi soruyorlar: Bizim hayvanat bahçesindeki ayılara yaptığımız gibi, kendi yarattığımız robotlar bize fıstık atarken, demir parmaklıkların ardında dans etmek zorunda kalacak mıyız? Ya da, kendi yarattıklarımızın kucaklarında gezdirdiği bir köpek olacak mıyız?

Ama yakından incelenirse durumun göze göründüğü kadar ciddi olmadığı görünür. Kuşkusuz son on yılda bilim ve teknolojide muazzam ilerlemeler kaydedildi, ama yine de her şey yerli yerine oturtulmalıdır.

Teröristler üzerine gökten ölümcül füzeler ateşleyen sekiz metrelik insansız hava aracı olan *Predator*,[11] elinde kumanda kolu olan *bir insan* tarafından kontrol edilir. *Bir insan*, büyük olasılıkla video oyunlarında usta bir genç, bilgisayar ekranının karşısına rahatça kurulur ve hedefleri seçer. Ateş emrini Predator değil, *insan* verir. Kendi kendini süren arabalar, ufku tararken ya da direksiyonu çevirirken bağımsız kararlar vermiyorlar; hafızalarında depolanmış bir GPS[12] haritasını takip ediyorlar. So-

---

[7] *"the rapture of the nerds"*

[8] *Terminator 4: Salvation*

[9] *Transformers: Revenge of the Fallen*

[10] *The Surrogates*

[11] *The Predator:* Avcı. (ç.n.)

[12] *the global positioning system:* küresel konumlama sistemi. (ç.n.)

nuçta, tamamen bağımsız, bilinçli ve ölüm saçan bir robot kâbusu hâlâ bizden çok uzak bir gelecektedir.

Medya her ne kadar Asilomar konferansında yapılan bundan daha sansasyonal tahminleri abartmış olsa da, yapay zekâ konusunda günlük araştırmalarını yapan bilim insanlarının çoğu bu konularda daha ketum ve ihtiyatlıydı. Makinelerin ne zaman bizim kadar zeki olacakları sorulduğunda, bilim insanları şaşırtıcı çeşitlilikte, 20 yıldan 1000 yıla değişen yanıtlar vermişlerdi.

Sonuçta iki tip robot arasındaki farkları ayırdetmek zorundayız. Bunlardan ilki, bir insanın uzaktan kontrol edilir ya da bir teyp kayıt cihazı gibi önceden programlanmış talimatları kusursuz bir şekilde yerine getirir. Bu robotlar halihazırda mevcutlar ve gazetelerin manşetlerindeler. Yavaşça evlerimizden içeriye ve ayrıca savaş meydanlarına giriyorlar. Ancak, kararları veren bir insan olmadan, bu robotlar kullanışsız çöp yığınlarından başka bir şey değillerdir. Bu nedenle bu robotlar, insanlardan hiçbir veri ya da girdi beklemeyen, kendi kendine düşünebilen ve tamamen bağımsız olan ikinci tip robotlarla karıştırılmamalıdır. İşte bunlar, son yarım yüzyıl içinde bilim insanlarının hep peşinde olup da bir türlü gerçekleştiremedikleri robotlardır.

Robot ASIMO

Yapay zekâ araştırmacıları, robot teknolojisinde gerçekleştirilen devrimsel ilerlemelerin açık ve net bir kanıtı olarak çoğu kez Honda'nın robot ASIMO'sunu[13] gösterirler. 130 santimetre uzunluğunda ve 54 kilogram ağırlığındadır ve siyah camlı bir kaskı ve sırt çantası olan genç bir delikanlıya benzer. ASIMO doğrusu fevkalade olağanüstüdür: Gerçekçi bir şekilde yürüyebilir, koşabilir, merdiven tırmanabilir ve konuşabilir. Odalar arasında dolaşabilir, bardak ve tepsi toplayabilir, basit komutlara tepki verebilir ve hatta bazı yüzleri tanıyabilir. Büyük bir sözcük dağarcığı vardır ve birçok lisanı konuşabilir. ASIMO,

[13] *ASIMO, Advanced Step in Innovative Mobility*: "Yenilikçi/Yaratıcı hareketlilikte ileri (bir) adım" diye dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

mühendislik harikası yaratan çok sayıda Honda bilim insanının yirmi yıllık yoğun çalışmasının sonucudur.

BBC/Discovery için hazırlanan bilim programlarında sunuculuk yaparken, iki ayrı fırsatta, konferanslarda ASIMO ile kişisel olarak iletişim kurma ayrıcalığım oldu. Elini sıktığımda, tamamen insana özgü bir şekilde tepki verdi. Ona el salladığımda, o da bana el salladı. Ondan bana meyve suyu getirmesini istediğimde ise arkasını döndü ve tüyler ürpertici insan hareketleriyle yiyeceklerin olduğu masaya doğru yürüdü. Sahiden de ASIMO o kadar gerçek gibiydi ki, konuştuğu zaman, neredeyse robotun kaskını çıkarmasını ve zekice içine gizlenmiş delikanlıyı ortaya çıkarmasını bekledim. Hatta benden daha iyi dans ediyordu.

ASIMO en başta zekiymiş gibi görünür, insan komutlarına yanıt verebilir, sohbet edebilir ve bir oda içinde dolaşabilir. Gerçek aslında çok farklıdır. Televizyon kamerası önünde ASIMO ile iletişim kurduğumda, onun her hareketi en küçük ayrıntıya varıncaya dek (senaryo olarak) yazılmıştı. Aslında ASIMO ile beş dakikalık basit bir sahneyi çekmek için üç saat harcamıştık. Bir o kadar zaman da, çekilen her sahneden sonra ellerindeki dizüstü bilgisayarlarıyla robotu deliler gibi tekrar programlayan ASIMO'nun eğiticilerine gitmişti. Sizinle farklı dillerde konuşabilmesine karşın, ASIMO aslında kaydedilmiş mesajları size okuyan bir teyp kayıt cihazıdır. Her geçen yıl daha çok gelişmesine karşın, ASIMO bağımsız düşünebilmekten acizdir. Onun her sözcük, her el, kol, baş hareketi, her adımı ASIMO'nun eğiticileri tarafından dikkatlice prova ettirilmelidir.

Daha sonraları, ASIMO'nun yaratıcılardan biriyle samimi bir konuşma yapmıştım; dikkate şayan insansı hareketlerine karşın, ASIMO'nun ancak bir böceğin zekâsına sahip olduğunu kabul etti. Onun birçok hareketi vaktinden önce dikkatlice programlanmalıdır, aksi takdirde, odanın içindeki nesneleri aslında fark edemediği için, bir mobilyaya takılıp tökezleyecektir. Karşılaştırma yapılırsa bir hamam böceği bile nesneleri tanıyabilir, engeller etrafında takılmadan yürüyebilir, gölgeler içinde saklanabilir, yarıklar arasında kaybolabilir; onun için bunların hepsi birkaç saniyelik iştir.

Brown Üniversitesi'nden[14] yapay zekâ araştırmacısı Thomas Dean, imâl etmekte olduğu hantalca yürüyen robotların ancak "döşeme üzerinde kocaman izler bırakmadan salon boyunca yürüyebilecek kadar sağlam oldukları bir evrede olduklarını" kabul ediyor. Daha sonra da göreceğimiz gibi, şu anda bizim en güçlü bilgisayarlarımız bir farenin sinirlerini ancak simüle edebiliyorlar ve bunu da ancak birkaç saniye yapabiliyorlar. Robotların bir fare, tavşan, köpek ya da kedi ve sonra bir maymun kadar akıllı olabilmeleri için daha onyıllarca sürecek çok sıkı çalışmalar gerekiyor.

Yapay Zekânın Tarihi

Eleştirmenler, yapay zekâ pratisyenlerinin her otuz yılda bir süperzeki robotların hemen köşe başında olduklarını iddia ettikleri bir şablona işaret ederler. Sonra, bunun gerçeğe uygunluğu test edilir ve sert itirazlar devreye girer.

1950'lerde, 2. Dünya Savaşı'ndan sonra elektronik bilgisayarlar ilk ortaya çıktıklarında, bilim insanları, mucizevi becerilere imza atan bilgisayarlar fikriyle halkın gözlerini kamaştırdı: Engelleri ortadan kaldıran, dama oynayan ve hatta cebir problemleri çözen bilgisayarlar. Gerçekten akıllı makineler güya hemen köşe başındalardı. İnsanlar hayrete düşmüşlerdi ve kısa süre içinde robotların herkesin mutfağında olacağı, yemeği pişireceği ya da evi temizleyeceği zamanı soluk almadan tahmin eden dergi yazıları çıktı. 1965'te, yapay zekâ konusunda öncülerden biri olan Herbert Simon, "Makineler yirmi yıl içinde bir insanın yapabildiği her işi yapabilecek yetenekte olacaklar" diye iddiada bulundu. Sonra gerçek duruma el koydu. Satranç oynayan makineler beşeri bir usta karşısında kazanamıyorlardı ve yalnızca satranç oynayabiliyorlardı, başka da bir şey yapamıyorlardı. Bu ilk robotlar yalnızca basit işleri yapabiliyorlardı.[15]

---

[14] *Brown University*

[15] Orijinal metinde ilk robotların bir *one-trick pony*'ye benzediği söyleniyor; bu deyim yalnızca tek bir işi becerebilen insanlar için kullanılır; ayrıca bu isimde 1980 yapımı Paul Simon'un başrolünde olduğu bir film ve albüm de var. (ç.n.)

Doğrusu 1950'lerdeki asıl çığır açan gelişmeler yapay zekâ konusunda yapılmıştı, ama bunlar abartıldığı ve yanıltıcı olarak sunulduğu için olumsuz tepkiler aldı. 1974'te, devamlı yükselen olumsuz eleştiriler karşısında, Amerika Birleşik Devletleri ve Britanya hükümetleri fonlamaları kesti. İlk yapay zekâ kışı böylece bastırmış oldu.

Bugün, yapay zekâ araştırmacısı Paul Abrahams, geçmişe bakıp 1950'lerdeki o insanı çarpan, MIT'de[16] bir doktora öğrencisi olduğu ve her şeyin mümkün göründüğü zamanları hatırlayınca başını sallıyor. Şöyle hatırlıyordu o günleri: "Sanki bir grup insan, Ay'a yükselen bir kule inşa etmeyi teklif etmişti. Her yıl gururla, kulenin bir önceki yıldan ne kadar daha yüksek olduğuna işaret ediyorlardı. Tek sorun ise Ay'ın hiç yaklaşmıyor olmasıydı."

Yapay zekâya olan ilgi 1980'lerde tekrar zirve yaptı. Bu kez Pentagon[17] milyonlarca doları akıllı kamyon[18] gibi projelere akıttı. Akıllı kamyondan düşman hatlarının gerisine ulaşması, keşif ve arama yapması, Amerika Birleşik Devletleri birliklerini kurtarması ve karargâha dönmesi bekleniyordu ve bütün bunları kendi kendine yapacaktı. Japonya hükümeti bütün varlığıyla iddialı Beşinci Nesil Bilgisayar Sistemleri Projesi'ni[19] destekliyordu. Japonya'nın güçlü Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı'nın finanse ettiği bu projenin amacı, diğer birçokları arasında, günlük dili konuşabilen, tam bir muhakeme yeteneğine sahip ve ne istediğimizi bile sezebilen bir bilgisayar sistemine en geç 1990'lar civarı sahip olmaktı.

Ne yazık ki akıllı kamyonun yaptığı tek şey kaybolmaktı. O kadar tantanadan sonra Beşinci Nesil Proje'den de sessizce vazgeçilmişti. Bir kez daha abartılı söylem gerçeğin çok önüne geçmişti. Doğruyu söylemek gerekirse 1980'lerde yapay zekâ konusunda gerçek kazanımlar da vardı, ama ilerleme yine yanıltıcı olarak ortaya kondu, ikinci defa sert tepkiler geldi, fon

---

[16] *the Massachusetts Institute of Technology*

[17] *The Pentagon*: Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı ve Genelkurmay Başkanlığı. (ç.n.)

[18] *smart truck*

[19] *the Fifth Generation Computer Systems Project*

kaynakları tekrar kurudu, gözü açılmış insanlar toplu halde bu alanı terkettiler; yapay zekânın ikinci kışı da böyle bastırdı. Bir şeylerin eksik olduğu acı bir şekilde ortaya çıktı.

Yapay zekâ araştırmacıları 1992'de, bir bilgisayarın çıldırdığı ve uzay gemisinin mürettebatını boğazladığı *2001* adlı filmin şerefine bir merasim düzenleyerek, insanların duygularını alt üst etti. 1968 yapımı bu film, en geç 1992'ye kadar robotların herhangi bir insanla herhangi bir konu üzerine sohbet edebileceğini ve bir uzay gemisine komuta edebileceğini öngörüyordu. Ne yazık ki, bir böceğin zekâsına ancak ulaşabilmiş en gelişmiş robotların zor bir dönem geçirdiği yine acı bir şekilde ortaya çıkmıştı.

1997'de IBM'in Deep Blue'su[20] dünya satranç şampiyonu Gary Kasparov'u kesin olarak alt edince tarihsel bir atılım gerçekleştirmişti. Saniyede 11 milyar işlem gerçekleştiren Deep Blue bir mühendislik harikasıydı. Ne var ki, yapay zekâ araştırmalarının önündeki setleri kaldırıp yeni bir çağ açmak şöyle dursun, tam bunun tersini yapmıştı. Yalnızca yapay zekâ araştırmalarının ilkelliğine vurgu yapmıştı. Derinlemesine düşününce, Deep Blue'nun düşünemediği birçok kişi için gün gibi aşikârdı. Satrançta muhteşemdi ama bir IQ testinden[21] ancak sıfır alırdı. Bu zaferden sonra, basınla tüm konuşmaları gerçekleştiren kişi ise kaybeden taraf Kasparov'du; çünkü Deep Blue hiç konuşamıyordu. Yapay zekâ araştırmacıları istemeye istemeye de olsa salt bilgisayar gücünün zekâya eşit olmadığı gerçeğini kabul etmeye başladılar. Yapay zekâ araştırmacısı Richard Heckler "Günümüzde 49 dolara dünya şampiyonlarından başka herkesi yenebilecek satranç oyunları satın alabilirsiniz, ama hiç kimse onların zeki olduğunu düşünmez." diye konuşuyor.

Ama her on sekiz ayda bir yeni nesil bilgisayarları ortaya çıkartan Moore yasasıyla, eninde sonunda son neslin karamsarlığı yavaş yavaş unutulacak ve parlak ve tutkulu yeni bir nesil nöbeti devralacak ve çoktandır uykuda olan bu alana tazelenmiş bir iyimserlik ve enerji katacaktır. Son yapay zekâ kışının

---

[20] Derin Mavi. (ç.n.)

[21] *IQ (intelligence quotient) test:* zekâ testi. (ç.n.)

bastırmasından otuz yıl sonra bugün bilgisayarlar yeterince ilerlemiş durumdalar, öyle ki yeni nesil yapay zekâ araştırmacıları gelecek hakkında tekrar umutlu tahminler yapıyorlar. Destekçileri en sonunda yapay zekânın zamanının geldiğini söylüyorlar; bu kez sahiden böyle, üçüncü deneme nazar boncuğu olacak ve başarı getirecek deniyor. Eğer haklılarsa insanlar kısa bir süre sonra demode mi olacaklar?

Beyin Dijital Bir Bilgisayar mı?

Matematikçilerin yeni yeni farkına vardıkları temel bir sorun, 50 yıl önce beynin büyük bir dijital bilgisayara benzediğini düşünerek can alıcı bir hata yapmalarıydı. Şimdi, böyle olmadığı acı bir şekilde açık. Beyin, modern bir bilgisayarda olan hiçbir şeye sahip değil; onun ne bir Pentium çipi, ne bir Windows işletim sistemi, ne bir uygulama yazılımı, ne bir CPU'su,[22] ne bir programlama derdi ve ne de alt programları var. Doğrusu, dijital bilgisayarların mimarisi beyninkinden oldukça farklıdır. Beyin sayısız nörondan oluşan, her yeni bir şey öğrenişinde kendini yeniden yapılandıran, bir tür öğrenen makinedir. (Oysa bir kişisel bilgisayar hiçbir şey öğrenmez. Bilgisayarınız dün olduğu gibi bugün de aptal.)

Sonuçta beyni modellemek için en az iki yaklaşım var. Birincisi robotlara dijital bilgisayarlarmış gibi muamele edilen ve tüm zekâ kurallarının daha en baştan itibaren programlandığı geleneksel yukarıdan-aşağıya yaklaşım. Bir dijital bilgisayar, böylece, Turing makinesi[23] adı verilen daha küçük bileşenlere ayrılır. Bu, büyük İngiliz matematikçisi Alan Turing tarafından ortaya konulan varsayımsal bir cihazdır. Bir Turing makinesi üç temel bileşenden oluşur: Bir girdi,[24] bu girdiyi işleyen bir merkezi işlemci[25] ve bir çıktı.[26] Tüm dijital bilgisayarlar bu basit modele dayanırlar. Bu yaklaşımın amacı, tüm zekâ kurallarının üzerine kodlanmış olduğu bir CD-ROM'a sahip olmaktır. Bu

---

[22] *the central processing unit*: merkezi işlem birimi. (ç.n.)
[23] *Turing machine*
[24] *input*
[25] *central processor*
[26] *output*

diski okuyucuya takınca, bilgisayar birden canlanacak ve zeki olacak. Bu nedenle, bu efsanevi CD-ROM zeki makineler yaratmak için gerekli tüm yazılımı içerir.

Öte yandan beynimiz ne bir programa ne de bir yazılıma sahiptir. Beynimiz daha çok, kendini devamlı olarak yeniden yapılandıran, karmakarışık bir sinir ağına[27] benzer.

Sinir ağları Hebb kuralına uyarlar: Her doğru karar alınışında, bunlara ait sinirsel yollar güçlenirler/pekişirler. Sinir ağı bunu, bir görev başarıyla her yapılışında nöronlar arasındaki belirli elektrik bağlantılarının şiddetini basitçe değiştirerek yapar. (Hebb kuralı eski bir soruyla da ifade edilebilir: Bir müzisyen nasıl Carneige Hall'a[28] ulaşabilir? Yanıt: Egzersiz, egzersiz, egzersiz. Bir sinir ağı için, egzersiz mükemmelleşme demektir. Hebb kuralı kötü alışkanlıkları bırakmanın neden zor olduğunu da açıklar; çünkü bir kötü alışkanlığın sinirsel olarak izlediği yollar kalıplaşmıştır artık.)

Sinir ağları aşağıdan-yukarı bir yaklaşıma dayanır. Sinir ağları, zekâ kurallarını kaşıkla alarak öğrenmezler; bebeklerin nesnelere çarpa çarpa, deneyerek öğrenme yolunu kullanarak öğrenirler bu kuralları. Sinir ağları programlanmak yerine, her şeyi eski usulle, yani "hayat okulunda"[29] öğrenirler.

Sinir ağları dijital bilgisayarınkinden tamamen farklı bir mimariye sahiptir. Bir dijital bilgisayarın merkezi işlemcisinden bir tane transistörü çıkartıp alırsanız, bilgisayar çalışmaz. Ancak bir insan beyninden kocaman bir parçayı çıkartsanız bile, geri kalan parçalar eksik olanların görevini devralır ve beyin yine de çalışmasına devam edebilir. Ayrıca, dijital bilgisayarın tam olarak nerede düşündüğünü belirlemek mümkündür: Merkezi işlemcisinde. Oysa insan beyninin taramaları, düşünme eyleminin beynin büyük parçaları üzerine dağıldığını açık bir şekilde göstermiştir. Düşünceler bir pin-pon topu gibi ordan oraya sıçrıyorlarmışçasına, farklı bölgelerin kesin bir silsile içinde aydınlandığı görülür.

---

[27] *neural network*

[28] *Carnegie Hall*: New York, Manhattan'da bulunan dünyaca ünlü bir konser salonu. (ç.n.)

[29] *the school of hard knocks*

Dijital bilgisayarlar işlemleri neredeyse ışık hızında gerçekleştirirler. Bir insan beyni, aksine, inanılmaz derecede yavaştır. Sinir uyarıları saatte 320 kilometre gibi dayanılmaz bir yavaşlıkta yol alırlar. Fakat beyin bundan daha fazlasını telafi eder; çünkü o çok büyük ölçekte paraleldir. Yani, bir beyinde aynı anda çalışan 100 milyardan fazla nöron vardır ve her biri minik bir parça iş yapar; her bir nöron ise 10.000 kadar başka nörona bağlıdır. Bir yarışta süper hızlı tek bir işlemci, süper yavaş bir paralel işlemci karşısında geride nal toplar. (Bu eski bir bilmeceye kadar geri gider: Bir kedi bir fareyi bir dakikada yerse bir milyon kedi bir milyon fareyi ne kadar zamanda yer? Yanıt: Bir dakikada.)

Bütün bunlara ek olarak, beyin dijital değildir. Transistörler ya açık ya da kapalı olabilen kapılardır ve bu 1 ya da 0 olarak temsil edilir. Nöronlar da dijitaldir (bir sinyal çakarlar ya da çakmazlar), ama *analog* da olabilirler, kesikli sinyallerin yanında sürekli olanları da iletebilirler.

Robotların İki Problemi

Bilgisayarların, insan beyni ile karşılaştırılınca, göze apaçık gelen sınırlarını verdikten sonra, insanların hiç çaba sarfetmeden gerçekleştirebildikleri iki temel işi bilgisayarların neden beceremedikleri daha iyi değerlendirilebilir. Bu iki temel iş, örüntü tanıma[30] (ya da şablon, düzen tanıma) ve ortak akıldır[31] (ya da sağduyu). Bu iki problem, geride kalan yarım yüzyıl boyunca hep çözümsüz kaldı. Bu ise robot hizmetçilere, uşaklara ve sekreterlere sahip olmayışımızın ana nedenidir.

İlk problem örüntü tanımadır. Robotlar bir insandan çok daha iyi görebilirler, ama gördüklerini anlayamazlar. Bir robot bir odaya girdiği zaman, görüntüyü karmakarışık bir noktalar topluluğuna çevirir. Bu noktaları işlemden geçirince, doğrulardan, dairelerden, karelerden ve dikdörtgenlerden oluşan bir kolleksiyonu tanıyabilir. Robot sonra bu karışıklığı, tek tek, hafızasında depolanan nesnelerle eşleştirmeye çalışır – bu bir bil-

---

[30] *pattern recognition*

[31] *common sense*

gisayar için bile fevkalade meşakkatli bir iştir. Saatlerce süren hesaplardan sonra, robot bu çizgileri sandalyelerle, masalarla ve insanlarla eşleştirebilir. Buna karşın, biz bir odaya girdiğimizde, saniyenin çok küçük bir kısmı içinde, sandalyeleri, masaları, sıraları ve insanları tanıyabiliriz. Gerçekten de beyinlerimiz ağırlıklı olarak patern tanıyan makinelerdir.

İkinci problem ise robotların bir sağduyuya sahip olmamasıdır. Robotlar bir insandan çok daha iyi duymalarına karşın, dinlediklerini anlamazlar. Örnek olarak, şu önermelere bir bakalım:

- Çocuklar şekeri sever, cezayı değil
- Teller çekebilir ama itemezler
- Çubuklar itebilirler ama çekemezler
- Hayvanlar konuşamazlar ve İngilizce'yi anlarlar
- Dönmek insanları sersemletir

Bizler için, bu önermelerin her birinin ortak akılda bir karşılığı vardır. Ancak, robotlar için bu geçerli değil. Tellerin çekebildiğini ama itemediklerini ispatlayan bir mantık ya da programlama satırı yoktur. Bizler, bu "apaçık" önermelerin doğruluğunu deneyimle öğrendik, hafızalarımızda programlandıkları için değil.

Yukarıdan-aşağıya yaklaşımın problemi, insan düşüncesini taklit edebilmek için gereken çok fazla miktarda ortak akıl kod/program satırının var olmasıdır. Örneğin, altı yaşındaki bir çocuğun bildiği ortak akıl yasalarını tasvir etmek için yüzlerce milyon satırlık bir kod/program gerekir. Carnegie Mellon'daki[32] yapay zekâ laboratuvarının eski direktörü Hans Moravec, "Bugüne kadar, yapay zekâ programları hiçbir ortak akıl kırıntısı ortaya koymadı – örneğin, tıbbi bir tanı programı, kırılmış bir bisiklet için antibiyotik yazabilir; çünkü bu program insanların, hastalıkların ya da bisikletlerin bir modelinden yoksundur." diye hayıflanıyor.

Yine de bazı bilim insanları, ortak aklı öğrenmenin önündeki tek engelin kaba kuvvet[33] olduğu inancına sıkı sıkıya bağlı-

[32] *Carnegie Mellon University*
[33] *brute force*

dırlar. Atom bombasını üreten program gibi yeni bir Manhattan Projesi'nin[34] ortak akıl problemini kesinlikle çözeceğini düşünüyorlar. Bu "düşünce ansiklopedisi"ni[35] yaratacak çözüm programı CYC[36] olarak adlandırıldı ve 1984 yılında başlatıldı. Bu, ortak aklın tüm sırlarını tek bir program içinde kodlama projesi olan yapay zekânın en parlak başarısı olacaktı. Gel gör ki, onyıllarca süren yoğun bir çalışmadan sonra, CYC projesi kendi hedeflerine ulaşmakta başarısız oldu.

CYC'nin hedefi basitti: "2007'ye kadar normal bir kişinin dünya hakkında bildiği 100 milyon şeyi öğrenmek." Bu hedef, daha önceki zaman hedefleri gibi başarısız bir şekilde elden kaydı gitti. CYC mühendislerince tasarlanan her dönüm noktası, zekâ esaslarını öğrenmeye daha yatkın bilim insanları olmadan geldi ve gitti.

İnsana Karşı Makine

Bir defasında, bir yarışmadaki robot ile MIT'den[37] Tomaso Poggio'nun yaptığı robotun zekâlarını yarıştırma şansım oldu. Robotlar bizim yapabildiğimiz gibi basit paternleri tanıyamamalarına karşın, Poggio belirli bir konuda, *anında algılama*[38] konusunda, her bir bitlik[39] bilgiyi bir insan kadar hızlı hesaplayabilen bir bilgisayar programı yaratabilmişti. Bu, bir nesneyi derhal, daha onun farkına varmadan önce bile tanıyabilmemizi sağlayan esrarengiz bir yeteneğimizdir. (*Anında tanıma*, evrimimiz boyunca çok önemliydi; çünkü atalarımızın çalılıklarda gizlenmiş bir kaplan olup olmadığına karar verebilmeleri için, daha önceden tamamen onun farkında olsalar bile, çok kısa bir süreleri vardı.) Bir robot, bir görüntü tanıma testinde ilk defa istikrarlı olarak bir insandan daha yüksek bir performans göstermişti.

---

[34] *the Manhattan Project:* İkinci Dünya Savaşı'nda Birleşik Devletler, İngiltere ve Kanada'nın nükleer silah üretmek amacıyla başlattıkları proje. (ç.n.)

[35] *encyclopedia of thought*

[36] *CYC:* "encyclopedia" sözcüğünde geçen "cyc" ifadesidir ve çember/daire anlamı içerir. (ç.n.)

[37] *the Massachusetts Institute of Technology*

[38] *immediate recognition*

[39] *bit:* ikili sistemde 0 ya da 1 rakamı; en küçük bilgiyi temsil eder. (ç.n.)

Benimle bir makine arasındaki yarış basitti. Önce bir sandalyeye oturdum ve sıradan bir bilgisayar ekranına dikkatlice baktım. Sonra bir resim çok kısa bir süre içinde ekrana geldi ve kayboldu; benden beklenen ise resimde bir hayvan görüp görmediğime göre iki düğmeden birine mümkün olduğunca süratli basmamdı. Mümkün olduğunca hızlı karar vermem gerekiyordu ve üstelik resme daha önceden bakıp hazmetme şansı da verilmişti. Bilgisayar da aynı resim için karar verecekti.

Utanç verici bir şekilde, birçok hızlı-deneme testinden sonra, makine ve ben nerdeyse aynı düzeyde performans gösterdik. Ancak makine, çoğu kez benden çok daha yüksek puan almıştı ve ben arkada nal toplamıştım. Bir makine beni mağlup etmişti. (Bilgisayarın doğru yanıt verme oranının %82, insanların oranının ise ortalama %80 olduğu söylendi bana, bu tek tesellimdi.)

Poggio'nun makinesinin anahtarı, Doğa Ana'dan alınan dersleri kopyalamasıydı. Birçok bilim insanı "Tekerlek zaten icat edilmiş, onu neden kopyalamayalım ki?" cümlesindeki gerçeği fark ediyor artık. Örneğin, normalde bir robot bir resme baktığı zaman, resmi doğrulara, dairelere, karelere ve diğer geometrik şekillerden oluşan ufak parçalara bölmeye çalışır. Ancak, Poggio'nun programı farklıydı.

Biz bir resmi gördüğümüzde, ilk önce çeşitli nesnelerin ana hatlarını görebiliriz, her bir nesneye ait ayırt edici özellikleri görürüz, sonra da bu özellikler içindeki nüansları, gölgelemeleri görürüz ve bu böyle gider. Yani biz bir görüntüyü birçok katmana ayırırız. Bilgisayar görüntünün bir katmanını işler işlemez, bunu bir sonraki katmanla birleştirir, bunu da bir sonraki katmanla... Bu yolla bilgisayar, adım adım, katman katman, beynimizin bir görüntüyü işlediği hiyerarşik yolu taklit eder. (Poggio'nun programı üç boyutlu nesnelerin görüntülenmesi, çeşitli açılardan binlerce nesnenin tanınabilmesi ve bunun gibi patern tanımanın, kabul ettiğimiz anlamda, her marifetini yerine getiremez; ama onun bu programı yine de patern tanıma alanında önemli bir köşe taşıdır.)

Daha sonra, yukarıdan-aşağı ve aşağıdan-yukarı yaklaşımların her ikisini de iş başında görme fırsatım oldu. İlk önce

Stanford Üniversitesi'nin[40] yapay zekâ merkezine gittim ve orada yukarıdan-aşağı yaklaşımı kullanan STAIR[41] ile tanıştım. STAIR 120 santimetre civarında olup, bir mil etrafında dönebilen ve bir masanın üzerinden nesneleri tutup alabilen kocaman bir mekanik kola sahiptir. STAIR hareketlidir de; bir ofis ya da ev içinde dolanabilir. Bu robot bir nesneye kilitlenebilen/fokuslanabilen 3D bir kameraya sahiptir ve elde ettiği 3D görüntüleri, mekanik kolun bir nesneyi tutmasına rehberlik eden bir kameraya verir. 1960'tan beri robotlar bu şekilde nesneleri tutuyorlar ve biz onları Detroit'teki araba fabrikalarında görmekteyiz.

Ama görünüşler aldatıcıdır. STAIR daha fazlasını yapabilir. Detroit'teki robotların aksine, STAIR yazılı bir senaryoya uymaz. O kendi kendine çalışır. Ondan bir portakalı yukarı kaldırmasını isterseniz, örneğin, bir masa üzerindeki nesnelerin hepsini analiz edebilir, bunları hafızasındaki depolanmış binlerce görüntüyle karşılaştırır, sonra da portakalı tespit eder ve onu yukarı kaldırır. Nesneleri tutarak ve etraflarında döndürerek, onların ne olduğunu çok daha kesin tespit edebilir.

Yeteneğini test etmek için, bir masanın üzerindeki bir grup nesneyi karıştırdım ve belirli bir şeyi bulmasını istedikten sonra ne yaptığını izledim. STAIR'in yeni düzeni doğru olarak analiz ettiğini ve elini uzattığını ve doğru olanı tutup aldığını gördüm. Nihai hedefler ise STAIR'in ev ve ofis ortamlarında istemli olarak dolanabilmesi, çeşitli nesneleri ve aletleri tutup alması ve onlarla etkileşmesi ve hatta insanlarla basitleştirilmiş bir dil kullanarak sohbet etmesidir. Bu yolla, ayak işlerine bakan bir ofis elemanının yapabildiği şeyleri yapabilecektir. STAIR yukarıdan-aşağı yaklaşımın bir örneğidir: STAIR'de her şey daha en baştan programlanmıştır. (Nesneleri farklı açılardan tanıyabilmesine karşın, STAIR tanıyabileceği nesnelerin sayısı bakımından hâlâ kısıtlıdır. Sokağa çıkar da rastgele nesneleri tanımaya çalışırsa felce uğrar.)

---

[40] *the Stanford University*

[41] STAIR, *Stanford artificial intelligence robot*: Stanford yapay zekâ robotu; STAIR İngilizce'de merdiven anlamına gelir. (ç.n.)

Daha sonra, Yann LeCun'un, ismi LAGR[42] olan tamamen farklı bir tasarımla deney yaptığı New York Üniversitesi'ni[43] ziyaret ettim. LAGR aşağıdan-yukarı yaklaşımın bir örneğidir: Her şeyi sıfırdan, nesnelere çarpa çarpa, öğrenmek zorundadır. Küçük bir golf arabası büyüklüğündedir ve arazi tarayan, yoldaki nesneleri tespit eden iki tane stereo renkli kameraya sahiptir. Bu nesneler arasında hareket edebilir, dikkatlice onlardan sakınabilir, her geçtiği nesneyi de öğrenir. GPS[44] sistemi ile donatılmıştır ve önündeki nesneleri tespit edebilen iki tane kızılötesi alıcısı vardır. Üç tane yüksek güçlü Pentium çip içerir ve bir gigabitlik[45] bir eternet[46] ağına bağlıdır. Yakındaki bir parka gittik, orada LAGR robotu yolu üzerine yerleştirilmiş engeller arasında gezinebiliyordu. İzlediği yolu her tekrarlayışında, engellerden daha iyi kaçınıyordu.

LAGR ve STAIR arasındaki önemli bir fark, LAGR'ın özellikle öğrenmek üzere tasarlanmış olmasıdır. LAGR bir nesneye her toslayışında, onun etrafından dönüyor ve bir dahaki sefere aynı nesneden kaçınmayı öğreniyor. STAIR'in hafızasında depolanmış binlerce görüntü varken, LAGR'ın hafızasında neredeyse hiçbir görüntü yoktur; bunların yerine, LAGR karşılaştığı her engelin zihinsel bir haritasını yaratır ve her geçişte bu haritayı ince ayrıntılar ekleyerek geliştirir. Programlanmış ve GPS sistemi yardımıyla daha önceden belirlenmiş bir yolu izleyen sürücüsüz arabanın aksine, LAGR tamamen kendi başına, bir insandan talimat almadan, hareket eder. Ona nereye gidileceğini söylersiniz ve o yola çıkar. En sonunda, bunun gibi robotlar Mars'ta, savaş meydanlarında ve evlerimizde bulunabilirler.

Bir taraftan, bu araştırmacıların enerji ve coşkularından çok etkilenmiştim. Yapay zekânın temelini attıklarına ve çalışmalarının toplum hayatı üzerinde, bizim daha yeni yeni anlamaya başladığımız biçimlerde, etkili olacağına kalpten inanıyorlar. Ancak, uzaktan bakınca daha ne kadar ilerlemek zorunda ol-

---

[42] *LAGR, learning applied to ground robots: yer robotlarına uygulanan öğrenme* diye çevrilebilir. (ç.n.)

[43] *New York University*

[44] *the global positioning system*: küresel konumlama sistemi. (ç.n.)

[45] 1 gigabit = 1 milyar bit. (ç.n.)

[46] *ethernet*

duklarını da anlayabiliyorum. Hamam böcekleri bile nesneleri tanıyabilir ve etraflarından dolanmayı öğrenebilirler. Bizler hâlâ Doğa Ana'nın en mütevazı yaratıklarının zekâlarıyla bizim en zeki robotlarımızı alt ettikleri aşamadayız.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

Uzman Sistemler

Bugün birçok insanın evinde halıları süpüren basit robotlar var. Ayrıca geceleri binalarda devriye gezen güvenlik görevlisi olan robotlar, robot rehberler ve robot fabrika işçileri de var.

2006'da, 950.000 endüstriyel robotun ve 3.540.000 hizmet robotunun evlerde ve binalarda çalışmakta olduğu tahmin edildi. Önümüzdeki onyıllarda, robot teknolojisi birkaç ayrı yönde büyüyebilir. Fakat bu robotlar bilimkurgu olanlara benzemeyecekler.

En büyük etki, uzman sistemler[47] olarak adlandırılan alanda hissedilebilir; bunlar insanoğlunun aklının ve deneyiminin kodlandığı yazılım programlarıdır. Son bölümde gördüğümüz gibi, bir gün, duvar ekranları üzerindeki internet ile konuşabilir ve bir robo-doktorun ya da robo-avukatın cana yakın yüzüyle sohbet edebiliriz.

Bu alan *sezgisel*[48] *sistem* olarak adlandırılır; bu bir formel, kural-tabanlı sistemdir. Bir tatil planlamak gerektiğinde, duvar ekranındaki yüzle konuşacak, ona tatil için tercihlerimizi ileteceğiz: Ne kadar uzun olacak, nereye gidilecek, hangi otellerde hangi fiyat aralığında kalınacak. Uzman sistem, geçmiş deneyimlerimizden tercihlerimizi zaten biliyor olacak ve otellerle, hava alanlarıyla iletişime gececek ve bize en iyi seçenekleri sunacak. Ancak, sohbet eder gibi ya da dedikocu bir üslup yerine, oldukça resmi, sistemin anlayacağı bir şekilde biçimlendirilmiş bir dil kullanmak zorunda olacağız. Böylesine bir sistem ufak tefek her türlü günlük işi hızlıca yerine getirebilecektir. Siz yal-

---

[47] *expert systems*
[48] *heuristic*

nızca emirleri verirsiniz, o bir restoran için rezervasyon yapar, mağazaların yerlerini arar bulur, bakkaliye ve paket servis siparişlerini verir, bir uçak bileti ayırttırır vb.

Bugün oldukça basit (internet) arama motorlarına sahip olmamızın gerçek nedeni, geçmiş yıllarda *sezgisel yöntem*de kaydedilmiş ilerlemelerdir. Yine de bugün bu ilerlemeler hâlâ ham ve eksiktir. Bir insanla değil de bir makineyle ilgilendiğimiz gerçeği herkes için apaçık ortadadır. Ancak, robotlar gelecekte öylesine gelişmiş olacaklar ki neredeyse bir insan gibi görünecekler, sorunsuz ve pürüzsüz bir incelik ile işleyecekler.

En pratik uygulama muhtemelen tıbbi tedavi alanında olacaktır. Örnek vermek gerekirse günümüzde kendinizi hasta hissettiğiniz zaman, acil servis odasında bir doktora görünmek için saatlerce beklemek zorunda kalabilirsiniz. Yakın gelecekte, yalnızca duvar ekranınıza gideceksiniz ve robo-doktorla konuşacaksınız. Bir düğmeye basarak, konuştuğunuz doktorun yüzünü ve hatta kişiliğini bile değiştirebileceksiniz. Duvar ekranınızda gördüğünüz dostça yüz size bir takım basit sorular yöneltecek: Nasıl hissediyorsunuz? Nereniz ağrıyor? Ağrı ne zaman başladı? Hangi sıklıkta ağrıyor?

Her defasında, bir takım yanıtlar içinden durumunuza uygun olanı seçerek karşılık vereceksiniz. Cevabınızı klavyede yazarak değil, konuşarak vereceksiniz.

Sizin her bir cevabınız bir sonraki soru grubunun sorulmasına yol açacak. Böyle birkaç takım sorudan sonra, robo-doktor, dünya doktorlarının en sağlam deneyimlerine dayanarak, hastalığınızın tanısını koyacak. Robo-doctor, bunlara ilaveten, sağlığınızı devamlı olarak kontrol etme amacıyla banyonuzdan, elbiselerinizden ve mobilyalarınızdan DNA çipleri aracılığıyla gönderilen bilgileri analiz edecek. Sizden taşınabilir bir MRI[49] cihazıyla vücudunuzu taramanızı isteyebilecek ve gelen bilgiler süperbilgisayarlar tarafından analiz edilecek. (Bu *sezgisel programlar*ın WebMD[50] gibi bazı öncü versiyonları şimdiden mevcutturlar, ama *sezgisel yöntem*in ince ayrıntılarından ve tüm gücünden yoksundurlar.)

---

[49] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

[50] "İnternet doktoru" olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

Doktorların muayenehanelerine yapılan vizitelerin çoğunluğu bu yolla ortadan kaldırılabilir ve böylece sağlık sistemimiz üzerindeki baskı büyük ölçüde azaltılır. Eğer problem ciddiyse robo-doktor bir hastaneye gitmenizi tavsiye edecektir, orada *insan* doktorlar ihtiyacınız olan yoğun bakımı/ilgiyi gösterecektir. Ancak, hastanede bile yapay zekâ programlarını, ASIMO gibi robot hemşireler şeklinde, göreceksiniz. Bu robot hemşireler gerçek anlamda zeki değillerdir ama bir hastane odasından diğerine hareket edebilir, hastalara uygun görülen ilaçları verebilir ve diğer ihtiyaçlar için hazır bulunabilir. Zemin üzerindeki raylarda hareket edebilir, ya da ASIMO gibi bağımsız olarak yer değiştirebilir.

Hareketli RP-6 robotu, halihazırda mevcut bir robot hemşiredir ve UCLA[51] Medical Center gibi hastanelerde görevlidir. Temel olarak, silindir tekerlekler üzerinde hareket eden bir bilgisayarın üzerine konmuş bir televizyon ekranından ibarettir. Ekranda, o an kilometrelerce uzakta olması olası, gerçek bir doktorun yüzünü görürsünüz. Robot üzerinde, doktorun robotun o an baktığı yeri görmesine olanak sağlayan bir kamera vardır. Ayrıca bir mikrofon da vardır ve böylece doktor hastayla konuşabilir. Bir kumanda kolu aracılığıyla doktor robotu uzaktan kumanda edebilir, hastalarla iletişim kurabilir, ilaçlarını kontrol eder vb. Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 5 milyon hasta yoğun bakım ünitelerine kabul edildiğinden, ama yalnızca 6000 kalifiye doktorun kritik hastalarla ilgilenme yetkisi olduğundan, RP-6 gibi robotlar, bir doktorun birçok hastaya bakmak durumunda olduğu acil servislerdeki bu krizin hafifletilmesine yardımcı olabilirler. Gelecekte, bunun gibi robotlar daha otonom olabilirler, yani kendi kendilerini idare edebilirler ve hastalarla iletişim kurabilirler.

Japonya bu teknolojideki dünya liderlerinden biridir. Tıbbi bakımda yaklaşmakta olan bu krizi hafifletmek için robotlar üzerine çok büyük paralar harcamaktadır. Geçmişe bakıldığında, Japonya'nın robot teknolojisi konusunda lider ülkelerden biri olması birkaç nedenden dolayı sürpriz değildir. İlk olarak,

---

[51] *UCLA Medical: University of California, Los Angeles*

Şinto inancında[52] cansız varlıkların içlerinde ruh olduğuna inanılır. Hatta mekanik olanların içinde bile. Batı'da, özellikle sağa sola saldıran ölüm makineleri hakkında onca film seyrettikten sonra, çocuklar robotlar karşısında korku içinde bağırırlar. Ancak, Japon çocukları için robotlar neşeli ve yardımsever kafa dengi arkadaşlar olarak görünürler. Japonya'da bir alışveriş merkezine girerken sizi selamlayan resepsiyon görevlisi robotlar hiç de nadir değildir. İşin doğrusu, dünyadaki tüm ticari robotların %30'u Japonya'dadır.

İkinci olarak, Japonya demografik[53] bir kâbusla yüz yüzedir. Japonya en hızlı yaşlanan nüfusa sahiptir. Doğum oranı aile başına 1,2 çocuk gibi dudak uçuklatıcı bir rakama düşmüştür ve (içeriye) göç ihmal edilebilecek kadar azdır. Bazı nüfusbilimciler bir tren kazasını yavaş çekimde izlediğimizi belirttiler: Bir demografik tren (yaşlanan nüfus ve düşen doğum oranı) pek yakında bir diğeriyle (düşük göç oranı) önümüzdeki yıllarda çarpışacaktır. (Aynı tren kazası en sonunda Avrupa'da da meydana gelebilir.) Bunun etkileri en sert olarak tıbbi bakım alanında hissedilecektir ve burada ASIMO gibi hemşireler oldukça yararlı olabilirler. ASIMO benzeri robotlar, ilaç getirip götürmek, ilaçları hastalara vermek ve hastaları yedi gün yirmi dört saat gözetim altında tutmak gibi hastane hizmetleri için ideal olabilirler.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Modüler Robotlar

Yüzyılın ortasına geldiğimizde, dünyamız robotlarla dolup taşıyor olabilir, ama o zaman onları fark etmeyebiliriz bile. Bu böyle olacak; çünkü çoğu robot muhtemelen insan formunda olmayacaklar. Gözlerden ırak bir şekilde, yılan, böcek ve örümcek kılığında, hoşa gitmeyen ama hayati olan görevleri

---

[52] *the Shinto Religion*

[53] *demographic:* nüfus (istatikleri) ile ilgili. (ç.n.)

yerine getiriyor olabilirler. Bunlar yapacağı göreve göre şekil değiştirebilen modüler[54] robotlar olacaklar.

Southern California Üniversitesi'nden,[55] modüler robotlar konusunun öncülerinden Weimin Shen ile tanışma şansım oldu. Shen'in düşüncesi, Lego blokları gibi canınız istediği zaman yerlerini değiştirebileceğiniz ve tekrar bir araya getirebileceğiniz, küp biçiminde küçük modüller yaratmak. O bunları *polimorfik*[56]



Çeşitli tipte robotlar: LAGR (üstte), STAIR (sol altta) ve ASIMO (sağ altta). Bilgisayar teknolojisindeki büyük gelişmelere karşın, bu robotlar bir hamam böceğinin zekâsına sahiptirler.

---

[54] *modular*: birimsel, yapılacak işe özel. (ç.n.)
[55] *the University of Southern California, (USC)*
[56] *polymorphic*: çok biçimli, çok şekilli. (ç.n.)

robotlar diye adlandırıyor; çünkü bunlar şekillerini, geometrilerini ve işlevlerini değiştirebiliyorlar. Laboratuvarında, onun yaklaşımı ile Stanford ve MIT'deki[57] yaklaşımlar arasındaki farkı anında gördüm. Stanford ve MIT'deki yapay zekâ laboratuvarları görünüşte, baktığınız her yerde yürüyen ve konuşan robotlarıyla, her çocuğun hayalindeki oyun evine benziyordu. Bu iki laboratuvarı ziyaret ettiğimde, içlerinde çipler ve biraz da zekâ taşıyan birçok çeşit robotik "oyuncak" gördüm. Masaların üzeri, içlerinde çipler olan, her biri kendi kendine hareket edebilen robot uçaklarla, helikopterlerle, kamyonlarla ve böcek şekli verilmiş robotlarla doluydu. Her bir robot kendi kendine yeten, bağımsız bir birimdi.

Ama USC laboratuvarına girdiğinizde oldukça farklı şeyler görüyorsunuz. Her biri 6 santimetrekare civarında, birleştirerek ya da ayırarak birçok çeşit hayvan benzeri yaratıklar yapabilmenize olanak sağlayan, küp biçiminde modüller görürsünüz. Tek sıra halinde sürünerek giden yılanlar yaratabilirsiniz. Ya da hulahup[58] gibi yuvarlanan halkalar. Sonra bu küpleri ya da hulahupu çevirebilirsiniz, bükebilirsiniz ya da onları birbirine bağlayıp Y-şekilli ek yerleri elde edebilirsiniz ve böylece ahtapotlara, örümceklere, köpeklere ya da kedilere benzeyen, tamamen yeni bir cihaz seti yaratabilirsiniz. İçindeki her bir bloğun zeki ve kendi kendini hayal edilebilecek her şekilde düzenleme yeteneğine sahip olduğu, akıllı bir Lego setine sahip olduğunuzu bir düşünün.

Bu engelleri aşma konusunda yararlı olabilir. Örümcek şekli verilmiş bir robot kanalizasyon sisteminde ilerlerken bir duvarla karşılaşırsa önce duvarda küçük bir delik bulur ve kendini parçalara ayırır. Her parça delikten diğer tarafa geçer ve parçalar kendilerini duvarın öbür tarafında yeniden birleştirir. Bu yolla, modüler robotlar neredeyse durdurulamaz olurlar, pek çok engelden rahatlıkla sıyrılıp geçebilirler.

Bu modüler robotlar çürüyen alt yapımızı tamir etmekte çok önemli olabilirler. 2007'de, örneğin, Minneapolis'deki Missisipi

---

[57] *the Massachusetts Institute of Technology*

[58] *(hula) hoop:* bel bölgesiyle çevrilerek oynanan oyun halkası. (ç.n.)

Nehri Köprüsü çökmüş, 13 kişi ölmüş, 145 kişi yaralanmıştı. Olası nedenler köprünün yaşlanmış olması, aşırı yüklenmesi ve tasarım kusurları olabilir. Ülke genelinde belki de yüzlerce benzer kaza gerçekleşmeyi bekliyor, ama çürüyen her köprüyü gözaltında tutmak ve tamir etmek açıkça çok pahalıya mal olur. Burası modüler robotların köprülerimizi, yollarımızı, tünellerimizi, boru sistemlerimizi ve güç istasyonlarımızı sessizce kontrol ederek ve ihtiyaç halinde tamir ederek imdadımıza yetişeceği yerdir. (Örneğin, Manhattan'ın aşağı kesimlerindeki köprüler paslanma, ihmal ve tamirat eksikliği nedeniyle büyük ölçüde zarara görmüş durumdalar. Bir işçi, köprülerin son defa boyandığı 1950'lerden kalma bir kola şişesi buldu. İşin doğrusu, geçenlerde yaşlanmakta olan Manhattan Köprüsü'nün bir kısmı, tehlikeli bir şekilde, neredeyse yıkılıyordu ve tamirat için kapatılmak zorunda kaldı.)

Robot Cerrahlar ve Aşçılar

Robotlar cerrah, aşçı ve müzisyen olarak da kullanılabilirler. Örnek vermek gerekirse cerrahlıktaki önemli bir kısıtlama insan elinin becerisi ve hassasiyetidir. Cerrahlar, tüm insanlar gibi, birkaç saatten sonra yorulurlar ve verimleri düşer. Parmaklar titremeye başlar. Robotlar bu problemleri çözebilirler.

Sözgelimi, kalbe yapılan geleneksel bir baypas[59] ameliyatı, genel bir anestezi gerektiren, göğüs ortasında 30 santimetre uzunluğunda derin bir yarık açılmasını içerir. Göğüs boşluğunu açmak mikrop kapma olasılığını ve iyileşmek için gereken zamanı arttırır, şiddetli ağrılar ve iyileşme sürecinde rahatsızlık yaratır ve estetiği bozan bir yara bırakır. Ancak, *da Vinci robot sistemi*[60] bütün bunları büyük ölçüde azaltabilir. da Vinci robotu dört robotik kola sahiptir, bir tanesi bir video kamerayı kullanmak için, üç tanesi de hassas ameliyatları gerçekleştirmek için. Göğüste uzun bir kesik açmak yerine, vücudun yan taraflarında yalnızca birkaç tane minik kesik açar. Avrupa'da, Kuzey ve Güney Amerika'da bu sistemi kullanan 800 hastane var;

[59] *bypass*
[60] *the da Vinci robotic system*

2006'da yalnızca bu robotla 48.000 ameliyat gerçekleştirildi. Ameliyat uzaktan kontrolle internet üzerinden de yapılabilir, böylece büyük bir şehirdeki dünya çapında birinci sınıf bir cerrah, başka bir kıta üzerinde, tecrit edilmiş kırsal bir yerdeki hasta üzerinde ameliyat gerçekleştirebilir.

Gelecekte, çok daha ileri versiyonlar, mikroskopik neşterler, cımbızlar ve iğneler kullanarak, bugün yapılması olanaksız olan, kılcal kan damarı, sinir lifi ve doku ameliyatlarını gerçekleştirebilecekler. Aslında, bir cerrah gelecekte bir deriyi nadiren kesecek. Bozmayan/zarar vermeyen cerrahi[61] standart olacak.

Endoskoplar[62] (bir dokuyu aydınlatabilen ve kesebilen, vücut içine sokulan uzun tüpler) ipten daha ince olacaklar. Mekanik işin çoğunu, bu cümle sonundaki noktadan daha küçük olan mikromakineler yapacaklar. (Orijinal *Uzay Yolu*[63] dizisinin bir bölümünde, Doktor McCoy, yirminci yüzyıl doktorlarının deriyi kesmek zorunda olduklarını öğrenince dehşete düşmüştü.) Bunun gerçekleşeceği gün çok yakındır.

Tıp öğrencileri gelecekte insan vücudunun 3D sanal görüntülerini dilim dilim kesmeyi öğrenecekler; burada elin her bir hareketinin aynısı diğer odadaki bir robot tarafından gerçekleştirilecek.

Japonlar, insanlarla sosyal ilişkiler kurabilen robot üretiminde de uzmanlaştılar. Nagoya'da, standart bir fast-food yemeğini birkaç dakika içinde hazırlayabilen robot bir şef var. Siz yalnızca menüden istediğinizi işaretliyorsunuz ve robot şef yemeğinizi hemen önünüzde hazırlıyor. Endüstriyel bir robot şirketi Aisei tarafından ortaya konan bu robot, 1 dakika 40 saniyede makarna[64] hazırlayabilir ve yoğun bir günde 80 tabak servis edebilir. Robot şef Detroit'teki otomobil montaj hatlarındaki robotlara çok benzer. Kesin bir sırada hareket etmeye programlanmış iki büyük mekanik kol vardır. Vida sıkmak ve metalleri kaynaklamak yerine, bu robotik parmaklar, sos, et, un, çeşni gibi yemek bileşenlerini içeren bir seri kâse içinden tutup alırlar.

---

[61] *noninvasive surgery*
[62] *endoscope*
[63] *Star Trek*
[64] *noodle*

Robotik kollar bütün bunları karıştırır ve sandviç, salata ya da çorba halinde bir araya getirirler. Aisei'nin aşçısı, mutfak tezgâhından çıkan devasa iki kolu andıran bir robota benzer. Planlanan diğer modeller ise daha bir insan görünümü almaya başlamaktadır.

Yine Japonya'da, Toyota neredeyse bir profesyonel kadar iyi keman çalabilen bir robot yarattı. Bu robot, bir kemanı tutabilmesi, müzik ile salınabilmesi ve zor keman parçalarını büyük bir zerafetle çalabilmesi hariç, ASIMO'ya benziyor. Kemandan çıkardığı ses şaşırtıcı bir şekilde gerçeğe yakındır ve bir müzik üstadı gibi enfes jest ve mimikler yapabilir. Ortaya koyduğu müzik bir konser kemancısınınki ile şimdilik aynı seviyede değilse de, seyirciyi eğlendirmeye yetecek kadar iyidir. Kuşkusuz, geçen yüzyılda, büyük bir dönen disk üzerine kaydedilmiş ezgileri çalan mekanik piyano makinelerimiz vardı. Toyota'nın makinesi de bu piyano makineleri gibi programlanmıştır; ama fark, Toyota makinesinin bir insan kemanistin tüm konum, poz ve duruşlarını en gerçekçi şekilde taklit etmek için özellikle tasarlanmış olmasıdır.

Bunlardan başka, Japonya'daki Waseda Üniversitesi'ndeki[65] bilim insanları robotik bir flütçü yaptılar. Bu robotun göğsünde, akciğerler gibi, gerçek bir flüte hava üfleyen, içi boş hazneler vardır. Robot, "The Flight of the Bumblebee"[66] gibi oldukça zor melodileri çalabilir. Burada şunu vurgulamamız gerekir: Bu robotlar ortaya yeni bir müzik çıkartamazlar, ama var olan bir müziği icra etme yeteneği söz konusu olduğunda bir insana rahatlıkla rakip olabilirler.

Robot aşçı ve robot müzisyen dikkatlice programlanırlar. Otonom değildirler, kendi başlarına hareket etmezler. Bu robotlar, eski piyano çalıcıları ile karşılaştırıldıklarında oldukça ileri olmalarına karşın, hâlâ onlarla aynı ilkeler üzerinden çalışmaktadırlar. Gerçek robot hizmetçiler ve uşaklar hâlâ bize uzak bir gelecektedirler. Ancak, robot şefin ve robot kemancı ve flütçünün neslinden gelenler birgün kendilerini hayatımızın içinde

---

[65] *Waseda University*

[66] *Yaban Arısının Uçuşu* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

bulabilirler, bir zamanlar tamamen insana özgü olduğu düşünülen temel hizmetleri yerine getiriyor olabilirler.

Duygusal Robotlar

Yüzyılın ortasına geldiğimizde, duygusal robotlar çağı dallanıp budaklanmış olabilir.

Eskiden yazarlar, insan olmayı arzulayan ve duyguları olsun isteyen robotların fantezilerini kurmuşlardır. *Pinokyo*'da,[67] odundan yapılmış bir kukla gerçek bir oğlan çocuğu olmayı arzuluyordu. *Oz Büyücüsü*'nde,[68] Teneke Adam[69] bir kalbi olsun istiyordu. *Uzay Yolu: Yeni Nesil'de*,[70] Data the android,[71] fıkralar anlatarak ve insanları nelerin güldürdüğünü kestirmeye çalışarak, insani duyguları öğrenmek için çaba gösteriyordu. Doğrusunu söylemek gerekirse robotların giderek daha zeki olmalarına karşın, duyguların özünü bir türlü anlayamamaları bilimkurguda devamlı tekrarlanan bir temadır. Bazı bilimkurgu yazarlarının söyledikleri gibi, birgün robotlar bizden daha akıllı olabilirler, ama hiç ağlayamayacaklar.

Bu gerçekten doğru olmayabilir. Bilim insanları duyguların gerçek doğasını şimdi anlıyorlar. Duygular ilk olarak, bizim için neyin iyi neyin zararlı olduğunu bize anlatır. Dünyadaki nesnelerin çok büyük bir kısmı ya zararlıdır ya da çok yararlı değildir. "Beğenmek" gibi bir duyguyu deneyimlediğimizde, çevremizdeki nesnelerin çok küçük bir kısmını bize faydalı diye tespit etmeyi öğreniyoruz.

Aslında, duygularımızın her biri (nefret, kıskançlık, korku, aşk vb.), düşmanca bir dünyanın tehlikelerinden bizi korumak ve üretmemize yardımcı olmak için, milyonlarca yıl içinde evrimleşmiştir. Her bir duygu genlerimizin gelecek nesillere aktarılmasına yardım eder.

---

[67] *Pinocchio*

[68] *the Wizard of Oz*

[69] *the Tin Man*

[70] *Star Trek: the Next Generation*

[71] *Data the android*: *Uzay Yolu*'nda insana benzeyen bir robot; Brent Spiner tarafından canlandırılmıştır. (ç.n.)

Duyguların evrimimizdeki kritik rolü, beyin yaralanmalarının ya da hastalıklarının mağdurlarını analiz eden Southern California Üniversitesi'nden[72] nörolog Antonio Damasio için apaçık ortadadır. Bu hastaların bazılarında, beynin düşünen kısmı (beyin korteksi)[73] ile (amigdala[74] gibi beynin merkezinde konumlanmış) duygusal merkez arasındaki bağ kopmuştu. Bu insanlar, duygularını ifade etmekte çektikleri zorluk hariç, kusursuz bir şekilde normaldiler.

Bir sorun derhal ortaya çıktı: Bu hastalar seçim yapamıyorlardı. Alışveriş yapmak bir kâbustu; çünkü her şey onlar için aynı değerdeydi, pahalı ya da ucuz olmaları, cicili bicili ya da ileri teknoloji ürünü olmaları hiç fark etmiyordu. Biriyle çıkmak için randevulaşmak neredeyse olanaksızdı; çünkü onlar için gelecekte flört edilecek her kişi birbirinin aynıydı. "Biliyorlarmış ama hissetmiyorlarmış gibi görünüyorlar." diye konuştu Antonio Damasio.

Başka türlü ifade etmek gerekirse duyguların öncelikli amaçlarından biri, bize değerlendirme yeteneği vermesidir, böylece neyin önemli olduğuna, neyin pahalı olduğuna, neyin sevimli ve neyin çok değerli olduğuna karar verebiliriz. Duygularımız olmadan, her şey bizim için aynı değerdedir ve bizim için aynı ağırlıkta olan sonsuz sayıda karar seçeneği bizi felce uğratır. Böylece bilim insanları duyguların, lüks olmak şöyle dursun, zekâ için temel teşkil ettiklerini yeni yeni anlamaya başladılar.

Örneğin, *Uzay Yolu*'nu izlerken Spock[75] ve Data'nın görevlerini sözüm ona hiçbir duygu kırıntısı olmadan yerine getirdiklerini görünce, bu dizideki kusuru şimdi derhal fark edebiliyoruz. Spock ve Data her seferinde duygularını göstermişlerdi: Uzun uzun değer yargılarında bulunmuşlardı. Bir subayın önemli olduğu, onun belirli görevleri yerine getirmede hayati

---

[72] *the University of Southern California*

[73] *the cerebral cortex*

[74] *amygdala*: beynin derinliklerinde, nöronların oluşturduğu, badem şeklinde bir bölüm; duygusal hafıza ve tepkilerde birincil role sahiptir. (ç.n.)

[75] *Mr. Spock* ya da *Spock*: *Uzay Yolu*'nun baş karakterlerinden biridir ve bir vulcan-insan karışımıdır; Leonard Nimoy tarafından canlandırılmıştır. (ç.n.)

önem taşıdığı, Federasyon'un[76] idealinin çok asil olduğu, insan hayatının çok kıymetli olduğu gibi sonuçlara varmışlardı. Yani, duygudan yoksun bir subaya sahip olabileceğiniz düşüncesi yalnızca bir illüzyondur.

Duygusal robotlar bir ölüm-kalım meselesi de olabilirler. Gelecekte bilim insanları, yangınların, depremlerin, patlamaların içine gönderilecek kurtarma robotları yaratabilirler. Bunlar kimin ve neyin hangi sırayla kurtarılacağına ilişkin binlerce değer yargısında bulunmak zorunda kalacaklar. Etraflarındaki tahribatı inceleyerek, yapmak zorunda oldukları çeşitli işleri öncelik sıralarına göre kademelendirmek zorunda kalacaklar.

İnsan beyninin devrimi üzerine düşünürseniz, duygular yine birinci derecede önemli olacaktır. Beynin anatomik özelliklerine bir bütün olarak bakarsanız, bunların üç büyük kategoride gruplanabileceğinin farkına varırsınız. İlk olarak, kafatası tabanının yakınında bulunan, sürüngenlerin beyninin çok büyük bir kısmını oluşturan *sürüngensel beyniniz*[77] var. Denge, saldırganlık, bölgecilik,[78] yiyecek arama vb. gibi ilkel hayat fonksiyonları beynin bu kısmı tarafından kontrol edilir. (Bazen, size dik dik bakan bir yılanı izlerken, tüyler ürpertici bir duygu sizi sarar. Yılan ne düşünüyor diye merak edersiniz. Eğer bu teori doğruysa sizin öğle yemeği olup olmadığınız hariç, yılan hiç de öyle çok düşünmüyor!)

Daha gelişmiş organizmalara baktığımızda, beynin kafatasının önüne doğru büyüdüğünü görürüz. Bir sonraki seviyede maymun beynini, ya da beynimizin merkezinde konumlanmış limbik sistemi[79] buluruz; bu, duyguları işlemede rol olan amigdal gibi bileşenleri içerir. Bu grup içinde yer alan hayvanların, özellikle iyi gelişmiş limbik sistemleri vardır. Gruplar halinde avlanan sosyal hayvanlar, sürünün kurallarını anlamaya yönelik, son derece gelişmiş bir beyin gücüne ihtiyaç duyarlar. Vahşi hayattaki başarı, diğerleriyle yapılacak işbirliğine bağlı olduğundan ve bu hayvanlar konuşamadıklarından, vücut dilleri,

---

[76] *the Federation*
[77] *the reptilian brain*
[78] *territoriality*
[79] *the limbic system*

homurdanmaları, inlemeleri ve mimik ve jestleri aracılığıyla, bu hayvanlar duygu durumlarını konuşturmak, duygularını belli etmek zorundadırlar.

Son olarak, insanlığımızı tayin eden ve mantıklı düşünceyi idare eden, beynimizin ön ve dış katmanını oluşturan beyin korteksimiz[80] var. Diğer hayvanlarda içgüdüler ve genler ağır basarken, insanlar mantık yürütmek için beyin korteksini kullanırlar.

Eğer bu evrimsel ilerleme doğruysa bu, kendi kendini idare edebilen otonom robotları yaratmada, duygular hayati bir rol oynayacaklar anlamına gelir. Şimdiye kadar, yalnızca sürüngenimsi beyni taklit eden robotlar yaratıldı. Bunlar yürüyebilirler, çevrelerini araştırabilirler ve objeleri tutup kaldırabilirler, ama daha fazlasını yapamazlar. Öte yandan, sosyal hayvanlar yalnızca sürüngenimsi beyni olanlardan daha zekidirler. Hayvanın sosyalleşebilmesi için ve sürünün kurallarını öğrenebilmesi için duygulara ihtiyacı vardır. Yani bilim insanlarının limbik sistemi ve beyin korteksini modelleyebilmelerinden önce kat etmek zorunda oldukları uzun bir yol vardır.

Aslında MIT'den[81] Cynthia Breazeal, özellikle bu problemi ele almak için bir robot tasarladı. Bu robotun ismi KISMET'tir[82] ve yaramaz bir kız çocuğuna benzeyen bir yüzden ibarettir. Görünüşte, KISMET canlı gibidir ve duyguları temsil eden yüz ifadeleriyle size tepki/yanıt verir. Yüz ifadesini değiştirerek, birçok çeşit duyguyu aslı gibi yapabilir. Doğrusu, bu çocuksu robota tepki veren kadınlar çoğu zaman KISMET ile "bir anne edasında", yani bebekler ve çocuklar ile konuştukları dili kullanarak konuşurlar. Her ne kadar KISMET gibi robotlar duyguları taklit etmek için tasarlanmışlarsa da bilim insanları robotların aslında duyguları hissettikleri yanılgısına düşmezler. Bu bazı bakımlardan, ses çıkartmak için değil de ne yaptığının farkında olmadan yüz mimikleri yapmak için programlanmış bir teyp

---

[80] *the cerebral cortex*

[81] *the Massachusetts Institute of Technology*

[82] Cynthia Breazeal KISMET ismini (*belki de* beraber çalıştığı bir Türk araştırmacı sayesinde) Türkçe'den almıştır; Türkçe'deki "kader kısmet" ifadesindeki anlamında kullanmıştır. (ç.n.)

kaydediciye benzer. Ancak, KISMET'in en büyük başarısı, insanların tepki verdiği insanımsı duyguları taklit eden bir robotu ortaya koymak için öyle çok fazla bir programlamaya ihtiyaç duymamasıdır.

Bu duygusal robotlar evlerinin yolunu bulacaklar. Onlar bizim dert ortağımız, sekreterimiz ya da hizmetçimiz olmayacaklar, ama kurala dayanan, sezgisel[83] işlemleri yerine getirebilecekler. Yüzyılın ortasına geldiğimizde, bu robotlar bir köpeğin ya da kedinin zekâsına sahip olabilirler. Bir ev hayvanı gibi, sahipleriyle duygusal bir bağ kuracaklar ve bu yüzden kolayca gözden çıkarılamayacaklar. Onlarla günlük konuşma diliyle konuşamayacaksınız, ama onlar programlanmış emirleri, muhtemelen yüzlercesini, anlayacaklar. Onlara, hafızalarına daha önce kaydedilmemiş bir şeyi yapmalarını söylerseniz ("defol git ve beni rahat bırak" gibi), size meraklı ve aklı karışmış bir şekilde bakacaktır. (Eğer yüzyıl ortasına kadar robot köpek ve kediler hayvani tepkilerin tamamını, gerçek hayvan davranışlarından ayırt edilemeyecek bir şekilde kopyalayabilirlerse bu robot hayvanların hissedip hissedemediklerine ya da sıradan bir kedi ya da köpek gibi zeki olup olamayacaklarına ilişkin sorular ortaya atılacaktır.)

Sony, köpek AIBO'yu[84] imal ettiği zaman, bu duygusal robotları deneyden geçirdi. Bu, her ne kadar ilkel bir yolla olsa da, sahibine duygusal olarak tepki verebilen ilk oyuncaktı. Örneğin, AIBO köpeğin sırtını okşarsanız, derhal huzur verici sesler çıkararak mırıldanmaya başlar. Yürüyebilir, sesli emirlere tepki verebilir ve hatta belirli bir dereceye kadar öğrenebilir de. AIBO yeni duygular ve yeni duygusal tepkileri öğrenemez. (Finansal nedenlerle AIBO projesi 2005'te kesintiye uğradı, ama AIBO, o günden bu yana bilgisayarının yazılımını güncelleyen vefalı bir taraftar grubu yaratmıştı, bu sayede AIBO şimdi daha çok görevi yerine getirebiliyor.) Gelecekte, çocuklarla duygusal bağ kuracak robotik ev hayvanları yaygınlaşabilir.

---

[83] *heuristic*

[84] *AIBO, artificial intelligence robot*: yapay zekâ robotu. (ç.n.)

Bu robot ev hayvanları büyük bir duygusal kütüphaneye sahip olacaklar ve çocuklarla kalıcı ilişkiler kuracaklar, ama yine de gerçek duyguları hissetmeyecekler.

Beynin Tersine Mühendisliği

Yüzyıl ortasına geldiğimizde, yapay zekâ tarihinin en önemli kilometre taşını geçmiş olacağız: İnsan beyninin tersine mühendisliği.[85] Silikon ve çelikten yapılma bir robotu yaratamadıklarından hayal kırıklığına uğramış bilim insanları, şimdi tam zıt bir yaklaşımı deniyorlar: Beyni nöronlarına varana dek parçalarına ayırıyorlar –tam da bir tamircinin bir motoru vidasına varana kadar parçalaması gibi– ve sonra bu nöronların simülasyonunu devasa bir bilgisayar ile gerçekleştiriyorlar. Bu bilim insanları sistematik olarak hayvanlardaki nöronların çalışma mekanizmalarını simüle etmeye çalışıyorlar; fareler ve kedilerle başlamışlar ve hayvanların evrimsel ölçeğinde yukarıya doğru devam ediyorlar. Bu iyi tanımlanmış bir hedeftir ve yüzyıl ortasına kadar sonuç alınması mümkündür.

"Beynin nasıl çalıştığının keşfi –*tam olarak* nasıl çalıştığının, bir motorun nasıl çalıştığını bildiğimiz gibi– kütüphanedeki neredeyse tüm metinlerin yeniden yazılması anlamına gelir." diye yazar MIT'den Fred Hapgood.

Tersine beyin mühendisliğinde ilk adım onun temel yapısını anlamaktır. Bu basit görev bile uzun ve meşakkatli bir süreçtir. Tarih boyunca, beynin çeşitli parçaları otopsiler sırasında tespit edilmişlerdi, ama fonksiyonlarına ilişkin bir ipucu elde edilmesi çok zordu. Bilim insanları beyin hasarlarını analiz ettiklerinde ve beynin belirli parçalarındaki hasarların davranış değişiklikleri olarak karşılık bulduğunu fark ettiklerinde, bu yavaş yavaş değişmeye başladı. Felç kurbanları ve beyin yaralanmalarından ya da hastalıklarından muzdarip insanlar, belirli davranış değişiklikleri sergiliyorlardı ve bunlar beynin belirli bölgelerindeki hasarlarla eşleştirilebiliyordu.

Bunun en çarpıcı örneği, 1848'de Vermont'ta, 110 santimetre uzunluğundaki metal bir çubuğun, doğrudan Phineas Gage

---

[85] *reverse engineering*

adındaki bir demiryolu ustasının kafatasına girmesiyle yaşandı. Bu tarih-yazan kaza, bir dinamitin kazara patlaması sonucu meydana geldi. Metal çubuk, yanaktan girmiş, çeneyi parçalamış, beynin içine girmiş ve kafasının üstünden dışarı çıkmıştı. Gage, ön beyin loblarından biri ya da her ikisi de tahrip olmasına karşın, bir mucize eseri, bu korkunç kazadan sağ kurtulmuştu. Onu tedavi eden doktor en başta, onun böylesine bir kazadan kurtulabilmesine ve hâlâ hayatta kalmasına inanamamıştı. Birkaç hafta boyunca yarı-bilinçli bir durumda kalmış, ama daha sonra mucizevi bir şekilde iyileşmişti. Hatta on iki yıl daha hayatta kalmış, garip işlerde çalışmış, seyahat etmiş ve 1860'ta hayatını kaybetmişti. Doktorlar dikkatli bir şekilde onun kafatasını ve o demir çubuğu korumuş ve saklamışlardı ve o zamandan beri de kafatası ve çubuk üstüne çok yoğun bir şekilde çalışılmıştır. CT taraması[86] gibi modern tekniklerle, bu olağanüstü kazanın detayları yeniden inşa edilmiştir.

Bu olay zihin-vücut problemine ilişkin ağır basan görüşleri sonsuza dek değiştirdi. Eskiden ruh ve bedenin iki ayrı varlık olduğuna inanılırdı; bilimsel çevreler bile bu görüşteydi. İnsanlar bu anlayışla, bedene beyinden bağımsız olarak hayat veren "hayat kuvveti[87]"nden bahseden yazılar yazarlardı. Ancak, ağızdan ağıza her tarafa yayılan söylenceler, kazadan sonra Gage'in kişiliğinin belirgin değişikliklere uğradığına işaret ediyordu. Bazı rivayetler, etrafında sevilen, içi dışı bir olan Gage'in kazadan sonra ağzı bozuk ve saldırgan biri haline geldiğini iddia ediyordu. Bu anlatımların sonucu olarak, beynin belirli parçalarının farklı davranışları kontrol ettiği ve bu yüzden de beden ve ruhun ayrılamaz olduğu fikri güçlenmişti.

1930'larda diğer önemli bir atılım, Wilder Penfield gibi nörologlar tarafından gerçekleştirilmişti. Onlar, sara hastalığı[88] mağdurlarının beyin ameliyatlarını yaparlarken, ellerindeki elektrodlarla beynin bazı bölgelerine dokunduklarında, hastanın bedeninin belirli yerlerinin uyarılarak harekete geçtiğini fark etmişlerdi. Beyin zararının orasına ya da burasına doku-

---

[86] *CT scan, computed tomography scan*: bilgisayarlı tomografi taraması. (ç.n.)
[87] *life force*
[88] *epilepsy*

nulması bir elin ya da bacağın hareket etmesine neden oluyordu. Penfield bu yolla, beyin korteksinin hangi bölgesinin bedenin hangi bölgesini kontrol ettiğini özetleyen basit bir krokiyi ortaya çıkarabilmişti. Sonuç olarak insan beyni yeniden çizilebiliyor, beynin hangi parçasının vücudun hangi organlarını kontrol ettiği listeleniyordu. Sonuç *homunculus* denilen bir cüce çizimiydi; bu, garip bir küçük adama benzeyen, kocaman parmak uçları, dudakları ve dili olan, ama minnacık bir vücudu olan, oldukça garip bir insan vücudunun beynin dış yüzeyi üzerinde resmedildiği bir çizimdi.

Daha yakın zamanlarda MRI[89] taramaları, düşünen beynin resimlerini ortaya koydu; ama bunlar, muhtemelen ancak birkaç bin nöron içeren düşüncenin özel sinirsel yollarını takip edebilmekten acizdi. Ancak, yakın dönemde, optiği ve genetiği birleştiren, optogenetik[90] adı verilen ve hayvanlardaki sinirsel yolların gizlerini açığa çıkarmayı amaçlayan, yeni bir çalışma alanı ortaya çıktı. Bir kıyas yapılırsa bu, bir yol haritası hazırlamaya çalışmakla karşılaştırılabilir. MRI taramalarının sonuçlarıyla yapılan iş, şehirlerarası otoyolların ve onlar üzerinde akan kalabalık trafiğin belirlenmesi işine daha yakındır. Ancak, optogenetik, irili ufaklı her yolu ve patikayı bilfiil ortaya koyabilir. Prensipte, bilim insanlarının bu özel yolları uyararak, hayvan davranışlarını kontrol etmeleri olasılığına izin verir.

Bu da birkaç sansasyonel medya hikayesinin ortaya çıkmasına neden oldu. Drudge Report,[91] "Bilim İnsanları Uzaktan Kontrollü Sinekler Yarattı" diye çığlık atan korkunç bir manşet attı. Medya hemen, insanların zihninde, Pentagon'un[92] kirli işlerini yapan uzaktan kontrollü sinekler görüntüsü uyandıran

---

[89] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

[90] *optogenetics*

[91] *The Drudge Report*: Matt Drudge adlı bir İnternet gazetecisi tarafından işletilen/çalıştırılan, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ve dünya genelindeki büyük gazetelere ve buradaki birçok ünlü köşe yazarlarına link veren, politika, eğlence ve günlük olaylar hakkında yazılara yer veren, muhafazakar görüşleriyle öne çıkan bir İnternet haber sitesi. *Drudge* sözcüğü Türkçe'de *köle* anlamına gelir. (ç.n.)

[92] *The Pentagon*: Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı ve Genelkurmay Başkanlığı. (ç.n.)

haberler yapmaya başladı. Tonight Show'da[93] Jay Leno bile, Başkan George W. Bush'un ağzının içine uçurulabilen uzaktan kontrollü bir sinekten bahsetti. Her ne kadar komedyenler, Pentagon'un zulalardaki böcekleri bir düğmeye basarak harekete geçirmeleri gibi acayip senaryoları hayal ederek çok eğlenseler de, gerçek çok daha mütevazıdır, çok daha yalındır.

Meyve sineği, beyninde kabaca 150.000 nöron taşır. Optogenetik, bilim insanlarının meyve sineklerinin beyinlerinde belirli bir takım davranışlara karşılık gelen nöronları belirleyebilmelerine olanak tanır. Örnek olarak, belirli iki nöronun harekete geçirilmesi, sineğe uçup kaçması sinyalini verir. Sinek bu durumda otomatik olarak bacaklarını yayar, kanatlarını açar ve uçuşa geçer. Bilim insanları, bir lazer ışını her açıldığında kaçma nöronları harekete geçen bir meyve sineği soyunu genetik olarak üretmeyi başardılar. Bir lazer ışınını bu meyve sineklerinin üzerine çevirirseniz, her defasında kanatlanıp uçacaklardır.

Beynin yapısını belirlemenin sonuçları önemlidir. Belirli davranışların sinirsel yollarını tek tek ve yavaş yavaş, belirlemekle kalmaz, bu bilgileri felç kurbanlarına ve beyin hastalıkları ve kazalarından muzdarip hastalara yardım etmek için de kullanabiliriz.

Oxford Üniversitesi'nden[94] Gero Miesenböck ve meslektaşları hayvanların sinirsel mekanizmalarını bu yolla tespit edebildiler. Yalnızca meyve sineklerindeki kaçma refleksi sinir yolu üstüne değil, koku almada rol alan refleks sinir yolları üstüne de çalışabildiler. Yuvarlak solucanlarda yiyecek aramayı kontrol eden sinir yolları üstüne de çalışmış durumdalar. Farelerde karar vermede rol alan nöronları da çalışmış durumdalar. İki gibi az sayıda nöron meyve sineklerinde davranışları tetiklemede rol alırken, farelerin karar vermesinde neredeyse 300 nöron aktif hâlâ gelir.

Miesenböck ve meslektaşlarının kullanmakta oldukları temel araçlar, ışığa tepki veren bazı boyar maddelerin ve mole-

---

[93] *The Tonight Show*: Amerika Birleşik Devletleri'nde 1954'ten beri NBC kanalında yayınlanan bir gece yarısı sohbet programı. (ç.n.)

[94] *Oxford University*

küllerin üretimini kontrol edebilen genlerdir. Örneğin, denizanasından elde edilen, yeşil floresan protein yapabilen bir gen vardır. Ayrıca, üzerlerine ışık düşürüldüğünde, iyonların hücre zarlarından geçişine izin vererek tepki veren, rodopsin[95] gibi çeşitli moleküller vardır. Böylelikle, bu canlı varlıklara ışık tutulması belirli kimyasal tepkimeleri tetikleyebilir. Bu boyar maddeler ve ışığa duyarlı kimyasallarla donanmış bilim insanları ilk kez, belirli davranışları yöneten sinirsel devreleri tek tek belirleyebilmiş durumdalar.

Sonuçta her ne kadar komedyenler, bir düğmeye basılarak kontrol edilen Frankenştayn gibi meyve sinekleri yaratmaya çalışan bu bilim insanlarıyla alay etmeyi sevseler de, gözden kaçırdıkları gerçek, bilim insanlarının, tarihte ilk defa, beynin belirli davranışlarını kontrol eden sinir yollarının izini sürmekte olduklarıdır.

Beyni Modellemek

Optogenetik mütevazı bir ilk adımdı. Bir sonraki adım ise en son teknolojiyi kullanarak beynin bütününü gerçeğe uygun olarak modellemektir. Bu devasa problemi çözmek için, onlarca yıllık sıkı bir çalışma gerektirecek en az iki yol vardır. Bunlardan birincisi, her biri binlerce başka nörona bağlı olan milyarlarca nöronun davranışını, süper bilgisayarlar kullanarak simüle etmektir. İkinci yol ise her bir nöronun beyindeki yerini tek tek saptamaktır.

İlk yaklaşımın, yani beyni simüle etmenin, püf noktası basittir: Yalnızca bilgisayar gücü. Bilgisayar ne kadar büyükse o kadar iyi. Kaba kuvvet[96] ve çok da zarif olmayan teoriler, bu çetin ceviz problemin kabuğunu kırmakta anahtar olabilirler. Bu muazzam işin altından kalkabilecek bilgisayarın adı *Blue Gene*'dir,[97] ve bu IBM tarafından üretilen dünyanın en güçlü bilgisayalarlarından birisidir.

---

[95] *rhodopsin*
[96] *brute force*
[97] Mavi Gen. (ç.n.)

Pentagon için hidrojen savaş başlıklarının tasarlandığı California'daki Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda[98] dolaşırken, bu canavar bilgisayarı ziyaret etme şansım oldu. Burası, yıllık bütçesi 1,2 milyar dolar olan, 6800 kişinin çalıştığı, bir çiftlik arazisinin ortasına yayılmış 3,2 kilometre karelik bir binalar zincirinden oluşan, Amerika'nın en önde gelen çok-gizli silahlar laboratuvarıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nin nükleer silah kurumlarının kalbi burada atar. Bu bilgisayarı görmek için birçok güvenlik katmanından geçmek zorunda kaldım; çünkü burası dünya üzerindeki en hassas silah laboratuvarlarından biridir.

Bir seri kontrol noktasından geçtikten sonra, en sonunda IBM'in saniyede 500 trilyon gibi göz kamaştırıcı bir hızda işlem yapabilen Blue Gene bilgisayarını barındıran binanın girişine ulaştım. Blue Gene olağanüstüdür, görülmeye değerdir. Blue Gene, her biri 2,4 m yüksekliğinde ve 4,6 m uzunluğunda olan simsiyah çelik kabinlerin sıra sıra dizilmesiyle oluşturulmuş, toplamda 1000 m^2'lik bir yeri işgal eden, koskocaman bir bilgisayardır.

Bu kabinlerin arasında dolaşmak gerçek bir deneyim oldu benim için. Bilgisayarların birçok yanıp sönen ışığa, dönen disklere sahip olduğu, havada cızırdayan elektrik arklarının uçuştuğu Hollywood bilimkurgu filmlerinin aksine, bu kabinler tamamiyle sessizdirler, yalnızca birkaç tane yanıp sönen minik ışık vardır. O an farkına varıyorsunuz ki, bilgisayar trilyonlarca karışık işlem yapıyor ama siz ne bir şey duyuyorsunuz ne de bir şey görüyorsunuz.

Benim ilgilendiğim ise o anda Blue Gene'in, aşağı yukarı 2 milyon nöron içeren bir fare beyninin düşünme sürecini simüle etmekte olduğu gerçeğiydi. (Bu sayıyı insan beynindeki 100 milyar nöron ile karşılaştırın.) Bir farenin düşünme sürecini simüle etmek düşündüğünüzden çok daha zordur; çünkü her bir nöron birçok başka nörona bağlanmıştır ve böylece çok yoğun bir nöron ağı meydana gelmiştir. Ancak, Blue Gene'i meydana getiren raflarca konsol arasında dolaşırken, bu parmak ısırtan

[98] *the Lawrence Livermore National Laboratory*

bilgisayar gücünün yalnızca bir farenin beynini, o da yalnızca birkaç saniyeliğine, simüle edebildiğini düşünüp şaşkına dönmekten kendimi alamadım. (Bu, Blue Gene'in bir farenin davranışını simüle edebileceği anlamına gelmez. Halihazırda bilim insanları bir hamam böceğinin davranışını ancak simüle edebiliyorlar. Aksine, bu, Blue Gene'in bir farede bulunan nöronların çalışmasını simüle edebildiği anlamına gelir, onun davranışını değil.)

Aslında, bir farenin beynini simüle etmeye odaklanmış birkaç tane grup vardır. İddialı bir girişim, İsviçre'deki Lozan Federal Teknik Üniversitesi'nden[99] Henry Markram'ın Mavi Beyin Projesi'dir.[100] Markram işe, Blue Gene'in 16.000 işlemcili küçük bir versiyonunu temin edebildiği 2005 yılında başladı. Ancak, bir yıl içinde bir sıçanın, 10.000 nöron ve 100 milyon bağlantı içeren, neokorteksinin[101] bir parçası olan neokortikal sütununu[102] modellemekte başarılı oldu. Bu, beynin önemli bir parçasının yapısının tüm yönleriyle analizinin biyolojik olarak mümkün olduğu anlamına geliyordu ve bu yüzden de çığır açan bir çalışmaydı. (Fare beyninde defalarca tekrarlanan bu sütunlardan milyonlarca vardır. Dolayısıyla, bu sütunlardan birini modelleyerek, fare beyninin nasıl çalıştığını anlamaya başlayabiliriz.)

"Bir insan beynini inşa etmek olanaksız değildir ve bunu on yıl içinde yapabiliriz. Doğru olarak inşa edersek, bu beyin konuşacak ve bir zekâya sahip olacak ve de bir insan gibi davranacak." diye iyimser bir şekilde konuşmuştu Markram 2009'da. Ancak diğer taraftan da uyarmıştı: Bunu başarmak için şimdiki süperbilgisayarlardan 20.000 kez daha güçlü, halihazırda kullanmakta olduğumuz internetin tüm büyüklüğünün 500 katı bir hafıza kapasitesine sahip olan bir süperbilgisayara ihtiyaç vardır.

Bu durumda, bu devasa hedefin önündeki engel nedir? Markram için bunun cevabı basit: Para.

---

[99] *L'École Polytechnique Fédérale de Lausanne*

[100] *the Blue Brain Project*

[101] *neocortex*: beynin işitme ve görmeye ait kısmı. (ç.n.)

[102] *neocortical column*

İşin ardındaki temel bilim bilindiği için, Markram yalnızca para dökerek bu problemde başarıya ulaşılabileceğini düşünüyor. "Bu bir zaman sorunu değil, dolar sorunudur. ... Bu toplumun bunu isteyip istememesi sorunudur. Toplum bunu on yıl içinde isterse on yıl içinde buna sahip olacaktır. Eğer toplum bunu bin yıl içinde isterse bekleyebiliriz." diye konuşmuştu Markram.

Ama rakip bir grup da, tarihteki en büyük bilgisayar gücünü bir araya getirmiş, bu problemi çözmek için uğraşıyor. Bu grup, Blue Gene'nin en ileri versiyonu olan *Dawn*'ı[103] kullanıyor. Yine Livermore'da konuşlandırılmış olan Dawn, 147.456 işlemcisi ve 150.000 gigabayt hafızasıyla müthiştir, görülmeye değerdir. Masanızın üzerindeki bilgisayardan kabaca 100.000 kez daha güçlüdür. Dharmendra Modha tarafından idare edilen bu grup birkaç önemli başarıya imza attı. 2006'da bir farenin beyninin %40'ını simüle edebildiler. 2007'de ise bir sıçanın beyninin %100'ünü simüle etmeyi başardılar. (Bir sıçanın beyninde 55 milyon nöron vardır, fare beyninde bulunandan çok daha fazla.)

2009'da, aynı grup bir diğer dünya rekorunu kırdı. İnsan beyin korteksinin[104] %1'ini simüle etmeyi başardılar; bu kabaca, 1,6 milyar nöron ve 9 trilyon bağlantı içeren bir kedinin beyin korteksine karşılık gelir. Ancak, simülasyon yavaştı; insan beyni hızının 600'de 1'i kadardı. (Simülasyon yalnızca 1 milyar nöron içerseydi, hız çok daha fazla olur, insan beyni hızının 83'te 1'ine ulaşırdı.)

Bu muazzam ölçekteki başarı hakkında yorum yaparken, "Bu zihnin bir Hubble Teleskopu'dur, bu beynin bir lineer hızlandırıcısıdır."[105] diye gururla konuşmuştu Modha. İnsan beyni 100 milyar nörona sahip olduğundan, bu bilim insanları şimdi tünelin sonundaki ışığı görebiliyorlar. İnsan beyninin tam bir simülasyonunun görüş alanı içinde olduğunu hissediyorlar. "Bu yalnızca mümkün değil, kaçınılmaz. Bu mutlaka gerçekleşecek." diye konuşuyor Modha.

---

[103] *dawn* sözcüğü İngilizce'de *şafak* anlamına gelir. (ç.n.)
[104] *the cerebral cortex*
[105] *linear accelerator*

Ama yine de, insan beyninin tümünü modelleme işinde, güç ve ısı başta olmak üzere, ciddi problemler vardır. Dawn bilgisayarı 1 milyon watt'lık bir gücü silip süpürür ve o kadar çok ısı üretir ki soğutma için, dakikada 76.500 m^3'lük soğutulmuş havayı çevreye salan, 6675 tonluk bir klima ekipmanına ihtiyaç duyar. Bir insan beynini modellemek için, bu sayıları 1000 ile çarpmanız gerekir.

Bu gerçekten devasa bir iştir. Bu düşünsel süperbilgisayarın güç tüketimi 1 milyar watt olurdu, bu ise bir nükleer güç reaktöründen elde edilebilecek gücün tamamına denktir. Bu süperbilgisayarın tüketeceği enerjiyle, bir şehrin tamamını aydınlatabilirdiniz. Soğutmak içinse bir nehrin tümünün akış yönünü çevirip, suyunu bilgisayar içindeki kanallardan geçirmeniz gerekirdi. Bilgisayarın kendisi de birçok şehir bloğunu işgal ederdi.

Şaşırtıcı bir şekilde, insan beyni, buna karşın, yalnızca 20 watt güç kullanır. İnsan beyninin ürettiği ısı ise neredeyse hiç fark edilmez, ama yine de insan beyni, en büyük süperbilgisayarımızı rahatça geride bırakır. Ayrıca, insan beyni, Doğa Ana'nın galaksinin bu kısmında ürettiği en karmaşık nesnedir. Güneş Sistemimizde başka zeki hayat-formlarının delillerini görmediğimiz için, bu, kafatasınız içindeki beyniniz kadar karmaşık bir nesne bulabilmek için, en yakın yıldıza olan 24 trilyon metrelik bir mesafeyi katetmeniz gerektiği anlamına gelir.

On yıl içinde beynin ters mühendisliğini gerçekleştirebiliriz, ama ancak Manhattan Projesi[106] gibi çok büyük bir hızlandırılmış programımız olması ve bunun içine de milyarlarca dolar akıtılması koşuluyla. Gelgelelim, halihazırdaki mevcut ekonomik iklim nedeniyle bunun yakın zamanda gerçekleşmesi olası değildir. Neredeyse 3 milyar dolara mal olmuş İnsan Genom Projesi[107][108] gibi hızlandırılmış programlar, sağlık ve bilim alanlarındaki bariz yararları nedeniyle, Amerika Birleşik Devletleri

---

[106] *the Manhattan Project:* İkinci Dünya Savaşı'nda Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Kanada'nın nükleer silah üretmek amacıyla başlattıkları proje. (ç.n.)

[107] *the Human Genome Project*

[108] *genome*: bir canlının kalıtım materyalinde (DNA/RNA) bulunan genetik şifrelerin tamamı. (ç.n.)

hükümeti tarafından desteklenmişlerdi. Ancak, beynin tersine mühendisliğinin yararları çok da acil değildir ve bundan dolayı çok daha uzun bir zaman alacaktır. Gerçekçi davranacak, bu hedefe ufak adımlarla yaklaşacağız ve bu tarihsel başarıyı tam anlamıyla gerçekleştirmek onyıllarımızı alabilir.

Sonuçta, beyni simüle eden bilgisayar bizi yüzyıl ortasına kadar götürebilir. Bundan sonra bile, bu devasa projeden akacak dağlar kadar veriyi ayıklamak ve insan beyniyle eşleştirmek daha birçok on yıla mal olacaktır. Elimizde gürültü[109] problemini anlamlı olarak çözüme kavuşturacak olanaklar olmadığından, bu veri denizi içinde boğuluyor olacağız.

Beyni Parçalarına Ayırmak

Beyindeki her bir nöronun kesin konumunu tespit etmeyi amaçlayan ikinci yaklaşıma ne dersiniz?

Bu yaklaşım da çok zor ve devasa bir iştir ve onlarca yıl sürecek sıkıntılı birçok araştırmaya mal olabilir. Bu bilim insanları, Blue Gene gibi süperbilgisayarlar kullanmak yerine, bir dilimle-ve-doğra yaklaşımı izliyorlar. Bir meyve sineğinin beynini 50 nanometreden[110] geniş olmayan (aşağı yukarı 150 atom büyüklüğünde), akıl almaz incelikte dilimlere ayırarak işe başlıyorlar. Bu milyonlarca dilim ortaya çıkarıyor. Sonra bir taramalı elektron mikroskobu[111] her bir dilimin fotoğrafını saniyede bir milyar piksele yaklaşan bir hızda ve çözünürlükte çeker. Elektron mikroskobundan fışkıran veri miktarı şaşırtıcıdır: Tek bir meyve sineğinin beyni için, bir depoyu doldurmaya yetecek miktarda, hemen hemen 1000 trilyon baytlık[112] bir veri. Meyve sineği beynindeki her bir nöronun 3D bağlantısını yeniden kurarak, ki bu çok meşakkatli ve usandırıcı bir iştir, bu kadar veriyi işlemek beş yıl kadar süre alır. Meyve sineği beyninin daha kesin bir resmini elde edebilmek için, daha birçok meyve sineği beynini dilimlemek zorundasınız.

---

[109] *noise*: anlamsız veri. (ç.n.)
[110] metrenin milyarda biri. (ç.n.)
[111] *the scanning electron microscope*
[112] 8 bit = 1 bayt. (ç.n.)

Bu alandaki liderlerden biri, Howard Hughes Tıp Enstitüsü'nden[113] Gerry Rubin, tüm bir meyve sineği beyninin detaylı bir haritasının topu topu yirmi yıl alacağını düşünüyor. "Bunu çözdükten sonra, insan beynini anlama yolunun beşte birini almış olacağımızı söyleyebilirim." diye de ekliyor. Rubin yüz yüze olduğu işin muazzam büyüklüğünün farkında. İnsan beyni, bir meyve sineği beyninin 1 milyon katı kadar daha fazla nörona sahiptir. Bir sinek beyninin her bir nöronunu tespit etmek yirmi yıl alırsa insan beyninin sinirsel mimarisini tam olarak tespit etmenin, bunun çok üzerinde, onlarca yıl alacağı kesindir. Bu projenin maliyeti de çok büyük olacaktır.

Bu nedenlerden dolayı, beynin ters mühendisliği alanında çalışanların ümitleri suya düşmüş durumda. Hedeflerinin, her ne kadar ümit kırıcı da olsa yakın olduğunu görüyorlar, ama fon eksikliği çalışmalarına ket vuruyor. Yine de, yüzyılın ortasına varmadan önce, insan beynini simüle edecek bilgisayar gücüne ve beynin sinirsel mimarisini veren ham ve basit haritalara sahip olacağımızı farz etmek makul görünüyor. Ancak, insan düşüncesini tam olarak anlamak için, ya da insan beyninin fonksiyonlarını aynen yapabilen bir makineyi yaratabilmek için, bu yüzyılın sonuna kadar beklemek zorunda kalabiliriz.

Örneğin, bir karınca içindeki her bir genin tam konumu size verilmiş bile olsa bu sizin bir karınca yuvasının nasıl yaratıldığını bildiğiniz anlamına gelmez. Benzer bir şekilde, bilim insanlarının bugün insan kalıtım yapısını meydana getiren kabaca 25.000 geni biliyor olmaları, onların insan vücudunun nasıl çalıştığını bildikleri anlamına gelmez. İnsan Genom Projesi, tanımlar içermeyen bir sözlüğe benzer. İnsan vücudunun her bir geni bu sözlükte ayrıntılarıyla beraber yer alır, ama her birinin ne yaptığı hâlâ büyük ölçüde bir muammadır. Her bir gen belirli bir proteinin şifresini taşır, ama bu proteinlerin çoğunun vücutta nasıl çalıştıkları bilinmemektedir.

Bilim insanları 1986'da, minnacık bir kurt olan *C. elegans*'ın[114] sinir sistemindeki tüm nöronların yerlerinin haritasını

---

[113] *the Howard Hughes Medical Institute*

[114] *Caenorhabditis elegans*: yetişkinleri 1 mm uzunluğunda ve 60-70 µm kalınlığında olan ipliksi bir solucan; saydam olması nedeniyle genetik çalışmalarda çok tercih edilir. (ç.n.)

tam olarak çıkartabilmişlerdi. Bu, beynin gizemlerini çözmemize olanak verecek daha büyük bir atılımın habercisiydi. Ancak, onyıllarca yıl sonra bile, onun 302 sinir hücresinin ve 6000 kimyasal sinir kavşağının kesin konumlarının bilinmesi, bu kurtçuğun nasıl işlediğini anlamamıza hiçbir yeni katkı sağlamamıştır.

Aynı şekilde, insan beyninin ters mühendisliğinin nihai olarak başarılmasından sonra bile, tüm parçaların uyum içinde nasıl çalıştığını anlamamız onyıllar alacaktır. Eğer bu yüzyılın sonuna kadar insan beyninin ters mühendisliği nihayete ulaşır ve şifreleri tamamen çözülmüş olursa insan benzeri robotları yaratmada dev bir adımı atmış olacağız. O zaman bu robotların yönetimi ele geçirmelerini ne engelleyecek?

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Makineler Bilinçlendiklerinde

Terminatör[115] adlı film serisinde, Pentagon[116] gururla Skynet'i tanıtır. Bu, Amerika Birleşik Devletleri'nin nükleer silahlarını güvenilir bir şekilde kontrol etmesi için tasarlanmış, devamlı büyüyen ve genişleyen bir bilgisayar ağıdır. Görevlerini kusursuz bir biçimde yerine getirir, ta ki 1995'te birgün beklenmedik bir şey oluncaya kadar. Skynet bilinçlenir. Kendi yarattıklarının birdenbire hissedebilen bir varlığa dönüştüğünü fark edip şoka giren Skynet'in insan idarecileri, telaşla onu kapatmaya çalışırlar. Ne yazık ki çok geç kalmışlardır. Skynet kendisini korumanın tek yolunun, nükleer bir savaş başlatarak insanlığı yok etmek olduğu kararını verir. Kısa süre içinde üç milyar insan sayısız nükleer cehennem içinde yanıp kül olur. Ardından, geride kalan başıboş insanları boğazlamaları için alaylar halinde ölüm makinesi robotları salar. Modern uygarlık un ufak olur, uyumsuz tipler ve isyancılardan oluşan küçük ve zavallı çetelere indirgenir.

---

[115] *The Terminator*: Dilimize *Yok Edici* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[116] *The Pentagon*: Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı ve Genelkurmay Başkanlığı. (ç.n.)

Daha kötüsü *Matriks Üçlemesi*'nde[117] görülür; insanlar o kadar ilkeldirler ki makinelerin yönetimi ele almış olduklarını dahi fark edemezler. İnsanlar, her şeyin normal olduğunu zannedip günlük işlerini yaparlar, aslında kapsüller içinde yaşadıklarından habersizdirler. Dünyaları, robot efendilerince çalıştırılan bir sanal gerçeklik[118] simülasyonudur. İnsanın "varlığı", kapsüller içinde yaşayan insanların beyinlerinden beslenen kocaman bir bilgisayar içinde çalışan bir yazılım programından ibarettir. Makinelerin çevrelerindeki insanlara katlanmalarının tek nedeni onları pil olarak kullanmalarıdır.

Elbette, Hollywood geçimini seyircilerinin ödünü koparta-rak sağlıyor. Öte yandan meşru bir bilimsel soruyu da gündeme getiriyor: Robotlor en sonunda bizim kadar akıllı olduklarında ne olur? Robotlar uyandığında ve bilinçlendiklerinde ne olur? Bilim insanları hararetle şu soruyu tartışıyorlar: Her şeyi boşverin, bu çok mühim olayın kendisi ne zaman gerçekleşecek?

Bazı uzmanlara göre, bizim robot yaratıklarımız gitgide evrim ağacında yükseklere çıkacaklar. Bugün hamam böcekleri kadar zekiler. Gelecekte ise fareler, tavşanlar, köpekler, kediler ve maymunlar kadar zeki olacaklar ve sonra da insana rakip olacaklar. Bu yolu yavaşça tırmanmak onyıllar alabilir, ama bu uzmanlar makinelerin zekâ konusunda bizi geçmelerinin yalnızca bir zaman sorunu olduğuna inanıyorlar.

Yapay zekâ araştırmacıları bunun ne zaman gerçekleşeceği konusunda ayrışıyorlar. Bazıları yirmi yıl içinde robotların insan beyninin zekâsına ulaşacaklarını ve bize geride toz yutturacaklarını söylüyorlar. Vernor Vinge 1993'te, "Otuz yıl içinde, süperinsan zekâsı yaratacak teknolojik olanaklara sahip olacağız. Hemen sonra, insan çağı sona erecek. ... Bu olayın 2005'ten önce ya da 2030'dan sonra gerçekleşmesi beni şaşırtır." diye konuşmuştu.

Diğer tarafta ise *Gödel, Escher, Bach*'ın yazarı Douglas Hofstadter, "uzaktan da olsa buna benzer bir şey gelecek 100 ya da 200 yıl içinde meydana gelirse şaşırırım." diye konuşmuştu.

---

[117] *the Matrix Trilogy*
[118] *virtual reality*

Yapay zekânın tarihindeki kurucu kişilerden biri olan MIT'den[119] Marvin Minsky ile konuştuğumda, o temkinli davranmış, bu olayın ne zaman gerçekleşeceğine ilişkin bir zaman tablosu vermemişti. O günün geleceğine inanıyor, ama bir kâhin olup bunun tam tarihini tahmin etmekten kaçınıyor. (En baştan beri yaratılmasına katkıda bulunduğu yapay zekâ konusunda çok eski olan Minsky, muhtemelen, başarısız olan ve ters tepki alan çok fazla tahmin görmüştü.)

Bu senaryolarla ilgili sorunun büyük bir kısmı, *bilinç*[120] sözcüğünün anlamı konusunda evrensel bir fikir birliğinin olmamasıdır. Yüzyıllar boyunca filozoflar ve matematikçiler bu sözcükle boğuşmuşlardır ve ellerinde bu sözcüğü anlamı ile ilgili hiçbir şey yoktur. Yüksek matematiğin yaratıcısı, bir on yedinci yüzyıl düşünürü Gottfried Leibniz, "Beyni bir değirmen büyüklüğüne gelene dek şişirebilseniz ve içine girebilseniz, yine de *bilinç* bulamazsınız." diye yazmıştı. Filozof David Chalmers bu konu üzerine yazılmış 20.000 makale kataloglamıştı ve bunların aralarında hiç fikir birliği yoktu.

Bilimin hiçbir yerinde bu kadar çok insanın bu kadar çok emek sarfedip de bu kadar az sonuç elde edebildiği başka bir alan yoktur.

Bilinç, ne yazık ki, farklı insanlar için farklı anlamlar taşıyan klişe bir sözcüktür. Bu sözcüğün evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımının olmaması üzücüdür.

Ben kişisel olarak, problemlerden birinin *bilinç* sözcüğünün açık ve net bir şekilde tanımlanamaması ve miktarının ölçülememesi olduğunu düşünüyorum.

Ama bir tahmin cüretinde bulunsaydım, *bilinç*'in en az üç temel bileşeni içerdiği kuramını ortaya atardım. Bunlar:

1. çevreyi hissetme ve tanıma
2. kendinin farkında olma[121]
3. hedefler ve planlar ortaya koyarak geleceği planlama, yani, geleceği simüle etme ve strateji ortaya koyma

---

[119] *the Massachusetts Institute of Technology*
[120] *consciousness*
[121] *self-awareness*

Bu yaklaşımda, basit makineler ve böcekler bile, sayısal olarak 1'den 10'a giden bir ölçekte yer alabilecek bilinç formlarına sahiptirler. Bilincin bir sürekliliği vardır ve miktarı ölçülebilir. Bir çekiç içinde bulunduğu ortamı hissedemez, bu nedenle onun bu ölçekteki yeri 0'dır. Ancak, bu bir termostat[122] için geçerli değildir. Bir termostatın esas niteliği, ortamın sıcaklığını hissetmesi ve onu değiştirerek çalışmasıdır, bu yüzden onun ölçekteki yeri 1 olabilir. Dolayısıyla, geri bildirim mekanizmasına sahip makinelerin ilkel bir bilinç formları vardır. Solucanlar da bu yeteneğe sahiptir. Yiyeceğin, karşı cinsin ve tehlikenin farkına varabilirler ve bu bilgiye göre davranırlar, ama çok da başka bir şey yapamazlar. Birden fazla parametreyi (görüntü, ses, koku, basınç vb. gibi) algılayabilen böcekler, muhtemelen 2 ya da 3 gibi daha yüksek sayısal bir yere sahip olurlar.

Hissetmenin en yüksek formu ortamdaki nesneleri tanıyabilme ve anlayabilme yeteneği olabilir. İnsanlar çevrelerini derhal değerlendirebilirler/tartabilirler ve ona göre davranırlar, sonuçta bu ölçekteki yerleri de yüksektedir. İşte burası robotların kötü puan aldıkları yerdir. Patern tanıma, daha önce de değindiğimiz gibi, yapay zekânın önündeki en önemli engellerden biridir. Robotlar çevrelerini insanlardan çok daha iyi hissedebilirler, ama gördüklerini anlamazlar ya da tanımazlar. Patern tanıma eksiklikleri nedeniyle, robotların bu bilinç ölçeğinde aldığı puan dibe, böceklerin puanına yakındır.

Bilincin bir sonraki ve daha üstteki, düzeyi kendininfarkındalığını içerir. Erkek hayvanların ortamına bir ayna yerleştirirseniz, anında ve hırçın bir şekilde tepki verecekler ve hatta aynaya saldıracaklardır. Aynadaki görüntü, hayvanın kendi toprağını savunmasına neden olacaktır. Birçok hayvan kim olduklarının farkındalığına sahip değillerdir. Ancak, maymunlar, filler, yunuslar ve bazı kuşlar çabucak aynadaki görüntünün kendilerini temsil ettiğinin farkına varırlar ve ona saldırmaya son verirler. İnsanlar bu ölçekte çok üstlerde yer alırlar; çünkü diğer hayvanlar, diğer insanlar ve dünya karşısında kim olduklarına ilişkin oldukça gelişmiş bir hisse sahiptirler. Buna ek ola-

---

[122] *thermostat*: ısı/sıcaklık denetleyicisi. (ç.n.)

rak, insanlar kendilerinin o kadar farkındadırlar ki kendileriyle sessizce konuşabilirler ve böylece içinde bulundukları durumu düşünerek değerlendirebilirler.

Hayvanlar, üçüncü olarak, gelecek için planlar formüle edebilme yeteneklerine göre sıralanabilirler. Böcekler, bildiğimiz kadarıyla, gelecek için ayrıntılı hedefler koyamazlar. Aksine, genellikle, anlık durumlara anlık tepki verirler ve bunun için içgüdülerine ve o anda çevreden aldıkları ipuçlarına güvenirler.

Bu anlamda, avcı hayvanlar avlarından daha bilinçlidirler. Avcı hayvanlar önceden plan yapmak zorundadırlar: Saklanacak yer ararlar, pusuyu planlarlar, sinsice iz sürerler, avın kaçış yolunu tahmin ederler. Av ise yalnızca kaçmak zorundadır, dolayısıyla bu ölçekte düşük bir yere sahiptir.

Ayrıca, primatlar[123] çok yakın geleceği planlarken doğaçlama yapabilirler. Eğer onlara ulaşamayacakları bir yerde bir muz gösterilirse o muzu alabilmek için, bir sopa kullanmak gibi stratejiler geliştirebilirler. Böylece, belirli bir amaç ile yüz yüze geldiklerinde (yiyeceğe ulaşmak gibi), bu amacı gerçekleştirmek için çok yakın geleceğe ilişkin planlar yaparlar.

Ama her şey hesaba katılırsa hayvanlar iyi gelişmiş bir uzak-geçmiş ya da uzak-gelecek duygusuna sahip değillerdir. Görüldüğü kadarıyla, hayvan krallığında yarın yoktur. Gelecekteki günleri düşündüklerine ilişkin elimizde kanıt yoktur. (Hayvanlar kışa hazırlık için gıda depolayabilirler/saklayabilirler, ama bu büyük ölçüde genetiktir: Genleri tarafından düşen sıcaklıklara tepki olarak gıda aramaları için programlanmışlardır.)

Öte yandan insanlar çok gelişmiş bir gelecek duygusuna sahiptirler ve devamlı olarak plan yaparlar. Bizler kafamızın içinde durmadan gerçeğin simülasyonlarını yaparız. İşin doğrusu, kendi kayatımızın ötesi için de planlar tasarlayabiliriz. Diğer insanlar hakkında, aslında da onların devamlı evrilen durumları öngörü yetenekleri hakkında, yargılar oluştururuz. Liderliğin önemli bir parçası, gelecekteki durumları öngörmek, mümkün sonuçları tartmak ve hedefleri bunlara göre belirlemektir.

---

[123] *primates*: iri beyne sahip, gibon, goril, orangutan, şempanze gibi ileri düzey memeliler. (ç.n.)

Başka bir ifadeyle, bilincin bu formu, geleceği öngörmeyi, yani gelecekteki olgulara mümkün olduğunca yaklaşmaya çalışan birçok model yaratmayı içerir. Bu ise çok gelişmiş bir ortak aklı[124] ve yanında da doğa kurallarını gerektirir. Bu da devamlı olarak kendinize "ya ... ise?" diye sormanız anlamına gelir. İster bir bankayı soymayı planlayın ister devlet başkanlığına adaylığınızı koyun, bu çeşit bir planlama, sizin kafanızda aynı anda birden fazla olası gerçeklik simülasyonunu çalıştırabildiğiniz anlamına gelir.

Tüm işaretler doğada yalnızca insanların bu sanatta ustalaştığını gösteriyor.

Bunu test deneklerinin psikolojik profillerini analiz ettiğimizde de görüyoruz. Psikologlar sıklıkla yetişkinlerin psikolojik profillerini onların çocukluk profilleri ile karşılaştırırlar. Öyleyse şu soru sorulabilir: İnsanın evliliğindeki, kariyerindeki, zengin olmasındaki başarıyı tayin eden özelliği nedir? Sosyoekonomik faktörlerin etkileri dengelenirse bir özellik bazen tüm diğerlerinin önüne çıkar. Bu *doyumu* (ya da *tatmini, hazzı, zevki*) *erteleme*[125] yeteneğidir. Columbia Üniversitesi'nden[126] Walter Mischel'in ve daha birçoklarının, uzun süreli araştırmalarına göre, anlık doyumdan (kendine verilen bir şekerlemeyi yemek gibi) uzak kalabilen ve uzun-vadeli (bir yerine iki şekerleme almak gibi) daha büyük ödüller için dayanabilen çocuklar, standart okul testleri, hayat, aşk ve kariyer gibi akla gelebilecek her türlü gelecekle ilgili ölçümlerde sürekli olarak yüksek puan alırlar.

Ama doyumu erteleyebilme daha yüksek bir farkındalık ve bilinç düzeyine işaret eder. Bu çocuklar geleceği simüle edebiliyorlardı ve gelecekteki ödüllerinin daha büyük olduğunun farkındaydılar. Yani, eylemlerimizin gelecekteki sonuçlarını görebilmek daha yüksek bir farkındalık düzeyini gerektirir.

Bu yüzden, yapay zekâ araştırmacıları bu üç karakteristiği de taşıyan bir robot yaratmayı amaçlamalıdırlar. Bunlardan il-

---

[124] *common sense*
[125] *delay of gratification*
[126] *Columbia University*

kini, çevreyi hissetme ve tanıma, başarmak zordur; çünkü robotlar çevrelerini hissedebilirler ama hissettiklerini anlamlandıramazlar. Kendinin farkında olma özelliğini başarmak daha kolaydır. Ancak, geleceği planlamak, ortak akıl, neyin mümkün olduğunu anlama sezgisi ve belirli hedeflere ulaşmak için somut stratejiler gerektirir.

Sonuçta bilincin en yüksek düzeyi için ortak akıl önkoşuldur. Bir robotun gerçekliği simüle edebilmesi ve geleceği öngörebilmesi için, ilk olarak etrafındaki dünyanın milyonlarca ortak akıl kuralını öğrenip onlara hâkim olması gerekir. Ancak, ortak akıl yeterli değildir. Ortak akıl, yalnızca "oyunun kuralları"dır, strateji ve planlama esasları değildir.

Öyleyse şimdiye kadar yaratılmış olan tüm robotları bu ölçekte sıralayabiliriz.

Satranç oynayan makine Deep Blue[127] çok aşağılarda yer alır. Satrançta dünya şampiyonunu yenebilir, ama başka bir şey yapamaz. Gerçekliğin bir simülasyonunu gerçekleştirebilir, ama bunu yalnızca satranç oynamak için yapabilir. Bu, dünyanın en büyük bilgisayarlarının çoğu için geçerlidir. Bunlar, bir nesnenin gerçekliğini simüle etmede, örneğin bir nükleer patlamayı, bir jet uçağının çevresindeki rüzgâr yapısını, ya da hava durumunu modellemede, çok iyidirler. Bu bilgisayarlar gerçekliğin simülasyonunu bir insandan çok daha iyi gerçekleştirebilirler. Bununla birlikte, acınacak şekilde bir boyutludurlar ve bu yüzden gerçek dünyada hayatta kalabilme ümitleri yoktur.

Bugün yapay zekâ araştırmacılarının, bu kadar işlemi bir robotta nasıl aynen gerçekleştirebilecekleri konusunda hiçbir ipuçları yoktur. Çoğu yenilgiyi kabul ediyor ve devasa bilgisayar ağlarının bir şekilde "belirmiş fenomenler"[128] (tıpkı bazen düzenin kaostan kendiliğinden doğması gibi) göstereceklerini söylüyorlar. Bu belirmiş fenomenlerin tam olarak nasıl bilinç yaratacakları sorulduğunda ise çoğu gözlerini göğe çevirir.

---

[127] dilimize *Derin Mavi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[128] *emergent phenomena*, belirmiş fenomenler: *karmaşık* bir sistemde basit parçaların basit etkileşimlerinden çıkan bir beklenmedik *düzen*, sıradan olmayan sonuçlar. (ç.n.)

Bilinçli bir robotu nasıl yaratacağımızı bilmememize karşın, bilinci ölçmek için verilen bu çerçeveyi dikkate alarak, bizden daha ileri olan bir robotun neye benzeyebileceğini hayal edebiliriz.

Bu robotlar, üçüncü bir özellikte mükemmelleşecekler: Geleceğin karmaşık simülasyonlarını, daha fazla bakış açısıyla, daha fazla ayrıntı ve derinlikle, bizden çok daha iyi yapabilecekler. Simülasyonları bizimkilerden çok daha doğru olacak; çünkü ortak akla ve doğanın yasalarına çok daha iyi hâkim olacaklar ve dolayısıyla bizim modellerimizi daha iyi ortaya çıkarabilecekler. Bizim ihmal ettiğimiz ya da farkında olmadığımız problemleri öngörebilecekler. Üstelik, kendi hedeflerini tayin de edebilecekler. Eğer hedefleri insan ırkına yardım etmeyi içerirse o zaman her şey iyi olacaktır. Ancak, bir gün insanların ayakaltında görüleceği hedefler formüle ederlerse bunun hoş olmayan sonuçları olabilecektir.

Ama bu, bir sonraki soruyu gündeme getirir: Bu senaryoda insana ne olur?

Robotlar İnsanları Geçtiklerinde

Bir senaryoda, biz önemsiz insanlar evrimin bir kalıntısı olarak basitçe bir kenara itiliyoruz. Sağlıklı türlerin sağlıksız türlerin yerini alması bir evrim kuralıdır; belki de insanlar arada kaynayacaklar, ilgi görmeyecekler, en sonunda hayvanat bahçelerini boylayacaklar ve orada bizim kendi yarattığımız robotlar bizi seyretmeye gelecekler. Kaderimiz belki de şudur: Bizleri kendi evrimlerinde utanç verici bir şekilde ilkel bir dipnot olarak gören süperrobotları dünyaya getirmek. Belki de bu tarihteki rolümüzdür, yerimize geçecek evrimsel haleflerimizi dünyaya getirmek. Bu tabloda bizim rolümüz haleflerimizin yolundan çekilmektir.

Douglas Hofstadter bunun eşyanın doğası gereği olduğunu, ama bizim bu süperzeki robotlara çocuklarımızmış gibi davranmamız gerektiğini; çünkü bazı bakımlardan onların gerçekten böyle olduğunu bana söyledi. Eğer çocuklarımıza bakabiliyorsak, diye konuştu bana, neden zeki robotlara da bakamayalım? Onlar da bizim çocuklarımız değil mi?

Hans Moravec, robotlar geride bize toz yutturduklarında, bizi aştıklarında, nasıl hissedebileceğimiz üzerine şöyle düşünüyor: "... kendilerinin çok daha muhteşem keşiflerini, anlayabileceğimiz bebek diliyle bize anlatmaya çalışan, ultrazeki torunlarımıza aval aval bakarak hayatımızı harcamak kaderimiz ise bu hayat bize anlamsız görünebilir."

En sonunda robotların bizden daha zeki olacakları o kaçınılmaz gün geldiğinde, dünya üzerindeki en zeki varlık artık biz olmayacağımız gibi, bizim kendi yarattıklarımız, kendilerinden çok daha zeki kendi kopyalarını yapabilirler. Bu kendi kendini kopyalayan robotlar ordusu, böylece bitmek tükenmek bilmeyen bir şekilde yeni nesil robotlar yaratacak, bunların her biri bir öncekinden daha zeki olacak. Robotlar kuramsal olarak daha-zeki robot kuşakları üretebileceklerinden, bu süreç en nihayetinde üstel olarak patlayacak, bu durum, onlar gezegenin kaynaklarını silip süpürmeye başlayana dek devam edecek. Bütün bunlar robotların doymak bilmez çok daha zeki olma arayışlarının sonucu olacak.

Bir senaryoda, devamlı-artan zekâya olan açgözlü bu iştah, en sonunda gezegenin tüm kaynaklarını kasıp kavuracak, böylece tüm yeryüzü bir bilgisayar olacak. Bazıları da, bu süperzeki robotların daha zeki olma arayışlarını devam ettirerek uzaya açılacaklarını, diğer gezegenlere, yıldızlara ve galaksilere ulaşacaklarını ve onları da bilgisayarlara dönüştüreceklerini tasavvur ediyorlar. Ancak gezegenler, yıldızlar ve galaksiler bizden inanılmaz derecede uzak olduklarından, belki de bilgisayar fizik yasalarını değiştirir ve böylece onun doymak bilmez iştahı, tüm yıldız ve galaksi sistemlerini tüketmek için ışık hızından bile hızlı gidebilir. Bazıları ise onun tüm evreni tüketeceğine, dolayısıyla tüm evrenin zeki olacağına bile inanıyor.

Bu "tekillik"tir[129]. Bu sözcük aslen benim kişisel alanım olan göreli fizikten[130] gelmiştir, burada bir *tekillik*, hiçbir şeyin kendisinden kaçamadığı, bir kara delik[131] gibi, sonsuz çekim kuvve-

---

[129] *the singularity*
[130] *relativistic physics*
[131] *black hole*

tine sahip bir noktadır. Işığın kendisi de bundan kaçamadığından, *tekillik* arkasını göremediğimiz bir ufuktur.

Yapay zekâ tekliği fikrine ilk olarak 1958'de iki matematikçi, Stanislaw Ulam (hidrojen bombasının tasarımında temel çalışmayı yapmıştır) ve John von Neumann, arasındaki bir konuşmada değinilmişti. "Bir konuşma teknolojinin giderek hızlanan gelişmesine ve insanın yaşam tarzındaki değişmelere odaklanmıştı; insan ırkı tarihinde kaçınılmaz bir tekliğin yaklaşmakta olduğu görüntüsü ortaya çıkmıştı. Bu tekliğin ötesinde insana ait hiçbir şey, bugün bildiğimiz anlamda, devam edemeyecekti." diye yazmıştı Ulam. Bu fikrin değişik versiyonları onyıllar boyunca orada burada görüldü. Sonra, bilimkurgu yazarı ve matematikçi Vernor Vinge tarafından romanlarında ve denemelerinde çok kullanıldı ve böylece meşhur edildi.

Ama bu, can alıcı soruyu yanıtsız bırakıyor: Tekillik ne zaman gerçekleşecek? Bizim yaşam süremiz içinde? Belki de gelecek yüzyılda? Ya da hiçbir zaman? Bu noktada, 2009'daki Asilomar konferansındaki katılımcıların geleceğe doğru 20 yıldan 1000 yıla değişen tarihler verdiklerini hatırlıyoruz.

Tekliğin sembol ismi haline gelen kişi, teknolojinin üstel büyümesine dayanan tahminler yapmaya düşkünlüğü olan, mucit ve çok satan yazar Ray Kurzweil'dir. Kurzweil bir defasında bana, gece uzak yıldızlara baktığı zaman, bir uzak galakside meydana gelen tekliğin bazı kozmik kanıtlarını belki de görebiliriz diye söylemişti. Tüm yıldız sistemlerini silip süpürme ya da onları yeniden düzenleme yeteneğiyle, bu süratle genişleyen tekliğin ardında bıraktığı bazı ayak izleri olmalıydı. (Kurzweil'in aleyhinde olan kimseler, onun tekillik etrafında neredeyse dini olan bir coşkuyu kışkırttığını söylüyorlar. Öte yandan destekçileri ise onun geçmiş performansına bakarak, onda geleceğe doğru şekilde bakabilmesini sağlayan anlaşılmaz bir yetenek olduğunu söylüyorlar.)

Kurzweil bilgisayar devriminde çekirdekten yetişmeydi; konuşma tanıma teknolojisi, optik karakter tanıma ve elektronik klavye araçları gibi patern tanımayı[132] da içeren çeşitli alan-

[132] *pattern recognition*

larda şirketler açmıştı. 1999'da çok satan bir kitap yazdı, *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence;*[133] bu kitapta robotların zekâ bakımından ne zaman bizleri geçeceğine ilişkin kehanette bulundu. 2005'te yazdığı *The Singularity is Near*[134] adlı kitabında kehanetlerini detaylandırdı. Bilgisayarların insan zekâsını aşacağı o kaçınılmaz gün aşama aşama gelecekti.

2019'a kadar, 1000 dolarlık bir kişisel bilgisayarın, bir insan beynininki kadar ham bir güce sahip olacağını öngörüyor Kurzweil. Kısa bir süre sonra da, bilgisayarlar bize geride toz yutturacaklar. 2029'a kadar, 1000 dolarlık bir kişisel bilgisayar bir insan beyninden 1000 kat daha güçlü olacak. 2045'e kadar, 1000 dolarlık bir bilgisayar tüm insanların sahip olduğu zekânın bir milyar katına sahip olacak. Ufak bilgisayarlar bile yeteneklerinde tüm insan ırkını gölgede bırakacaklar.

2045'ten sonra, bilgisayarlar o kadar ilerleyecekler ki kendi kendilerinin, zekâca daha üstün, kopyalarını yapacaklar ve böylece kontrol edilemez ve kaçınılmaz bir tekliğe neden olacaklar. Bilgisayar gücüne karşı sonu gelmez, doymak bilmez iştahlarını tatmin etmek için yeryüzünü, göktaşlarını,[135] gezegenleri ve yıldızları silip süpürmeye başlayacaklar, evrenin bizatihi kendisinin kozmolojik tarihini etkileyecekler.

Kurzweil'i Boston dışındaki ofisinde ziyaret etme şansım oldu. Koridor boyunca yürürken, almış olduğu ödülleri ve şeref belgelerini, ayrıca Stevie Wonder gibi üst düzey müzisyenler tarafından kullanılan, kendi tasarladığı müzik aletlerini görürsünüz. Orada bana, hayatında bir dönüm noktası olduğunu açıkladı. Otuz beş yaşındayken, kendisine beklenmedik bir şekilde tip 2 diyabet teşhisi konmuştu. Birdenbire, tahminlerinin gerçekleştiklerini görmeye yetecek kadar yaşayamayacağı tatsız gerçeği ile yüz yüze kalmıştı. Yılların ihmali sonucunda, bedeni kendi yaşının ötesinde yaşlanmıştı. Bu teşhisle sarsılan

---

[133] dilimize *Akıllı/Ruhsal Makinelerin Devri: Bilgisayarlar İnsan Zekâsını Aştıklarında* diye çevrilebilir. (ç.n.)

[134] dilimize *Tekillik Yakındır* diye çevrilebilir. (ç.n.)

[135] *göktaşı:* bir yıldızın etrafında dönen, bir gezegenden çok daha küçük göksel nesne. (ç.n.)

Kurzweil, bilgisayar devrimi için kullandığı aynı coşku ve enerjiyle şimdi de kişisel sağlık problemlerine el attı. (Bugün, günde 100'den fazla ilaç alıyor ve uzun ömürlülükte devrim konusunda kitaplar yazmış durumda. Mikroskopik robotlardaki devrimin, insan vücudunu temizleyebileceğini ve onarabileceğini ve böylece vücudun ilelebet yaşayabileceğini umuyor. Felsefesi ise tıp alanında gerçekleştirilecek, insan ömrünü süresiz olarak uzatacak atılımları görecek kadar uzun yaşamak. Bir başka deyişle, sonsuza dek yaşamasına yetecek kadar uzun yaşamak istiyor.)

Kurzweil geçenlerde, San Fansisco Körfez Bölgesi'ndeki[136] NASA Ames Laboratuvarı'nda konuşlandırılacak Tekillik Üniversitesi[137] gibi iddialı bir planı başlatmak için kolları sıvadı. Burada, bilim insanlarından oluşan çekirdek bir kadro yaklaşan tekliğe hazırlanmak için eğitilecek.

Bu çeşitli temaların birçok çeşidi ve değişik kombinasyonları vardır.

Kurzweil'in bizzat kendisinin inandığı ise şu: "Bu, ufuk ötesinden gelen zeki makinelerin bir istilası olmayacak. Bu teknoloji ile bir araya gelecek, onun içine karışacağız... Bu zeki cihazları, bizleri daha uzun ve daha sağlıklı kılsınlar diye, vücutlarımızın ve beyinlerimizin içine koyacağız."

Tekillik kadar tartışmalı herhangi bir fikir her zaman tepki almaya mahkûmdur. *Lotus Development Corporation* kurumunun kurucusu Mitch Kapor, tekliğin "zekâ düzeyi[138] 140 olan insanlar için zeki bir tasarım." olduğunu söylüyor ve şöyle devam ediyor: "... Bu, orada her şeyin hayal edilemeyecek bir şekilde farklı olacağı noktaya doğru gidiyoruz, önermesinin ardında, bence, temelde dini olan itici bir güç var. Kolları havada bir takım zıvanadan çıkmışlar bu gerçeği benden saklayamazlar."

"Bu, sanki çok miktarda güzel yiyeceği ve bir miktar da köpek dışkısını almanız, bunların hepsini bir güzel karıştırmanız ve sonra da bu karışımın içinde neyin iyi neyin kötü olduğunu tespit etmeye çalışmanız gibidir. Bu, güzel fikirlerin ve anlam-

---

[136] *the Bay Area*
[137] *the Singularity University*
[138] *intelligence quotient, IQ*

sız ıvır zıvırın oluşturduğu vıcık vıcık bir karışımdır. Bu ikisini ayırmak çok güçtür; çünkü bunlar zeki insanlar, aptal değil." diye konuşmuştu Douglas Hofstadter.

Bunun nasıl sahneleneceğini ve sonlanacağını bilen kimse yok. Yine de ben, en yüksek olasılıklı senaryonun aşağıdaki gibi olacağını düşünüyorum.

En Yüksek Olasılıklı Senaryo: İyi Niyetli Bir Yapay Zekâ

Her şeyden önce, bilim insanları robotların tehlikeli olmadıklarından emin olmak için muhtemelen basit önlemler alacaklar. En azından, bilim insanları robotların beyinlerine, katilce düşünceleri oldukları zaman onları otomatik olarak kapatacak bir çip koyabilirler. Bu yaklaşımda tüm zeki robotlar, arızaya karşı emniyetli, her an bir insan tarafından, özellikle bir robot hatalı bir davranış gösterdiğinde, devreye sokulabilen bir mekanizma ile donatılmış olacaklar. Bir robotun arızalı olduğuna ilişkin en ufak bir ipucunda, sesle verilen bir emir derhal robotu devre dışı bırakacaktır.

Ya da, görevleri yoldan çıkmış robotları etkisiz hale getirmek olan özel avcı robotlar yaratılabilir. Bu robot avcıların, hata yapan robotları ele geçirmek için özel olarak tasarlanmış yüksek hızları, güçleri ve koordinasyonları olacak. Herhangi bir robot sisteminin zayıf noktalarını ve belirli koşullar altında nasıl davranacaklarını anlamaya yönelik olarak tasarlanacaklar. İnsanlar da bu beceriler için eğitilebilirler. *Blade Runner*[139] filminde, özel olarak eğitilmiş bir ajan kadrosu, ki bunlardan biri Harrison Ford tarafından oynanmıştı, herhangi bir haydut robotu etkisizleştirmek için gereken tekniklerde uzmandı.

Robotların evrimsel ölçekte yavaşça yukarı çıkabilmeleri için onyıllar sürecek çok yoğun bir çalışma gerekeceğinden, insanlığın gafil yakalanması ve hepimizin sığırlar gibi hayvanat bahçelerinde güdülmesi bir anda olmayacak. Bilinç, daha önce bahsettiğimiz gibi, ani bir evrimsel olay değil, bir ölçek üzerinde derecelendirilebilen bir süreçtir ve robotların bu bilinç ölçeğinde yükselebilmeleri için onyıllarca zaman gerekecektir. Sonuç-

[139] ülkemizde *Bıçak Sırtı* adıyla gösterildi. (ç.n.)

ta, insan bilincini geliştirmek Doğa Ana'nın milyonlarca yılını aldı. Dolayısıyla, internet ansızın insanları "uyandırmayacak" ya da robotlar aniden kendileri için plan yapmaya başlamayacaklar ve insanlar bir gün bu şekilde gafil avlanmayacaklar.

Bu, bilimkurgu yazarı Isaac Asimov tarafından tercih edilen seçenektir. O, her bir robotun fabrikadan donanımlarına fiziksel olarak bağlanmış, dolayısıyla değiştirilemeyen, onların kontrol dışına çıkmalarını önleyecek üç robot yasa ile çıkacağını tasavvur ediyor. Asimov, meşhur üç robot yasasını, robotların kendilerini ya da insanları yaralamalarını önlemek için tasarladı. (Bu üç yasa temel olarak, robotların insanlara zarar veremeyeceklerini, insanlara itaat etmek zorunda olduklarını ve kendilerini korumak zorunda olduklarını, aynen bu sırada, ifade eder.)

(Asimov'un bu üç yasasıyla bile problemler çıkar, özellikle de üç yasa arasında çelişki olduğu zaman. Örneğin, iyiliksever bir robot yaratılırsa ve insanlık kendi kendisini yok edecek kararlar alıp insan ırkını tehlikeye atarsa ne olacak? Bu durumda iyiliksever bir robot, insanlığın kendisine zarar vermesini önlemek için, hükümetin kontrolünü ele geçirmek zorunda hissedebilir. Bu, *I, Robot*'un[140] film versiyonundaki Will Smith'in, merkezi bilgisayarın insanlığı kurtarmak için "Bazı insanların feda edilmesi ve bazı özgürlüklerden feragat edilmesi zorunludur" diye karar aldığı zaman, yüz yüze kaldığı problemdi. Bazıları, bir robotun bizleri kurtarmak adına bizleri köleleştirmesini önlemek için, sıfırıncı robot yasasını[141] eklememiz gerektiği fikrini savunuyorlar: Robotlar insan ırkına zarar veremezler ya da onları köleleştiremezler.)

Ama birçok bilim insanı, robotlarımızı daha en başından iyi huylu olacak şekilde tasarlayacağımız, "iyi niyetli yapay zekâ"[142] diye adlandırdıkları bir şeye eğilim gösteriyor. Bu robotların yaratıcıları bizler olduğumuzdan, onları yalnızca ya-

---

[140] *I, Robot*, Ben, Robot: Isaac Asimov'un bir bilimkurgu öyküsü. (ç.n.)

[141] Fizikte, bir konuda, bazen yasalar sıralandıktan çok sonra, ilk yasalardan çok daha önemli bir başka yasaya ihtiyaç duyulur. Bu durumda yeni yasaya dördüncü yasa değil de *sıfırıncı yasa* denir. *Termodinamiğin sıfırıncı yasası* bu duruma bir örnektir. (ç.n.)

[142] ya da "arkadaşça yapay zekâ" ya da "samimi yapay zekâ." (ç.n.)

rarlı ve iyi görevleri yerine getirmek üzere daha en baştan dizayn edeceğiz.

"İyi niyetli yapay zekâ" ifadesi ilk defa, Yapay Zekâ için Tekillik Enstitüsü'nün[143] bir kurucusu olan Eliezer Yudkowski tarafından kullanılmıştır. İyi niyetli yapay zekâ, robotların, muhtemelen kendi iradelerine karşı, uymaya zorlandıkları Asimov'un yasalarından birazcık farklıdır. (Aslında, dışarıdan dayatılan Asimov kuralları, robotların onların etrafından dolanmaları için akıllı yollar icat etmelerine davetiye çıkarabilir.) Yudkowski'nin iyi niyetli yapay zekâ kavramında, buna karşın, robotlar cinayet işlemede ve kargaşa çıkarmada tamamen özgürlerdir. Bir yapay ahlak kavramını güçlendirecek hiçbir kural yoktur. Aksine, bu robotlar daha en başından, insanları yok etmek şöyle dursun, onlara yardımcı olmayı isteyecek bir şekilde tasarlanıyorlar. İyiliksever olmayı seçiyorlar.

Bu, robotlara, onların insan toplumuna entegre olmalarına yardımcı olacak özellikler vermek için tasarlanan, "sosyal robot teknolojisi[144]" adı verilen yeni bir alana yol açtı. Örneğin, Hanson Robotics şirketindeki bilim insanları, araştırmalarının bir amacının "sosyal olarak zeki varlıklara evrilecek, sevme ve sevilme yeteneği olacak, genişlemiş insan ailesinde bir yer kazanacak" robotlar tasarlamak olduğunu belirttiler.

Ama tüm bu yaklaşımların ortak bir problemi, ordunun şimdiye kadarki yapay zekâ sistemlerinin en büyük fon sağlayıcısı olması ve bu ordu robotlarının insanları takip etmek, avlamak ve öldürmek için tasarlanmış olmalarıdır. Görevleri düşman insanları tespit etmek ve onları hataya yer bırakmayan bir kesinlikle ortadan kaldırmak olan geleceğin asker robotlarını kolaylıkla hayal edebiliriz. Öyleyse robotların efendilerine düşman olmayacaklarını garanti altına alan, olağandışı önleyici tedbirler almak zorundayız. Predator[145] insansız hava aracı, örneğin, uzaktan kumandayla kontrol edilir, yani, onun hareket-

---

[143] *the Singularity Institute for Artificial Intelligence*

[144] *social robotics*

[145] Türkçe'de "avcı" anlamına gelir; *Predator drone* Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan bir insansız hava aracıdır. (ç.n.)

lerini devamlı olarak yönlendiren insanlar vardır. Ancak, bir gün bu insansız hava araçları otonom olabilirler; kendi hedeflerini istediği şekilde seçip ortadan kaldırabilirler. Böyle otonom bir uçaktaki bir arıza korkunç sonuçlara yol açabilir.

Yine de, gelecekte sivil ticari sektörlerden, özellikle de robotların yok etmektense yardım etmelerinin tasarlandığı Japonya'daki sektörlerden, robotlara gittikçe artan fonlar akacak. Eğer bu eğilim devam ederse iyi niyetli yapay zekâ belki gerçeğe dönüşebilir. Bu senaryoda, en sonunda robotlara hükmedecek olanlar tüketici sektörü ve piyasa güçleridir, o kadar ki, iyi niyetli yapay zekâya çok büyük bir ticari ilgi olacaktır.

Robotlarla Kaynaşmak

İyi niyetli yapay zekâya ek olarak, başka bir seçenek de var: Yarattıklarımızla kaynaşmak. Robotların zekâda ve güçte bizleri geçmelerini bekleyeceğimize, kendimizi geliştirmeye çalışacak ve bu süreçte süperinsanlar olacağız. Geleceğin yüksek olasılıkla, bu iki hedefin bir birleşimi olarak ilerleyeceğine inanıyorum; yani, iyi niyetli yapay zekâ robotlarını inşa etmek ve kendimizi geliştirmek.

Bu, meşhur MIT[146] Yapay Zekâ Laboratuvarı'nın[147] eski direktörü Rodney Brooks tarafından araştırılan bir seçenektir. O, başına buyruk, kendine hâkim olamayan, el üstünde tutulan ama kemikleşmiş fikirlere sahip biri olarak yenilikleri bu alana enjekte eden biriydi. Bu alanda çalışmaya başladığında, çoğu üniversitede yukarıdan aşağıya yaklaşım egemendi. Ancak, yapay zekâ alanı çok durgundu. Brooks, kendisinden böceklere benzeyen, aşağıdan yukarı yaklaşım aracılığıyla yolu üzerindeki engellere çarparak öğrenen bir robot ordusu yaratması istendiğinde çok şaşırmıştı. O ise dilsiz, hantal hantal yürüyen, odanın bir ucundan diğer ucuna yürümesi saatler süren başka bir robot daha yaratmak istememişti. Onun yerine, neredeyse hiç programlama içermeyen, ama yürümeyi ve deneme-yanılma yöntemiyle nesneler etrafında rahatlıkla hareket edebilmeyi ça-

---

[146] *the Massachusetts Institute of Technology*
[147] *the Artificial Intelligence Laboratory*

bucak öğrenen becerikli "böceğimsiler"[148] ya da "böcek robotlar"[149] geliştirdi. Bu robotların Güneş Sistemi'ni keşfe çıktığı, yolu üzerindeki şeylere çarpa çarpa ilerlediği günü tasavvur etti. Bu, kendisinin "Hızlı, Ucuz ve Kontrol Dışı"[150] başlıklı yazısında önerilen, egzotik ve tuhaf bir fikirdi, ama bu yaklaşım en sonunda bir dizi yeni başka yolların ortaya çıkmasına neden oldu. Bu fikrin bir yan ürünü, Kızıl Gezegen'in yüzeyi üzerinde oraya buraya seğirten Mars Gezginleri'dir.[151] Brooks'un ayrıca, ülke genelindeki meskenlere elektrikli süpürgeler pazarlayan iRobot şirketinin başkanı olması hiç de sürpriz değildir.

Brooks'un hissettiği bir sorun ise yapay zekâ konusunda çalışanların, yeni yollar düşünmektense geçici hevesler peşinde koşmaları, o anda geçerli olan yaklaşımı/paradigmayı benimsemeleridir. Örneğin, "Küçük bir çocukken, beyni bir telefon şebekesi olarak tasvir eden bir kitabım vardı. Daha öndeki kitaplar ise onu bir hidrodinamik sistem[152] ya da bir buhar makinesi olarak açıklıyorlardı. Daha sonra, 1960'larda, bunun yerini bir dijital bilgisayar aldı. 1980'lerde ise bu çok büyük ölçekte paralel olan bir dijital bilgisayar oldu. Muhtemelen şimdi, dışarıda bir yerlerde, beynin internete benzediğini söyleyen bir çocuk kitabı vardır." diye konuşuyor Brooks.

Başka bir örnek vermek gerekirse bazı tarihçiler, Sigmund Freud'un zihin analizinin buhar makinelerinin ortaya çıkmasından etkilendiğine dikkat çekiyorlar. Demiryollarının 1800'lü yılların ortalarından itibaren tüm Avrupa'da yaygınlaşmasının entellektüellerin düşünceleri üzerinde çok büyük bir etkisi olmuştu. Freud'un zihin tasvirinde, bir lokomotifteki buhar boruları gibi, enerji akışları vardı ve bunlar sürekli olarak diğer akışlarla rekabet halindeydi. Üstbenlik[153] ile benlik[154] arasındaki sürekli etkileşim, bir lokomotifin buhar boruları arasındaki sürekli etkileşime benziyordu. Bu enerji akışlarının baskı altında tu-

---

[148] *insectoids*
[149] *bugbots*
[150] *Fast, Cheap, and Out of Control*
[151] *Mars Rovers*
[152] *hydrodynamic system*: su ya da akışkanlarla çalışan sistem. (ç.n.)
[153] *superego, the id*
[154] *ego*

tulmasının nevrozlara[155] yol açabileceği gerçeği, buhar gücünün sıkıştırılırsa patlayıcı olabilmesi gerçeğine çok benzer.

Marvin Minsky başka bir yaklaşımın/paradigmanın yapay zekâ alanını yıllarca yanlış yönlendirdiğini bana itiraf etti. Bu alandaki çoğu araştırmacının eski fizikçiler olması, "fizik(çi) imrenmesi"[156] adı verilen bir şeyin ortaya çıkmasına neden oldu. Bu, zekânın temelini oluşturan, tek ve birleştirici bir kuramı bulma isteğidir. Fizikte, biz hepimizin Einstein'ın ardından gitme isteği vardır; fiziksel evreni, altı üstü birkaç birleştirici denkleme indirgemek ya da muhtemelen üç santimetre uzunluğunda olan ve evreni tek bir tutarlı fikir halinde özetleyebilen bir denklemi bulmak isteriz. Minsky, bu imrenimin yapay zekâ araştırmacılarını, bilinç için tek ve birleştirici bir kuramı bulmaya sevkettiğine inanıyor. Şimdi böyle bir şeyin olmadığına inanıyor. Evrim, bizim tamamına bilinç adı verdiğimiz bir sürü tekniği rastgele bir araya getirmiştir. Beyni parçalarına ayırın, her biri belirli bir görevi yerine getirmek üzere tasarlanmış, dağınık bir mini-beyinler koleksiyonu bulursunuz. Minsky bunu "zihinlerin topluluğu"[157] diye adlandırıyor: Bilincin aslında, doğanın milyonlarca yıl boyunca tesadüfen bulduğu birçok farklı algoritmanın ve tekniğin toplamı olması.

Rodney Brooks da benzer bir yaklaşımı/paradigmayı arıyordu, ama bu daha önce tüm yönleriyle keşfedilmemiş olmalıydı. Kısa bir süre sonra, Doğa Ana'nın ve evrimin bu problemlerin çoğunu zaten çözmüş olduklarını fark etti. Örneğin, yalnızca birkaç yüzbin nörona sahip bir sivrisinek, en büyük askeri robot sisteminden çok daha iyi bir performansa sahiptir. İnsansız hava uçaklarımızın aksine, sivrisinekler, bir iğne ucundan daha küçük olan beyinleriyle, engeller arasından yollarını bulabilir, yiyecek arayabilir ve eş bulabilirler ve tüm bunları kendi kendilerine yaparlar. Neden doğadan ve biyolojiden öğrenmeyelim ki? Evrim ölçeğini takip ederseniz böceklerin ve farelerin beyinlerinde, programlanmış mantık kurallarının olmadığını

---

[155] *neurosis*, nevroz: genelde organik nedenlere bağlı işlevsel sinir hastalıklarının genel ismi. (ç.n.)

[156] *"physics envy"*

[157] *"society of minds"*

öğrenirsiniz. Onların bir şekilde dünyaya tutunmaları ve hayatta kalabilme sanatında bu denli ustalaşmaları hep denemeyanılma yoluyla olmuştur.

Brooks şimdi de, "İnsan Bedeninin Makinelerle Birleşmesi"[158] adlı makalesinde yer alan, genel inanışa ters, şeytani bir fikrin peşinde. Bir zamanlar endüstriyel ve askeri robotlar için silikon bileşenlerin tasarlandığı MIT'deki eski laboratuvarların şimdilerde, silikon ve çeliğe ek olarak, canlı dokulardan inşa edilen yeni nesil robotlara yer açmak için temizlendiklerine dikkat çekiyor. Tamamen yeni bir robot mimarisi yaratmak için, biyolojik ve elektronik sistemlerle evlenecek, tüm yönleriyle yeni bir robot neslini öngörüyor.

"2100'e geldiğimizde, günlük yaşamımızın her yerinde çok zeki robotlar olacak diye düşünüyorum. Fakat onlardan ayrı da olmayacağız, aksine, bir parçamız robot olacak ve diğer robotlarla da bağlantıda olacağız." diye yazmıştı Brooks.

O bu ilerlemeyi kademe kademe görüyor. Bugün, protez teknolojisinde devam etmekte olan bir takım kökten değişikliklere şahit oluyoruz; duyma ve görme duyularının ve diğer vücut fonksiyonlarının, gerçekçi bir şekilde yerini alabilecek yedek parçaları yaratmak için, elektronik araçları doğrudan insan bedenine yerleştiriyoruz. Örneğin, yapay kulak salyangozu,[159] sağırlara duyma hediyesini geri vererek, işitme bilimini[160] kökten değiştirdi. Bu yapay kulak salyangozları, elektronik donanım ile biyolojik "beyin gücü"[161] olan nöronları bir araya getirerek çalışırlar. Kulağın dışına bir mikrofon yerleştirilir. Bu, ses dalgalarını algılar, onları işler ve kulağın içine cerrahi olarak yerleştirilmiş bir implanta[162] radyo dalgaları gönderir. İmplant radyo mesajlarını algılar ve onları elektriksel uyarılara çevirir ve bunlar da kulağın içindeki elektrodlara gönderilir ve böylece duyma sağlanmış olur. Bu implantlar 24'e kadar elektrod kul-

---

158 *The Merger of Flesh and Machines*: insan etinin/bedeninin/vücudunun makinelerle birleşmesi/kaynaşması. (ç.n.)

159 *cochlea*

160 *audiology*

161 *"wetware"*

162 *implant*: dilimizde *koyuntu* sözcüğüyle karşılanmaya çalışılsa da, biz burada orijinal ve daha çok bilinen haliyle kullanmayı tercih ettik. (ç.n.)

lanabilirler ve insan sesini tanımaya yetecek yarım düzinelik bir frekansı işleyebilirler. Halihazırda, dünya çapında 150.000 insan bu kulak implantlarını kullanmaktadır.

Birkaç grup, yapay bir görme duyusu yaratarak körlere yardımcı olmanın yollarını araştırıyor. Bu, bir kameranın insan beynine bağlanmasıyla gerçekleşecek. Bunun bir yolu, silikon bir çipi doğrudan bir kişinin retinası içine sokmak ve onu orada retinanın nöronlarına bağlamak. Bir diğer yol ise bir çipi, beynin görme işini gerçekleştirdiği kafatasının arka kısmıyla irtibatı olan özel bir kabloya bağlamak. Bu gruplar, tarihte ilk defa, körlerin görme duyusunu bir ölçüde iade edebilmiş durumdalar. Hastalar önlerindeki aydınlığı 50 piksele kadar görebiliyorlar. En sonunda, bilim insanları bu rakamı arttırabilecekler ve onlar binlerce pikseli görebilecekler.

Hastalar havai fişekleri, ellerinin ana hatlarını, parlayan nesne ve ışıkları, arabaların ve insanların varlığını ve nesnelerin sınırlarını görebiliyorlar. "Little League[163] oyunlarında yakalayıcının,[164] vurucunun[165] ve hakemin[166] neredc olduklarını görebiliyorum." diye konuşuyor test deneklerinden biri olan Linda Morfoot.

Şimdiye kadar otuz hasta, 60 kadar elektrodu olan bu yapay retinalardan kullanmaya başladı. Ancak, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı'nın[167] Güney California Üniversitesi'nde[168] konuşlandırdığı Yapay Retina Projesi,[169] 200'den fazla elektrodu olan yeni bir sistemi şimdiden planlıyor. 1000 elektrodlu bir cihaz üzerinde de çalışılmakta (Bir çip üzerine çok fazla sayıda elektrod yerleştirilirse bu retinanın çok ısınmasına neden olabilir.) Bu sistemde, kör bir kişinin gözlüğüne monte edilmiş minyatür bir kamera resimler çeker ve bunları kemere takılmış bir mikroişlemciye kablosuz olarak gönderir. Bu mik-

---

[163] *Little League*: dilimize *Küçük Lig* olarak çevrilebilir; Birleşik Devletler'de gençler için yerel beyzbol oyunları organize eden bir organizasyon. (ç.n.)

[164] *catcher*

[165] *batter*

[166] *umpire*

[167] *the United States Department of Energy*

[168] *the University of Southern California*

[169] *Artificial Retina Project*

roişlemci, bilgiyi doğrudan retina üzerine yerleştirilmiş bir çipe yönlendirir. Çip ise doğrudan hâlâ aktif ve çalışmakta olan retina sinirlerine çok ufak ölçekte uyarılar gönderir. Böylece, kusurlu retina hücreleri atlanarak, görme işlemi gerçekleştirilmiş olur.

Star Wars'un Robot Eli

Mekanik iyileştirmeler kullanılarak, bilimkurgunun marifetleri kopyalanabilir, buna örnek *Yıldız Savaşları*'nın[170] robot eli ve *Süpermen*'in[171] X-ray görüntülemesidir. *The Empire Strikes Back*'te,[172] Luke Skywalker'ın eli, babası kötü Darth Vader'in savurduğu bir ışın kılıcı tarafından kesilip koparılmıştı. Bu hiç problem değildi. Bu çok uzaklardaki galakside bulunan bilginler derhal, dokunabilen ve hissedebilen parmaklarıyla eksiksiz yeni bir mekanik el tasarlamışlardı.

Bu kulağa bilimkurgu gibi gelebilir, ama bu (teknoloji) halihazırda yanıbaşımızdadır. Önemli bir ilerleme İtalya ve İsveç'teki bilim insanları tarafından gerçekleştirildi; bu insanlar "hissedebilen" robot bir eli gerçekten yaptılar. Sağ eli kanserli bir tümörü ortadan kaldırmak için kesilmiş, yirmi iki yaşındaki denek Robin Ekenstam, şimdilerde mekanik parmaklarının hareketlerini kontrol edebiliyor ve onların verdiği tepkileri hissedebiliyor. Doktorlar onun kolundaki sinirleri, mekanik elindeki çipe bağlamışlar ve böylece Ekenstam'ın beyni ile parmak hareketlerini kontrol edebilmesini sağlamışlar. Yapay "akıllı el" dört motora ve kırk alıcıya sahip. Mekanik parmaklarının hareketi çipten beyne yönlendiriliyor ve bu şekilde Ekenstam bir geri-bildirime sahip oluyor. Bu yolla, Ekenstam elinin hareketini kontrol edebiliyor ve üstelik "hissedebiliyor" da. Geri-bildirim özelliği beden hareketinin temel özelliklerinden biri olduğundan, bu teknoloji, protez uzuvlu ampute[173] insanların tedavilerinde köklü bir değişime yol açabilir.

---

[170] *Star Wars*

[171] *Superman*

[172] ülkemizde *Yıldız Savaşları: Bölüm V – İmparator* ismiyle gösterildi. (ç.n.)

[173] *amputee*: bir uzvu kesilmiş kimse. (ç.n.)

"Benim için muhteşem bir şeydi. Uzun bir zamandan beri olmayan bir duygu sardı beni. Şimdi dokunma duyusunu geri alıyorum. Bir şeyi sıkıca tutarsam, onu parmak uçlarımda hissedebilirim, ama bu çok garip; çünkü çoktandır ben onlara sahip değilim." diye konuşuyor Ekenstam.

Bu alandaki araştırmacılardan biri, Scuola Superiore Sant'Anna'dan[174] Christian Cipriani şöyle konuşuyor: "İlk önce, beyin herhangi bir kas çekilmesine yol açmadan mekanik eli kontrol altında tutar. İkinci olarak, el, hastaya geri-bildirim verebilecek ve böylece hasta hissedebilecek. Aynen gerçek bir el gibi."

Bu gelişme önemlidir; çünkü bu, bir gün insanların hiçbir çaba göstermeden mekanik uzuvları, etten ve kemikten yaratılmışlarcasına, kontrol edebilecekleri anlamına gelir. İnsanlar, metaldan yapılma kol ve bacakların nasıl hareket ettirileceğini meşakkatli bir şekilde öğrenmek yerine, bu mekanik ikincil organlar gerçekmiş gibi davranacaklar, elektronik geri-bildirim mekanizmasıyla, (mekanik) uzuvlarının en küçük bir hareketini bile hissedebilecekler.

Bu ayrıca, beynin son derece plastik olduğunu, durağan olmadığını, yeni işler öğrendikçe kendisini yeniden yapılandırdığını ve kendisini yeni durumlara göre ayarlayabildiğini söyleyen kuramın bir kanıtıdır. Bundan dolayı beyin, yeni bir ikincil organa uyum göstermeye ya da onu hissetmeye yetecek kadar uyumlu olacaktır. Bu yeni organlar beynin farklı yerlerine bağlanabilir ve beyin yalnızca bu yeni eklenenleri kontrol etmeyi öğrenir. Durum gerçekten böyleyse beyin, farklı ikincil organlara ve farklı cihazlardan gelen alıcılara takılabilen ve böylece onları kontrol edebilen modüler[175] bir cihaz olarak görülebilir. Beynimiz yeni bir görevi, bu görev ne olursa olsun, her öğrenişinde yeni bağlantılar ve sinirsel yollar yapan bir çeşit sinirsel ağ ise bu çeşit bir davranış beklenebilir.

Rodney Brooks, "Gelecek on ila yirmi yıl içinde, robot teknolojisini, silikon ve çeliği benimseyeceğimiz ve onları vücutlarımız içinde kullanmaya başlayacağımız kültürel bir değişime

---

[174] *Scuola Superiore Sant'Anna*: İtalya Pisa'da bir üniversite. (ç.n.)

[175] *modular*: birimsel, yapılacak işe özel. (ç.n.)

şahit olacağız; bunları, yapabileceklerimizi daha da geliştirmek ve dünyayı anlamak için yapacağız." diye yazmıştı. Brooks, Brown Üniversitesi'ndeki[176] ve Duke Üniversitesi'ndeki,[177] beyni doğrudan bir bilgisayara ya da bir mekanik kola bağlama çalışmalarındaki ilerlemeleri analiz ettikten sonra, şöyle bağlamıştı sözlerini: "Hepimiz, doğrudan beyinlerimize takılmış/kurulmuş kablosuz bir internet bağlantısına sahip olabiliriz."

Brooks bir sonraki aşamada, silikon ve canlı hücrelerin bir araya geleceğini öngörüyor ve bunun yalnızca vücut hastalıklarını iyileştirmek için değil de, kapasitelerimizi yavaşça arttırmak için de yapılacağını tahmin ediyor. Örneğin, bugünün kulak ve retina implantları nasıl duyma ve görme duyularını düzeltebiliyorlarsa yarınınkiler bize süperinsan yetenekleri verebilirler. Yalnızca köpeklerin duyabileceği ve görebileceği morötesi, kızılötesi ve x-ışını dalgalarını duyabilir ve görebiliriz.

Kendi zekâmızı arttırabilmemiz de mümkün olabilir. Brooks, ilave nöron katmanlarının bir sıçanın beynine, gelişimindeki kritik bir zamanda, eklendiği araştırmalara atıfta bulunuyor. Sıçanların bilişsel[178] yetenekleri olağanüstü bir şekilde artmıştı. Brooks, insan beyninin zekâsının benzer bir işlemle geliştirilebileceği yakın gelecekteki bir zamanı tasavvur ediyor. Sonraki bölümlerin birinde, biyologların, medyanın "akıllı fare geni"[179] adını verdiği bir sıçan genini daha şimdiden izole etmiş olduklarını göreceğiz. Bu genin eklenmesiyle elde edilen geliştirilmiş fareler, çok daha büyük hafızalara ve öğrenme yeteneklerine sahipler.

Brooks yüzyıl ortasına kadar, bizlere sıradan insanınkilerin çok üzerinde yetenekler bahşedecek, insan vücudunda görünürde fantastik iyileştirmelerin mümkün olacağı bir zamanı tasavvur ediyor: "Bundan elli yıl sonra, genetik tadilat/modifikasyon yoluyla insan vücudunda yapılacak radikal değişiklikler görmeyi umabiliriz." Elektronik iyileştirmeler de

---

[176] *Brown University*
[177] *Duke University*
[178] *cognitive*
[179] *"smart mouse gene"*

eklenince, "*insan hayvanat bahçesi*[180] bugün bizim hayal bile edemeyeceğimiz şekillerde genişleyecektir... Artık kendimizi Darwinci evrim ile sınırlandırılmış görmeyeceğiz." diye konuşuyor Brooks.

Ama elbette herhangi bir şey çok uç noktalara götürülebilir. Robot yaratıklarımızla kaynaşmada ne kadar ileri gidebiliriz ki bazı insanlar bunu itici bulup karşı gelmesinler?

Taşıyıcılar ve Avatarlar

Robotlarla, insan vücudunu değiştirmeden, birleşebilmenin bir yolu, taşıyıcılar[181] ya da avatarlar[182] yaratmaktır. Bruce Willis'in başrolünü oynadığı *Surrogates*[183] adlı filmde, bilim insanları 2017 yılında insanların robotları kontrol edebilmeleri için bir yol keşfederler: İnsanlar robotların içindeymiş gibi olacak ve böylece yaşamlarımızı mükemmel vücutlar içinde yaşayabileceğiz. Robot her emre yanıt verir ve robotun gördüğü ve hissettiği her şeyi içerdeki kişi de görür ve hisseder. Bizim ölümlü bedenlerimiz çürüyüp bozulduğu halde, bizler süperinsan güçleri olan ve mükemmelen şekillendirilmiş robot taşıyıcımızın hareketlerini kontrol edebiliriz. Film gittikçe karışır; çünkü insanlar hayatlarını güzel, yakışıklı ve süpergüçlü robotlar olarak yaşamayı tercih ederler, uygun bir şekilde saklanıldığı yerlerde çürümekte olan vücutlarını terkederler. Tüm insan ırkı gerçekle yüzleşmektense aslında, kendi isteğiyle robotlaşır.

Avatar filminde bu bir adım ileriye götürülür. Hayatlarımızı mükemmel robotlar olarak yaşamak yerine, 2154 yılında uzaylı varlıklar olarak yaşayabiliriz. Filmde bedenlerimiz kapsüllere yerleştirilmiştir; bunlar, özel olarak klonlanmış yabancı/uzaylı[184] bedenlerin hareketlerini kontrol edebilmemize olanak sağlar. Bir anlamda, yeni bir gezegende yaşamamız için, bize tamamen yeni bedenler verilmiştir. Bir personel insanlığından vazgeçmeye ve hayatını bir uzaylı olarak yaşamaya ka-

---

[180] *the human menagerie*

[181] *the surrogates*

[182] *avatar*: sizi temsil eden canlı bir görüntü. (ç.n.)

[183] ülkemizde "Suretler" adı altında gösterildi. (ç.n.)

[184] *alien*

rar verince (bu onları paralı askerlerden korur), filmin kurgusu içinden çıkılmaz bir hal alır.

Bu taşıyıcılar ve avatarlar günümüzde mümkün değillerdir ama gelecekte olası olabilirler.

Geçenlerde, ASIMO yeni bir fikirle, *uzaktan algılama*[185] fikriyle, programlandı. Kyoto Üniversitesi'nde[186] insanlar, beyin alıcıları kullanarak robotların mekanik hareketlerini kontrol etmek için eğitildiler. Örneğin, öğrenciler bir EEG[187] başlığı takarak, ASIMO'nun kollarını ve bacaklarını yalnızca düşünme yoluyla oynatabiliyorlar. Şimdiye kadar, kolların ve başın dört farklı hareketi mümkündür. Tüm bunlar yapay zekânın bir diğer alanının kapısını açar: Zihinle kontrol edilen robotlar.

Her ne kadar bu, maddenin üzerinde aklın/zihnin[188] basit bir gösterimi olsa da, önümüzdeki onyıllarda, bir robotta kontrol edebileceğimiz hareketlerin sayısını arttırmak mümkün olacak. Ayrıca geri-bildirim de alabileceğiz ve böylece yeni robot ellerimizle "hissedebileceğiz." Gözlüklerimiz ya da kontakt lenslerimiz robotların gördüklerini görmemize izin verecek ve en sonunda robotun beden hareketleri üzerinde tam bir kontrole sahip olabileceğiz.

Bu ayrıca, Japonya'nın göç probleminin azaltılmasına da yardımcı olabilir. İşçiler/çalışanlar farklı ülkelerde konumlanmış olabilirler, ama yine de onlar, beyin alıcılarını kuşanarak, binlerce kilometre uzaktan robotları kontrol edebilirler. Yani, internet yalnızca beyaz-yakalı[189] çalışanların düşüncelerini değil, mavi-yakalı[190] çalışanların da düşüncelerini taşıyabilir, bu düşünceleri fiziksel hareketlere dönüştürebilir. Bu, robotların, çok yüksek sağlık giderleriyle boğuşan ve çalışan insan eksikliği çeken herhangi bir ülkenin ayrılmaz bir parçası olacağı anlamına da gelebilir.

---

[185] *remote sensing*

[186] *Kyoto University*

[187] EEG ya da *electroencephalography*, elektroensefalografi: beyin dalgalarının elektriksel yöntemle izlenmesi. (ç.n.)

[188] *mind over matter*

[189] bir mühendis gibi fikri bir iş yapan. (ç.n.)

[190] bedensel iş gören. (ç.n.)

Robotları uzaktan algılamayla kontrol etmenin başka yerlerde de uygulamaları olabilir. Herhangi bir tehlikeli ortamda (örneğin, su altında, yüksek-gerilim hatlarının yakınlarında ya da yangınlarda), insan düşüncesiyle kontrol edilen robotlar kurtarma görevlerinde kullanılabilirler. Ya da denizaltı robotları doğrudan insanlara bağlanabilirler, böylece insanlar yalnızca düşünce yoluyla birçok yüzen robotu kontrol edebilirler. Taşıyıcılar[191] süpergüçlere sahip olacaklarından, suç işleyenleri takip edebilirler (suçlular da süpergüçlü taşıyıcılar olmamak koşuluyla). Bedenlerimizi hiç değiştirmeden robotlarla bir araya gelmenin tüm avantajlarından yararlanılabilir.

Böylesine bir düzenleme uzay araştırmalarında, özellikle kalıcı bir ay üssü kurmak zorunda kaldığımızda, çok yararlı olabilir. Astronotlar güvenli bir şekilde Dünya'ya dönerlerken, taşıyıcılarımız ay üssünün bakımı ile ilgili tüm tehlikeli işleri yapabilirler. Astronotlar, tehlikeli bir yabancı araziyi keşfederlerken, robotların süperdayanıklılığına ve süpergüçlerine sahip olabilirler. (Bu plan, Mars'taki taşıyıcı robotları kontrol eden astronotlar yeryüzündeyseler çalışmaz çünkü radyo dalgalarının yeryüzünden Mars'a gitmesi ve oradan geri gelmesi 40 dakikaya ulaşan bir zaman alabilir. Ancak, astronotlar Mars üzerindeki kalıcı bir üste güvenli bir şekilde çalışırlarken, taşıyıcı robotlar üssün dışına çıkıp Mars yüzeyinde tehlikeli görevleri yerine getirebilirler.)

Robotlarla Birleşme Nereye Kadar?

Bir robot öncüsü olan Hans Moravec tüm bunları birkaç adım daha ileri götürür ve çok uçlarda bir versiyonu hayal eder: Bizler, kendimizin inşa ettiği robotların bizatihi kendisi olacağız. Moravec robot yaratıklarımızla nasıl birleşebileceğimizi bana açıkladı: Beynimizdeki her bir nöronu, bir robot içindeki bir transistörle değiştirecek bir beyin operasyonu geçirerek. Operasyon biz, beyni olmayan bir robotun bedeni yanında yatarken başlar. Bir robot cerrah, beynimizdeki her bir gri madde topağını alır, her bir topağın transistör-transistör

[191] *the surrogates*

ikinci bir kopyasını yapar, nöronları transistörlere bağlar ve transistörleri robotun boş kafatasına yerleştirir. Robotta ikinci kopyası çıkarılan her bir nöron topağı elden çıkarılır. Bu nazik operasyon gerçekleştirilirken, bilincimiz tamamen açıktır. Beynimizin bir parçası eski bedenimiz içindedir, ama diğer parçası, transistörlerden yapılmış olarak, yeni robot bedenimiz içindedir. Operasyon bittiğinde, beynimiz tamamen bir robotun bedeni içine transfer edilmiş olur. Yalnızca robot bir bedene değil, bir robotun bize sağlayacağına da sahip oluruz. Bu, şeklen mükemmel olan süperinsan bedenler içindeki ölümsüzlüktür. Bu yirmi birinci yüzyılda mümkün olmayacak, ama yirmi ikinci yüzyılda bir seçenek olacak.

Nihai senaryoda, hantal bedenlerimizden tamamen kurtuluruz ve en sonunda kişiliklerimizin kodlandığı saf yazılım programlarına dönüşürüz. Kişiliklerimizin tümünü bir bilgisayara "indiririz". Eğer bir kişi, üzerinde isminiz yazan bir düğmeye basarsa bilgisayar siz hafızasındaymışsınız gibi davranır; çünkü sizin tüm kişilik özelliklerinizi devreleri içinde kodlamıştır. Bizler ölümsüz oluruz, ama zamanımızı bir bilgisayar içinde hapsedilmiş olarak, devasa siberuzay/sanal-gerçeklik içindeki diğer "insanlarla" (yani, diğer yazılım programlarıyla) iletişim kurarak geçiririz. Bedensel varlığımız bir kenara atılır ve onun yerini bu devasa bilgisayardaki elektronların hareketi alır. Bu tasvirdeki nihai kaderimiz, fiziksel bedenimize ait tüm o belirgin duygularımız sanal bir cennette dans ediyorken, bu çok büyük bilgisayar programının satırları olarak kalmaktır. Derin düşüncelerimizi, bu büyük illüzyonu yaşamakta olan bilgisayar programının diğer satırlarıyla paylaşacağız. Yeni dünyalar fethederek büyük kahramanlıklar, yiğitlikler göstereceğiz, ama bir bilgisayar içinde dans etmekte olan elektronlardan ibaret olduğumuz gerçeğinden habersiz olacağız. Elbette biri kapatma düğmesine basana kadar.

Ama bu senaryoların üzerine gitmemizi önleyen bir problem var: Mağara Adamı İlkesi.[192] Daha önce bahsettiğimiz gibi,

---

[192] *the Cave Man Principle*

beyinlerimizin mimarisi, bundan 100.000 yıl önce Afrika'da ortaya çıkan ilkel avcı-toplayıcı atamızın beynininki ile aynıdır. En gizli arzularımız, iştahımız, şehvetimiz, isteklerimiz, bunların hepsi Afrika'nın çayırlarında, avcılardan kaçarken, oyun peşinde koşarken, ormanlarda yiyecek ararken, eş ararken ve kamp ateşi önünde eğlenirken şekillenmiştir.

Bizi yönlendiren en önemli güdülerden biri, düşünce dokumuzun derinliklerine gömülü olan, özellikle karşı cinse ve akranlarımıza iyi görünme isteğidir. Eğlence giderlerimizden sonra, harcanabilir gelirimizin çok büyük bir kısmını görünüşümüze ayırırız. Bu ise estetik cerrahide, botoksta, bakım ürünlerinde, güzel giysilerde ve bunlara ek olarak yeni danslar öğrenme, kas geliştirme, en son müziği satın alma ve formunu koruma isteklerinde görülen çok hızlı büyümenin nedenidir. Eğer bunları üst üste koyarsanız, tüketici harcamalarının devasa bir kısmını elde edersiniz ve bu da Amerika Birleşik Devletleri ekonomisinin büyük bir bölümüne karşılık gelir.

Bu, neredeyse ölümsüz mükemmel bedenler yaratabilme yeteneğimizle bile kafamızdan sallanan implantlarla hantal bir robota benzeyeceksek eğer, robot bedenlere sahip olma isteğine muhtemelen direnç göstereceğiz anlamına gelir. Kimse bir bilimkurgu filminden çıkma sığınmacıya benzemek istemez. Gelişmiş bedenlere sahipsek bunlar bizi karşı cins için çekici kılmalı ve akranlarımız arasındaki itibarımızı arttırmalıdır; aksi takdirde bu bedenleri istemeyiz. Hangi genç gelişmiş ama yavan ve kötü görünmek ister ki?

Bizim hepimizin bedenlerimizden kopacağımız ve salt zekâdan oluşan, bir bilgisayarın içinde yaşayan, derin düşüncelere dalmış ölümsüz varlıklar olarak varlığımızı sürdüreceğimiz fikri bazı bilimkurgu yazarlarının hoşuna gidiyor. Ancak, kim bu şekilde yaşamak ister ki? Bizim soyumuzdan gelecek olanlar muhtemelen bir kara deliği resmeden diferansiyel denklemleri çözmek istemeyecekler. Gelecekte insanlar, bir bilgisayar içinde yaşarken atomaltı parçacıkların hareketlerini hesaplamaktansa rock müziği demode bir tarzda dinleyerek daha çok vakit harcamak isteyebilirler.

UCLA'dan[193] Greg Stock daha ileri gider ve beynimizi bir süperbilgisayara bağlatmanın az bir avantajı olduğu sonucuna varır. "Beynim ile bir süperbilgisayar arasında işleyen bir bağlantıya sahip olmanın bana ne kazandıracağını düşünmeye çalışırken, iki ölçüt için ısrarım beni engeller: Bundan elde edeceğim yararlara, başka yollarla ve vücuda müdahale içermeyen işlemlerle kolayca ulaşamamalıyım ve bu yararlar beyin ameliyatının yaratacağı rahatsızlığa değmelidir." diye konuşmuştu Stock.

Sonuçta, gelecek için birçok olası seçenek olmasına karşın, ben kişisel olarak akla en yatkın olan yolun şu olacağına inanıyorum: Yardımsever ve iyi niyetli robotlar inşa edeceğiz, yeteneklerimizi bir dereceye kadar geliştireceğiz, ama bir yandan da Mağara Adamı İlkesi'ni takip edeceğiz. Taşıyıcılar aracılığıyla, geçici olarak bir süperrobotun hayatını yaşama fikrini memnuniyetle kabul edeceğiz, ama hayatlarımızı kalıcı olarak bir bilgisayarın içinde yaşama ya da tanınmaz hale gelinceye kadar bedenlerimizi değiştirme fikirlerine ayak direyeceğiz.

Tekilliğin[194] Önündeki Engeller

Robotların ne zaman insanlar kadar akıllı olacağını kimse bilmiyor. Ancak, ben kişisel olarak, birkaç nedenden dolayı, bunun tarihini bu yüzyılın sonuna doğru diye belirliyorum.

İlk olarak, bilgisayar teknolojisindeki baş döndürücü ilerlemeler Moore yasası nedeniyle gerçekleşti. Bu ilerlemeler 2020-25 yılları civarında yavaşlayacak hatta duracak, bu yüzden de bu tarihlerden sonra bilgisayarların hızını güvenilir bir şekilde hesaplayıp hesaplayamayacağımız net değildir. (Silikon sonrası döneme ait daha fazla ayrıntı için 4. Bölüm'e bakınız.) Ben bu kitapta bilgisayar gücünün büyümeye devam edeceğini ama bunun daha yavaş bir oranda/hızda olacağını farz ettim.

İkinci olarak, bir bilgisayar 10^{16} gibi inanılmaz bir hızla işlem yapabilse bile, bu ille de onun bizden daha akıllı olduğu anla-

---

[193] *UCLA: University of California, Los Angeles*

[194] *the singularity*

mına gelmez. Örneğin, IBM'in satranç oynayan makinesi Deep Blue[195] saniyede 200 milyon pozisyonu analiz edebiliyordu ve dünya şampiyonunu yenebiliyordu. Yine de Deep Blue, tüm hız ve ham hesap gücüne karşın, başka bir şey yapamaz. Gerçek zekâ, öğrendiğimiz haliyle, satranç pozisyonlarını hesaplayabilmekten çok öte bir şeydir.

Örneğin, otistik dahiler[196] mucizevi bir şekilde ezberleme ve hesaplama hünerleri gerçekleştirebilirler. Yine de ayakkabılarının bağlarını bağlamada, bir iş bulmada ya da bir toplulukta faal olmada zorluk çekerler. Merhum Kim Peek (o kadar dikkate değer biriydi ki *Yağmur Adam*[197] filmi onun olağanüstü hayatı üzerine kurulmuştu) 12.000 kitaptaki her bir sözcüğü ezbere biliyor ve yalnızca bir bilgisayarın kontrol edebileceği hesaplamaları yapabiliyordu. Öte yandan, bir IQ testinden[198] ancak 73 alabiliyor, sohbet etmekte güçlük çekiyor ve hayatta kalabilmek için devamlı yardıma ihtiyaç duyuyordu. Babasının desteği olmasa çaresiz biriydi. Diğer bir ifadeyle, geleceğin süperhızlı bilgisayarları otistik dahiler gibi olacaklar, çok büyük miktarlarda bilgiyi ezbere bilecekler, ama bundan fazlası da olmayacaklar, gerçek dünyada kendi başlarına hayatta kalamayacaklar.

Bilgisayarlar beynin işlem yapma hızına erişmeye başlasa bile, her şeyi çalışır kılmak için gerekli yazılım ve programlamalardan hâlâ yoksun olacaklar. Beynin işlem yapma hızına erişmek yalnızca mütevazı bir başlangıçtır.

Üçüncü olarak, zeki robotlar mümkün olsa bile, bir robotun kendisinden daha akıllı bir kendi kopyasını yapıp yapamayacağını kesin olarak bilmiyoruz. Kendi kendisini kopyalayan robotlar fikrinin arkasındaki matematiği ilk geliştiren, oyun kuramını[199] ortaya atan ve elektronik bilgisayarın gelişmesine katkıda bulunan John von Neumann'dır. O, bir makinenin kendi

---

[195] *Derin Mavi*
[196] *autistic savants*
[197] *Rain Man*
[198] *IQ (intelligence quotient) test:* zekâ testi. (ç.n.)
[199] *game theory*

kopyasını yaratabilmesinden önce yerine getirilmesi gereken varsayımların yeter sayısını belirleme probleminin öncülüğünü yaptı. Ne var ki, bir robotun kendisinden daha akıllı bir kendi kopyasını yapıp yapamayacağı sorununa hiç değinmedi. Aslında, "akıllı"[200] sözcüğünün tanımının bizatihi kendisi problemlidir; çünkü "akıllı" sözcüğünün evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı yoktur.

Elbette bir robot, basit bir yükseltme işlemiyle ve daha fazla çip ekleyerek, daha fazla hafızası ve işlem yapma yeteneği olan bir kendi kopyasını yaratabilir. Ancak bu, elde edilen kopyanın daha akıllı ya da daha hızlı olacağı anlamına gelir mi? Örneğin, bir hesap makinesi, çok daha fazla bir hafızası ve işlem yapma sürati ile bir insandan milyonlarca kez daha hızlıdır, ama kesinlikle daha akıllı değildir. Sonuçta zekâ, yalnızca hafıza ve hızdan ibaret değildir, çok daha ötesidir.

Dördüncü olarak, donanım[201] üstel olarak gelişse bile, yazılım[202] böyle olmayabilir. Donanım gittikçe küçülen transistörleri bir plaka üzerine asitle işleyerek büyümüştür, ama yazılım tamamen farklıdır: Elinde bir kalem ve kâğıtla bir masaya oturup program yazacak bir insana ihtiyaç duyar. Tıkanma noktası işte burasıdır: İnsan.

Yazılım, tüm yaratıcı insan faaliyetleri gibi, gayet düzensiz bir tempoyla, parlak sezgi ve esinler arasında uzun ve can sıkıcı mahpusluk ve durgunluk nöbetleri ile ilerler. Yazılım, silikon üzerine daha fazla transistör yerleştirmenin aksine, ki bu saat gibi tıkır tıkır işlemiştir, insanın tahmin edilemez yaratıcılığına ve geçici heveslerine bağlıdır. Dolayısıyla, bilgisayar gücündeki istikrarlı ve üstel büyümeye ilişkin tüm tahminler anlamlı sayılarla desteklenmelidir. Bir zincir en zayıf halkasından daha kuvvetli değildir ve burada en zayıf halka insan tarafından yapılan yazılım ve programlamalardır.

Mühendislikteki gelişmeler çoğu kez üstel olarak artarlar, özellikle de sorun devam edegelen bir işlemde daha büyük bir

---

200 *"smart"*
201 *hardware*
202 *software*

verimlilik elde etmek ise. Gittikçe artan bir sayıda transistörü bir plaka üzerine asitle kaynaklamak buna bir örnektir. Ancak, söz konusu olan bir temel bilim araştırması ise (ki burada şansa ustalığa ve beklenmedik zamanlarda gelen dâhiyane fikirlere ihtiyaç vardır) gelişme/ilerleme daha çok "aralıklı denge"[203] şeklinde ortaya çıkar. Diğer bir deyişle, tüm çalışma alanını değiştiren, çığır açan buluşlar, pek bir şeyin vuku bulmadığı uzun zaman dilimleri arasında apansız bir şekilde ortaya çıkar. Newton'dan Einstein'a ve ondan bugüne temel bilimler tarihine bakarsak, "aralıklı denge" kavramının, bilimin ilerleme şeklini daha doğru bir şekilde tasvir ettiğini görürüz.

Beşinci olarak, beynin ters mühendisliği araştırmalarında gördüğümüz gibi, projenin insanı afallatan maliyeti ve büyüklüğü onun gerçekleştirilmesini muhtemelen yüzyıl ortasına kadar erteletecektir. Bu yüzden, tüm bu verinin anlamlandırılması daha onlarca yıl sürebilir ve bu da beynin ters mühendisliğinin nihai olarak gerçekleştirilmesini yüzyılın sonuna doğru iteleyebilir.

Altıncı olarak, makinelerin aniden bilinçlenecekleri bir "büyük patlama"[204] olmayacak. Bilinci, daha önce yaptığımız gibi, geleceğe ilişkin simülasyonlar yaparak geleceği planlama yeteneğini de içerecek bir şekilde tanımlarsak, bir bilinç yelpazesinden/ölçeğinden bahsedebiliriz. Makineler bu ölçekte yavaşça yükselecekler ve böylece bize hazırlanmak için yeterince zaman bırakacaklar. Ben bunun yüzyılın sonuna doğru gerçekleşeceğine inanıyorum, bu nedenle de bize sunulan çeşitli seçenekleri tartışmak için daha bol zamanımız var. Ayrıca, makinelerdeki bilincin muhtemelen kendine has gariplikleri de olacak. Sonuçta, ilk önce salt insan bilinci değil, bir "silikon bilinç"[205] formu gelişecek.

Ama bu da başka bir konuyu gündeme getirir. Bedenimizi geliştirmenin mekanik yolları olduğu gibi, biyolojik yolları da vardır. İşin doğrusu, evrimin tüm kuvveti daha iyi genlerin

---

[203] *"punctuated equilibrium"*
[204] *"big bang"*
[205] *"silicon consciousness"*

seçiminden kaynaklanır. Öyleyse evrimin milyonlarca yılını neden kestirmeden katederek genetik kaderimizi kontrol altına almıyoruz?

Kimsenin söylemeye cesareti yok, fakat yeni genler ekleyerek daha iyi insanlar yapabiliyorsak, neden yapmayalım ki?

—JAMES WATSON, *Nobel Ödülü Sahibi*

Bu yüzyıl içinde vücudumuzun açığa çıkmamış herhangi bir sırrının olacağına gerçekten inanmıyorum. Dahası, aklımıza getirebildiğimiz her şey muhtemelen gerçekleşecektir.

—DAVID BALTIMORE, *Nobel Ödülü Sahibi*

Zamanın çok da doğru olduğunu düşünmüyorum, ama yakındır. Korkarım, ne yazık ki, ben ölümü tadacak son neslin içindeyim.

—GERALD SUSSMAN

3
Tıbbın Geleceği

Mükemmellik ve Ötesi

MİTOLOJİNİN TANRILARI nihai gücün sahibiydiler. Bu, hayat ve ölüm üzerinde kontrolü olan güçtür, hastayı iyileştirme ve hayatı uzatma yeteneğidir. Rahatsızlıklarımız ve hastalıklarımızdan kurtulma isteği, tanrılarımıza ettiğimiz dualarımızın en başında gelirdi.

Yunan ve Roman mitolojilerinde, şafak tanrıçası güzel Eos'un öyküsü vardır. Bir gün, bir ölümlü olan yakışıklı Tithonus'a sırılsıklam âşık olur. Eos mükemmel bir bedene sahipti ve ölümsüzdü, ama Tithonus en sonunda yaşlanacak, vücudu buruşacak ve yok olacaktı. Aşkını bu iç karartıcı yazgıdan kurtarmaya kararlı olan Eos, tanrıların babası olan Zeus'a yalvardı, ondan Tithonus'a ölümsüzlük hediyesini bahşetmesini istedi.

Böylece sonsuzluğu beraber yaşayabileceklerdi. Sevgililere acıyan Zeus, Eos'un bu isteğini yerine getirdi.

Ama Eos, acelesinden, sevgilisi için sonsuz gençlik istemeyi unutmuştur. Tithonus sonuçta ölümsüz olmuştu ama bedeni de yaşlanıyordu. Ölemiyordu ve gün geçtikçe kuvvetten düşüyor ve çürüyordu; ızdırap ve acı dolu bir sonsuzluğu yaşıyordu.

Bu, yirmi birinci yüzyıl biliminin yüz yüze kaldığı sorundur. Bilim insanları şimdi, insan genomunun[1] tamamını içeren ve yaşlanmayı anlama konusunda bize mucizevi ilerlemeler vadeden, hayatın kitabını okuyorlar. Ancak, hayatın sağlık ve kuvvet olmaksızın uzaması, Tithonus'un trajik bir şekilde öğrendiği gibi, ebedi bir ceza olabilir.

Bu yüzyılın sonuna kadar, bizler de bu mitlere özgü, hayat ve ölüm üzerinde kontrolü olan gücün çoğuna sahip olacağız. Bu güç, hastaları iyileştirmeyle sınırlı olmayacak, insan bedenini iyiye götürmek ve hatta yeni yaşam formları yaratmak için kullanılacak. Bu güce dualar ya da büyülü sözler aracılığıyla değil, biyoteknoloji mucizesi ile kavuşacağız.

Hayatın gizlerinin kilidini açan bilim insanlarından biri, acelesi olan bir adam, Robert Lanza'dır. O, genç, enerjik ve dumanı üstünde fikirlerle dolu -çok az zamanda gerçekleştirebilecek çok fazla sayıda atılım!- yeni nesil bir biyologtur. Lanza biyotek[2] devrimin zirvesindedir. Şekerci dükkânındaki bir çocuk gibi, keşfedilmemiş toprakları didik didik araştırmaktan zevk alıyor, çok önemli konularda çığır açan keşifler gerçekleştiriyor.

Bir ya da iki nesil önce, gidişat çok farklıydı. Biyologları pek bilinmeyen kurtçuklar ya da böcekleri sakin sakin incelerken, çok sabırlı bir şekilde onların detaylı vücut yapılarını çalışırken ve onlara Latince isim vermek için kafa patlatırken bulabilirsiniz.

Ama Lanza'yı değil.

Bir röportaj yapmak için Lanza ile bir radyo istasyonunda buluştum ve anında onun gençliğinden ve sınırsız yaratıcılığından etkilendim. Her zaman olduğu gibi deneyler arasında koşturup duruyordu. Bana, bu çok hızlı gelişen alana en alışıl-

---

[1] *genome*: bir canlının kalıtım materyalinde (DNA/RNA) bulunan genetik şifrelerin tamamı. (ç.n.)

[2] *biotech*: biyoteknoloji. (ç.n.)

madık bir şekilde girdiğini anlattı. Çok az kişinin üniversiteye gittiği Güney Boston'un mütevazı işçi ailelerinin birinden geliyordu. Ancak daha lisedeyken, DNA'nın gizemlerinin ortaya çıkmasına ilişkin çarpıcı haberleri duymuştu. Kendini kaptırmıştı bir kere. Bir bilim projesi üzerinde karar kıldı: Bir tavuğu kendi odasında klonlamak. Şaşkına dönmüş anne-babası onun ne yaptığını bilmiyordu, ama yine de onaylarını verdiler.

Projesini başlatmaya kararlı olan Lanza, tavsiye almak için Harvard'a gitti. Orada hiç kimseyi tanımıyordu, bina sorumlusu olduğunu zannettiği bir adama adres sordu. Kafası karışan adam onu ofisine götürdü. Lanza daha sonra bu bina sorumlusunun aslında kendi alanında kıdemli bir araştırmacı olduğunu öğrendi. Bu atılgan genç lise öğrencisinin saf yürekliliğinden etkilenenince, Lanza'yı diğer bilim insanlarıyla tanıştırdı. Bunların arasında onun hayatını değiştirecek Nobel alabilecek kalitede birçok araştırmacı vardı. Lanza kendini *Good Will Hunting*[3] filmindeki Matt Damon'un canlandırdığı karakterle karşılaştırıyor; bu filmde pejmürde kılıklı, şehir yaşamına uyum sağlamış işçi sınıfından bir delikanlı, matematik dehasıyla MIT'deki[4] profesörleri şaşkına çevirir.

Bugün Lanza, Advanced Cell Technology[5] kurumunun bilimsel araştıma şefidir, yüzlerce makale ve buluşu onun ismini taşımaktadır. 2003'te, San Diego Hayvanat Bahçesi[6] ondan *banteng* denilen, nesli tehlikede bir yaban sığırı türünü, yirmi beş yıl önce ölmüş olan birinin cesedinden yararlanarak klonlamasını istediğinde, Lanza manşetlerde birinci sıradaydı. Kullanılabilir hücreleri cesetten başarıyla ayırabildi, onları işledi ve Utah'taki bir çiftliğe gönderdi. Orada, döllenmiş hücre dişi bir sığıra yerleştirildi. On ay sonra, en son eserinin daha az önce doğduğu haberini aldı. Lanza başka bir gün, "doku mühendisliği"[7] üzerinde çalışıyor olabilir; bu araştırma alanı en sonunda, hastalıklı ya da eskimiş organlarla değiştirmek üzere, bizim

---

[3] Ülkemizde *Can Dostum* adıyla gösterildi. (ç.n.)

[4] *the Massachusetts Institute of Technology*

[5] *İleri Hücre Teknolojileri* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[6] *the San Diego Zoo*

[7] *"tissue engineering"*

kendi hücrelerimizden üretilecek, yeni organ siparişleri verebileceğimiz, bir *insan beden mağazası* ortaya çıkarabilir. Lanza başka bir zaman, insan embriyo/cenin hücrelerini klonlama üzerine çalışıyor da olabilir. O, embriyonik kök hücrelerini üretme amacıyla, Dünya'nın ilk insan embriyosunu klonlayan tarihî takımın bir parçasıydı.

Tıbbın Üç Aşaması

Lanza, DNA'mız içinde saklanmış bilginin ortaya çıkarılmasıyla oluşmuş, bir keşif dalgasının üzerinde yol almakta. Tıp bilimi tarihsel olarak en az üç büyük aşamadan geçmiştir. Bunların onbinlerce yıl sürmüş olan ilk aşamasında, batıl inançlar, büyücülük ve kulaktan dolma söylentiler tıp bilimine egemen olmuştu. Çoğu bebek doğumda ölüyor, ortalama ömür 18 ila 20 yıl arasında değişiyordu. Bazı yararlı şifalı bitkiler ve kimyasallar/eczalar (aspirin gibi) bu dönem boyunca keşfedildiler, ama çoğu zaman yeni tedaviler bulmanın sistematik bir yolu yoktu. Ne yazık ki, gerçekten işe yarayan çare ve devalar dikkatle saklanan sırlardı. "Doktor", hayatını zengin hastalarını memnun ederek kazanıyordu ve iksirlerini ve sihirli sözlerini/şarkılarını gizli tutma hakkına sahipti.

Bu dönem boyunca, Mayo Clinic'in[8] kurucularından biri, hastalarını rutin olarak dolaşırken özel bir günlük tutmuştu. Günlüğüne, açık yüreklilikle, siyah çantasında gerçekten işe yarayan yalnızca iki etkin malzeme olduğunu yazmıştı: Bir demirci testeresi ve morfin. Testere hastalıklı uzuvları kesmek için kullanılıyordu ve morfin uzvun kesilip alınmasının[9] yarattığı ızdırabı kesmek için kullanılıyordu. Bu ikisi her zaman işe yarıyordu. Bu siyah çantadaki diğer her şey aldatmaca ve şarlatanlıktan başka bir şey değildi, diye üzgün bir şekilde hayıflanıyordu.

Tıbbın ikinci aşaması, mikrop kuramı ve daha iyi sağlık önlemlerinin hayatımıza girmesiyle, on dokuzuncu yüzyılda başladı. 1900'lü yılların Amerika Birleşik Devletleri'nde ortalama

---

[8] *the Mayo Clinic*: Rochester, Minnesota, Birleşik Devletler merkezli, kâr amacı gütmeyen tıbbi uygulama ve araştırma grubu. (ç.n.)

[9] *amputation*

ömür kırk dokuz yıla çıkmıştı. Birinci Dünya Savaşı sırasında Avrupa'daki harp meydanlarında on binlerce asker ölürken, doktorların gerçek deneyler yapmalarına acil ihtiyaç vardı; bu deneylerin sonuçları o zamanlar, tekrarlanabilir/yeniden üretilebilir sonuçlarıyla, tıp dergilerinde basılırdı. Avrupa'daki krallar, ellerindeki en iyi ve en parlak insanların kıyıma uğradıklarını görüp dehşete düşmüşler ve doktorlardan hokus-pokus değil, gerçek sonuçlar talep etmişlerdi. Doktorlar zengin patronlarını memnun etmeye çalışmak yerine, kanuni meşruiyet ve hakemli dergilerde makale yayınlamayla gelen şöhret uğruna mücadele ediyorlardı artık. Bütün bunlar, ortalama ömrü yetmiş yıl ve ötesine çıkaran antibiyotikler ve aşılardaki ilerlemelerin zeminini hazırlamıştı.

Tıbbın üçüncü aşaması moleküler tıptır.[10] Bizler fiziğin ve tıbbın bir araya gelip kaynaşmasını ve böylece tıbbın atomlara, moleküllere ve genlere indirgendiğini görüyoruz. Bu tarihî dönüşüm 1940'larda, kuantum kuramının[11] kurucularından biri olan Erwin Schrödinger'in *Hayat Nedir?*[12] adlı etkileyici kitabını yazdığında başladı. Schrödinger, nesnelere hayat katan gizemli bir ruhun, ya da bir hayat kuvvetinin,[13] var olduğu mefhumunu reddediyordu. Onun yerine, tüm hayatın bir çeşit kodlamaya/şifrelemeye dayandığı ve bunun bir molekül üzerine kodlandığı/şifrelendiği tahmininde bulunuyordu. Bu molekülün ortaya çıkarılmasıyla, hayatın gizeminin çözülebileceğini varsaymıştı. Schrödinger'in kitabından esinlenen fizikçi Francis Crick, bu efsanevi molekülün DNA olduğunu kanıtlamak için, genetikçi James Watson'la bir araya geldi. 1953'te Watson ve Crick tüm zamanların en önemli keşiflerinden birini yaptılar ve DNA yapısının kilidini açtılar; bu (aksi yönlerde dönen) çift helisli/sarmallı[14] bir yapıydı. Yapısından çözülüp alındığında, tek bir DNA kordonu/teli/ipi 180 santimetre civarı bir uzunluğa sahiptir. Böyle bir kordonun üzerinde, şifrelemeyi sağlayan,

---

[10] *molecular medicine*
[11] *the quantum theory*
[12] *What Is Life?*
[13] *life force*
[14] *double helix*

A,T,C,G (adenin, timin, sitozin ve guanin[15]) diye adlandırılan 3 milyar nükleik asit vardır. DNA molekülü boyunca yerleştirilmiş bu nükleik asitlerin kesin sırası tespit edilerek, hayatın kitabı okunabilir.

Moleküler genetik bilimindeki[16] hızlı gelişmeler en sonunda, tıp tarihinde gerçek bir kilometre taşı olan İnsan Genom Projesi'nin[17] ortaya çıkmasına neden oldu. 3 milyar dolar civarında bir maliyeti ve muazzam bir çapı olan, tüm dünyada işbirliği yapmış yüzlerce bilim insanının çalışmasını içeren ve dolayısıyla çok yoğun ve hızlı bir şekilde çalışılmış bu projenin amacı, insan vücudundaki tüm genleri sıralamaktı. Proje 2003'te tamamlandı ve bilimde yeni bir dönemin müjdecisi oldu. Er ya da geç, herkes kendi kişisel genetik şifrelerine, bir CD içinde kullanıma hazır bir şekilde, sahip olacak. Bu sizin 25.000 geninizi listeleyecek; bu sizin "kullanıcı el kitabınız" olacak.

Nobel Ödülü sahibi David Baltimore, "Bugün biyoloji bir bilişim bilimidir"[18] diyerek özetlemişti durumu.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

Genomik[19] Tıp

Tıp bilimindeki bu dikkate şayan patlamanın arkasındaki güç, bir dereceye kadar, kuantum kuramı ve bilgisayar devrimidir. Kuantum kuramı bize, bir protein ve DNA molekülündeki atomların nasıl tanzim edildiklerini resmeden, şaşırtıcı bir şekilde ayrıntılı olan modeller sağladı. Yaşamın moleküllerini, en baştan, atom atom nasıl inşa edeceğimizi biliyoruz artık. Gen dizimi[20] –uzun, can sıkıcı ve pahalı bir işlemdi– şimdi robotların ellerinde ve tamamen otomatik olarak yapılmaktadır. Baş-

---

[15] *adenine, thymine, cytosine, and guanine*

[16] *molecular genetics*

[17] *the Human Genome Project*

[18] *information science*

[19] *genomics*: canlıların *genomlarını* yapısal ve işlevsel yönden araştıran bir bilim dalı. (ç.n.)

[20] *gene sequencing*

langıçta tek bir insan vücudundaki tüm genleri dizmenin maliyeti birkaç milyon dolardı. Bu o kadar pahalı ve zaman alıcı bir işlemdi ki, yalnızca bir avuç insan (bu teknolojiyi mükemmelleştiren bilim insanları dâhil) kendi genlerini okutabilmişlerdi. Birkaç yıl içinde, ortalama bir insan bu egzotik teknolojiden yararlanabilecek.

(1990'ların sonunda Almanya, Frankfurt'ta, tıbbın geleceği hakkında düzenlenen bir konferansın açılış konuşmasını yaptığımı şimdi bile canlı bir biçimde hatırlıyorum. 2020 yılına kadar, kişisel *genomlar/genetik şifreler* fikrinin gerçekleşebileceğini ve herkesin, bir CD ya da çip içinde kodlanmış bir şekilde, kendi genlerine sahip olabileceğini tahmin ettim. Ancak, bir katılımcı fena halde kızmıştı. Ayağa kalktı ve bu rüyanın olanaksız olduğunu söyledi. Kısaca çok fazla gen vardı ve kişisel genomların ortalama bir insana takdim edilmesinin maliyeti çok fazlaydı. İnsan Genom Projesi 3 milyar dolara mal olmuştu; bir kişinin gen dizilimini yapmanın maliyeti bu maliyetten çok da aşağı olamazdı. Onunla bu sorunu daha sonra tartışınca, problemin ne olduğu yavaş yavaş ortaya çıktı. Bu kişi *doğrusal* düşünüyordu. Ancak, robotlar, bilgisayarlar ve otomatik makineler kullanarak DNA dizilimlerinin yapılmasını mümkün kılan Moore yasası, maliyetleri aşağı çekiyordu. Bu kişi, Moore yasasının biyoloji üzerindeki o büyük etkisini kavrayamamıştı. Dönüp bu olaya tekrar bakınca, eğer tahminde bir hata varsa bu hatanın, kişisel genomlar fikrinin hayat bulması için gereken zamanı abartmak olduğunu daha şimdi fark ediyorum.)

Örneğin, Stephen R. Quake, bir Stanford mühendisi, gen dizilimindeki en son gelişmeleri mükemmelleştirdi. Maliyeti 50.000 dolara çekti ve bu fiyatın da gelecek birkaç yıl içinde 1000 dolara kadar düşeceğini öngörüyor. Bilim insanları uzun zamandır, insanın gen dizilim fiyatı 1000 dolara düştüğünde, bunun toplu gen dizilimlerinin önündeki baraj kapağını açabileceği ve böylece insan ırkının büyük bir bölümünün bu teknolojiden yararlanabileceği yorumunda bulunmaktalar. Birkaç onyıl içinde, tüm genlerinizin dizilim fiyatı 100 dolardan daha aşağıya mal olabilir; bu standart bir kan testinden daha pahalı olmayan bir maliyettir.

(Bu en son yeniliğin anahtarı kestirmeden gitmektir. Quake, bir kişinin DNA'sını, başkalarının şimdiye kadar tamamlanmış DNA dizilimleriyle karşılaştırıyor. İnsan genomunu, 32 bitlik[21] bilgi içeren DNA birimlerine ayırıyor. Sonra, bu 32 bitlik parçaları, diğer insanların tamamlanmış genomlarıyla karşılaştıran bir bilgisayar programını kullanıyor. İki insan DNA'ları bakımından neredeyse tamamıyla aynıdır, yalnızca ortalama %0,1'lik fark vardır; bu ise bir bilgisayarın bu 32 bitlik parçalar içindeki bir eşleşmeyi çabucak bulabileceği anlamına gelir.)

Quake, genom dizimi tam olarak gerçekleştirilmiş dünyadaki sekizinci kişi oldu. Onun bu projeye kişisel bir ilgisi vardı; çünkü kişisel genomunu olası bir kalp hastalığı bulguları için taradı. Ne yazık ki, bu genom taraması, onun bir kalp hastalığı ile ilgili bir genin bir versiyonunu, kalıtım yoluyla aldığını gösterdi. "Kendinize ait genoma bakarken güçlü bir mideye sahip olmanız gerekir." diye acı acı konuşmuştu.

Bu ürkütücü duyguyu ben de bilirim. Sunuculuğunu yaptığım bir BBC-TV/Discovery programı için, kendime ait genomu kısmi olarak tarattırıp bir CD'ye koydurdum. Bir doktor kolumdan kan örneği aldı; bunu Vanderbilt Üniversitesi'ndeki[22] laboratuvara gönderdi ve iki hafta sonra, benim binlerce genimi listeleyen bir CD posta kutuma geri geldi. Bu diski elimde tutmak, onun vücudumun kısmi bir şablonunu içerdiğini bilmek tuhaf bir histi. Prensipte bu disk, benim kendimin makul bir kopyasını yaratmak için kullanılabilirdi.

Ama bu benim merakımı da çekmişti; çünkü bu CD'nin içinde bedenimin sırları da vardı. Örneğin, Alzheimer hastalığına yakalanma riskini arttıran belirli bir gene sahip olup olmadığımı görebilirdim. Endişeliydim; çünkü annem hayatını Alzheimer nedeniyle kaybetmişti. (Şükür ki bu gene sahip değilim.)

Ayrıca, genlerimden dört tanesi, dünyadaki binlerce insanın (onlar da genlerini analiz ettirmişti) genomu ile eşleşmişti. Sonra, benim dört genimle mükemmel bir eşleşmeye sahip kişilerin

---

[21] *bit*: ikili sistemde 0 ya da 1 rakamı; en küçük bilgiyi temsil eder. (ç.n.)
[22] *Vanderbilt University*

konumları bir dünya haritası üzerinde gösterildi. Dünya üzerindeki noktaları analiz edince, Tibet kenarlarından başlayan ve Çin üzerinden Japonya'ya uzanan uzun bir noktalar silsilesini görebildim. Bu noktalar silsilesinin, annemin atalarının binlerce yıl geri giden kadim göç yollarını takip ettiğini görmek insanı hayrete düşürüyordu. Atalarım arkalarında bu kadim göçlerinin yazılı bir kaydını bırakmadılar, ama yolculuklarının sırlarını açığa vuran haritayı, kanım ve DNA'm içinde hakkedilmiş/resmedilmiş olarak bıraktılar. (Babanızın atalarının da izini sürebilirsiniz. Mitokondriyal[23] genler anneden kızına değişmeden geçerken, Y kromozomu babadan oğula geçer. Dolayısıyla, bu genleri analiz ederek, annenizin ya da babanızın atalarının izlerini sürebilirsiniz.)

Yakın gelecekte birçok insanın, ellerinde vücutlarının ayrıntılı planları, kendilerine ait çok özel gizleri okurken (bunlara genomlarında gizlenmiş tehlikeli hastalıklar ve atalarının göç yolları dahil), benim de deneyimlediğim o aynı garip duyguya sahip olacaklarını düşünüyorum.

Ama bilim insanları için bu, tamamen yeni bir bilim dalının, biyobilişimin[24] kapılarını açıyor. Bu dalda, binlerce organizmanın genomu, bilgisayar kullanarak süratle taranır ve analiz edilir. Örneğin, belirli bir hastalıktan muzdarip birkaç yüz kişinin genomlarını bir bilgisayara yükleyerek, zarar görmüş DNA'nın kesin konumu hesaplanabilir. Doğrusunu söylemek gerekirse günümüzde dünyanın en güçlü bilgisayarlarından bazıları biyobilişim ile meşguller, bitkilerde ve hayvanlarda bulunan milyonlarca geni, bazı anahtar genleri tespit edebilmek için analiz ediyorlar.

Bu *CSI*[25] gibi televizyondaki detektiflik dizilerini bile kökten değiştirebilir. (Saç köklerinde, tükürükte ve kan lekesinde bulunan) minik bir DNA parçasıyla, bir kişinin yalnızca saç rengi, göz rengi, etnik yapısı, boyu ve hastalık geçmişi değil, belki de

---

[23] *mitochondrion*, mitokondri: hücrenin enerji üreten organeli; kendilerine ait DNA/RNA'ları vardır. (ç.n.)

[24] *bioinformatics*

[25] *crime science investigation*: olay yeri inceleme. (ç.n.)

yüzü bile belirlenebilir. Bugün polis sanatçılar, bir kurbanın yüzünün yaklaşık bir heykelciğini, yalnızca kafatasını kullanarak kalıba dökebiliyorlar. Gelecekte, bir bilgisayar bir kişinin yüz özelliklerini, yalnızca bu kişinin saç kepeğini ya da kanını kullanarak, sıfırdan ortaya koyabilecektir. (Tek yumurta ikizlerinin dikkate şayan benzer yüzlere sahip olması, genetiğin tek başına, bir insan yüzünün çok büyük bir kısmını, çevresel faktörlerin varlığında bile, belirleyebildiği anlamına gelir.)

Doktora Gitmek

Daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz gibi, doktorun muayenehanesine gidişiniz kökünden değişecek. Duvar ekranınızdaki doktorla konuşurken, muhtemelen bir yazılım programı ile konuşuyor olacaksınız. Banyonuz mo-dern bir hastanede olandan daha fazla alıcıya sahip olacak, bir tümör oluşmadan yıllarca evvel, sessizce kanser hücrelerini tespit edecekler. Örneğin, tüm yaygın kanser türlerinin hemen hemen %50'si, bu alıcılar yardımıyla kolayca tespit edilebilen, p53 genindeki bir mutasyonu/değişimi içerir.

Eğer kanserin belirtileri varsa nanoparçacıklar doğrudan kan dolaşımınıza enjekte edilecek ve bunlar, küçük akıllı bombalar gibi, kanserle mücadele edecek ilaçları doğrudan kanser hücrelerine atacaklar. Bugünün kemoterapisine,[26] geçen yüzyılın sülüklerine baktığımız gibi bakacağız. (Nanoteknolojiyi, DNA çiplerini, nanoparçacıkları ve nanorobotları bir sonraki bölümde detaylı olarak tartışacağız.)

Duvar ekranındaki "doktor" bir organdaki hastalığı ya da hasarı tedavi edemezse tek yapacağınız o organın bir yenisini üretmek/yetiştirmek. Bugün yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde, bir organ nakli bekleyen 91.000 insan var. Günde on sekiz hasta, hiç gelmeyen bir organı beklerken hayatını kaybediyor.

Eğer sanal doktorunuz yanlış bir şey bulursa hastalıklı bir organ örneğin, yeni bir tanesinin doğrudan kendi hücrelerinizden üretilmesinin emrini verebilir. Bir "insan beden mağaza-

---

[26] *chemotherapy*

sı"[27] fikrini mümkün kılan "doku mühendisliği"[28] tıp bilimindeki en hararetli alanlardan biridir. Bilim insanları halihazırda laboratuvarlarında, sizin kendi hücrelerinizden, deri, kan, kan damarları, kalp kapakçıkları, kıkırdak, kemik ve kulak üretebiliyorlar. İlk büyük organ, idrar torbası 2007'de, ilk nefes borusu 2009'da üretildi. Şimdiye kadar, üretilebilen organlar göreceli olarak basittirler, yalnızca birkaç tip doku ve az sayıda da yapı içerirler. Beş yıl içinde, ilk karaciğer ve pankreas üretilebilir ve bunların toplum sağlığı üzerindeki etkileri muazzam olacaktır. Nobel ödüllü Walter Gilbert, vücudunuzun hemen hemen her organının bizzat sizin kendi hücrelerinizden üretileceği bir zamanın yakın olduğunu, birkaç on yıl içinde geleceğini anlatmıştı bana.



Gelecekte –*Uzay Yolu*'ndakiler gibi– neredeyse her hastalığın tanısını koyabilen "tricorder"larımız olacak; taşınabilir MRI dedektörleri ve DNA çipleri bunu mümkün kılacak.

---

[27] *"human body shop"*
[28] *"tissue engineering"*

Doku mühendisliği, ilk önce bedeninizden birkaç hücre alarak, yeni organlar büyütür. Sonra bu hücreler, söz konusu organın şekli verilmiş süngere benzeyen plastik bir kalıbın içine enjekte edilirler. Plastik kalıp biyolojik olarak tamamen bozunabilen[29] poliglikolik asitten[30] yapılmıştır. Hücreler, onların kalıp içinde büyümelerini sağlayan, belirli büyüme öğeleriyle işlemden geçirilirler. En sonunda, kalıp bozunup parçalarına ayrılır ve arkasında mükemmel bir organ bırakır.

Anthony Atala'nın North Carolina'daki Wake Forest Üniversitesi'nde[31] bulunan laboratuvarını ziyaret etme fırsatım olmuştu. Burada bu mucizevi teknolojiye ilk elden şahit olmuştum. Onun laboratuvarı içinde yürürken, canlı insan organları içeren şişeler gördüm. Kan damarları ve idrar keseleri görebildim; içlerine pompalanan sıvılar nedeniyle durmaksızın açılıp kapanan kalp kapaçıkları gördüm. Bütün bu canlı insan organlarını şişelerde görünce, kendimi Dr. Frankenstein'ın laboratuvarındaymış gibi hissettim, ama elbette birkaç önemli fark vardı. On dokuzuncu yüzyılda doktorların, vücudun yeni organ naklini olanaksız kılan reddetme mekanizmasından haberleri yoktu. Üstelik, doktorlar ameliyattan sonra herhangi bir organa kaçınılmaz olarak bulaşan enfeksiyonların nasıl durdurulacağını da bilmiyorlardı. Atala bu yüzden, bir canavar yaratmak yerine, hayat kurtaracak, bir gün tıbbın görünümünü değiştirebilecek, tamamen yeni bir tıp teknolojisinin kapılarını açıyor.

Atala'nın laboratuvarının gelecekteki hedefi, muhtemelen beş yıl içinde, bir insan karaciğerini büyütmektir. Karaciğer çok da karışık değildir ve yalnızca birkaç tip doku içerir. Laboratuvarlarda büyütülmüş karaciğerler binlerce hayat, özellikle de karaciğer nakline muhtaç çaresiz insanların hayatlarını, kurtarabilirler. Ayrıca, sirozdan muzdarip alkoliklerin hayatları da kurtulabilir. (İnsanların hasar görmüş organlarını yedekleriyle değiştirebileceklerini bilmeleri, ne yazık ki, onların kötü alışkanlıklarını devam ettirmelerini de teşvik edebilir.)

---

[29] *biodegradable*
[30] *polyglycolic acid*
[31] *Wake Forest University*

Eğer vücudun soluk borusu ve idrar kesesi gibi organları halihazırda büyütülebiliyorsa bilim insanlarının vücudun her organını büyütmelerini önleyen nedir? Bir temel problem, hücreler için kan sağlayan kılcal damarların nasıl büyütüleceğidir. Vücut içindeki her bir hücrenin, bir kan kaynağıyla bağlantıda olması gerekir. Buna ek olarak, kompleks yapıları büyütme problemi de vardır. Kanı zehirlerden arındıran böbrek, milyonlarca sayıda minik filtrelerden oluşur ve bu filtrelerin kalıbını yaratmak çok zordur.

Ama büyütmesi en zor organ insan beynidir. Bir insan beynini yeniden yaratmak ya da büyütmek yıllar sonra bile zor görünse de, bunun yerine, genç hücreleri doğrudan beynin içine enjekte etmek mümkün olabilir; beyin bunları kendi nöron ağına katacaktır. Ancak, yeni beyin hücrelerinin enjeksiyonu tamamen rastgeledir; bu yüzden hasta birçok temel fonksiyonu tekrar öğrenmek zorunda kalacaktır. Öte yandan, beyin "plastik" olduğu için -yani, yeni bir işi her öğrenişinde kendini yeniden yapılandırdığı için- bu yeni nöronları doğru çalışacak şekilde bünyesine alabilir.

Kök Hücreler

Bunun bir adım ötesi kök hücre teknolojisini[32] uygulamaktır. Şimdiye kadar, insan organları kök hücreler kullanılarak değil de kalıp içinde çabuk çoğalacak bir şekilde işlemden geçirilmiş hücreler kullanılarak büyütüldüler. Yakın gelecekte doğrudan kök hücreler kullanmak mümkün olabilecektir.

Kök hücreler, "tüm hücrelerin anası" olarak nitelendirilirler ve vücudun herhangi tipteki bir hücresine dönüşme yetenekleri vardır. Vücudumuzdaki her bir hücre, tüm vücudumuzu yaratmak için gerekli genetik kodların hepsine sahiptir. Ancak, hücrelerimiz olgunlaşırlarken, belirli bir tipte uzmanlaşırlar ve genlerin çok büyük kısmı etkisiz hale gelirler. Örneğin, bir deri hücresi, kana dönüşme genlerine sahip olmasına karşın, bir embriyonik hücre yetişkin bir deri hücresi olunca, bu genler devre dışı bırakılırlar.

---

[32] *stem cell technology*

Ama embriyonik kök hücreler, hayatları boyunca başka bir tip hücreye evrilme yeteneklerini korurlar. Embriyonik kök hücreleri, bilim insanları tarafından daha fazla değer verilmelerine karşın, çok daha fazla tartışmalara neden olurlar; çünkü bu hücreleri alabilmek için bir embriyo feda edilmek zorundadır ve bu da etik problemlere yol açar. (Oysa Lanza ve meslektaşları, yetişkinlerden, belirli bir tipteki hücrelere zaten dönüşmüş olan kök hücrelerini alıp, onları emriyonik kök hücrelerine dönüştürme yollarının öncülüğünü yapmışlardır.)

Kök hücrelerinin, şeker, kalp, Alzheimer, Parkinson ve hatta kanser gibi birçok hastalığı tedavi edebilme potansiyelleri vardır. İşin doğrusu, kök hücrelerin önemli bir katkısının olmadığı bir hastalığı düşünmek zordur. Özel bir çalışma alanı, bir zamanlar tedavisinin tamamen olanaksız olduğu düşünülen, omurilik zedelenmeleridir. Yakışıklı aktör Christopher Reeve 1995'te, onu tamamen felçli bırakan çok ciddi bir omurilik zedelenmesine uğradı ve bunun tedavisi de yoktu. Bununla birlikte, hayvanlarla yapılan çalışmalarda, omuriliği kök hücrelerle tedavi etmede çok büyük adımlar atıldı.

Colorado Üniversitesi'nden[33] Stephen Davies, örneğin, sıçanlardaki omurilik zedelenmelerini tedavi etmede çok etkileyici başarılar elde etti. "Yetişkinden alınan nöronları doğrudan yetişkinin merkezi sinir/nöron sistemine naklettiğimiz bir takım deneyler yaptık. Bunlar gerçek Franskenstein deneyleridir. Bir hafta içinde, yeni nöronların beynin bir tarafından diğer tarafına sinir lifleri oluşturabilmeleri bizim için çok büyük bir sürpriz oldu." diye konuşmuştu Davies. Omurilik zedelenmelerinin tedavisinde, sinirlerin tedavisine yönelik herhangi bir girişimin büyük acı ve ızdırap yaratacağına yaygın olarak inanılıyordu. Davies, *astrocyte* diye adlandırılan önemli bir hücre tipinin iki ayrı çeşitte ortaya çıktığını, farklı sonuçlara yol açtıklarını buldu.

"Omurilik zedelenmelerini onarmak için doğru tipteki astrocyte'ları kullanarak, tüm kazanımları ağrısız olarak[34] elde et-

---

[33] *the University of Colorado*

[34] *gain with no pain*

tik. Diğer taraftan, diğer tipteki astrocyte'lar tam tersine yol açtılar – hiç kazanımı olmayan bir ağrı."[35] diye konuşuyor Davison. Dahası, onun kök hücrelerle öncülüğünü yaptığı bu aynı tekniklerin, felç, Alzheimer ve Parkinson kurbanları için de işe yarayacağına inanıyor.

Vücudun her bir hücresi, esas itibariyle embriyonik kök hücrelerinin dönüştürülmesiyle yaratılabileceğinden, olanaklar sonsuzdur. Yine de, Minnesota Üniversitesi'ndeki[36] Kalp ve Damar Tedavi Merkezi[37] direktörü Doris Taylor, yapılması gereken daha birçok işin olduğunu söyleyip uyarıyor: "Embriyonik kök hüclereleri iyiyi, kötüyü ve çirkini temsil ederler.[38] Bu hücreler *iyi* olduklarında, laboratuvarlarda büyük miktarlarda büyütülebilirler ve doku, organ ve vücut parçalarının inşası için kullanılabilirler. *Kötü* olduklarında, bunların büyümesini ve tümöre dönmelerini nasıl durduracağımızı bilmiyoruz. Bunlar *çirkin* olurlarsa – işin doğrusu, hiçbir ipucunu anlamıyoruz, bu yüzden sonuçları kontrol edemeyiz ve laboratuvarlarda daha fazla araştırma yapmadan bunları kullanmaya hazır değiliz."

Kök hücre araştırmalarının yüz yüze kaldığı ana problemlerinden biri şudur: Bu kök hücrelerinin, ortama hiçbir kimyasal belirti vermeden, kanserleşene dek çılgın gibi çoğalmaya devam edebileceği gerçeği. Hücrelere ne zaman ve nereden büyüyeceklerini ve büyümeyi ne zaman durduracaklarını söyleyen, algılanması güç, hücreler arasında gidip gelen kimyasal mesajların, en az hücrelerin kendileri kadar önemli olduklarını bilim insanları yeni yeni fark ediyorlar.

Her şeye karşın, özellikle hayvanlarla yapılan çalışmalarda, yavaş ama gerçek ilerlemeler gerçekleştiriliyor. Taylor, ekibiyle beraber, tarihte ilk kez, çarpan bir fare kalbini neredeyse sıfırdan büyütmeyi başarınca, 2008'in manşetlerindeydi. Ekip üyeleri bir fare kalbiyle işe başladılar, bu kalbin içindeki hücreleri çözüp ayırdılar ve ellerinde yalnızca kalp şeklinde protein kalı-

---

[35] *pain but no gain*

[36] *the University of Minnesota*

[37] *The Center for Cardiovascular Repair*

[38] *the good, the bad, and the ugly,* burada Doris Taylor bu isimdeki filme gönderme yapıyor. (ç.n.)

bından ibaret bir iskele kaldı. Daha sonra, kalp hücrelerinden oluşan bir karışımı bu kalıbın içine yerleştirdiler ve kök hücrelerinin iskele içinde hızlı bir şekilde büyümeye başlamalarını izlediler. Daha önce, bilim insanları bir üretme tabağı içinde kalp hücrelerini tek tek büyütebilmişlerdi. Ancak bu farklıydı, ilk defa çarpan gerçek bir kalp laboratuvarda büyütülmüştü.

Kalp büyütme Taylor'ın kendisi için de heyecan verici bir olaydı. "Muhteşem bir şeydi bu. Atardamarlardan her bir kalp hücresine kan sağlayan kılcal damarlara, tüm damarsal ağaç yapısını görebiliyordunuz." diye konuşmuştu.

Doku mühendisliği alanında yapılan çığır açıcı buluşlarla çok yakından ilgilenen Amerika Birleşik Devletleri hükümetinin bir parçası da Amerika Birleşik Devletleri ordusudur. Geçmişteki savaşlarda, savaş alanındaki ölüm oranı dehşete düşürücüydü, bir alayın, bir taburun çok büyük kısmı hayatını kaybediyor, geri kalanların çoğu ise aldıkları yaralardan dolayı, daha sonra yaşamını yitiriyordu. Şimdilerde, tibbi acil müdahele ekipleri Irak'taki ve Afganistan'daki yaralıları uçakla birinci sınıf tıbbi tedavi alacakları Avrupa'ya ya da Amerika Birleşik Devletleri'ne taşıyorlar. Amerikan askerlerinin[39] hayatta kalma oranı çok artmıştır. Böylece, kollarını ve bacaklarını kaybeden asker sayısı da artmıştır. Bunların sonucunda, Amerika Birleşik Devletleri ordusu bu uzuvların yeniden büyütülebilmelerinin bir yolunu bulmayı öncelikleri arasına almıştır.

Silahlı Kuvvetler Yenileyici Tıp Enstitüsü'nce[40] yürütülen çığır açıcı bir çalışmada, organ büyütmenin tamamen yeni bir yöntemi kullanılıyor. Bilim insanları uzun zamandan beri, semenderlerin[41] göz kamaştırıcı bir kendini yenileme güçleri olduğunu, kayıplarının ardından tüm uzuvlarını noksansız olarak yeniden büyütebildiklerini biliyorlardı. Semenderin kök hücreleri yeni uzuvlar yaratması için tetiklendiklerinde, bu uzuvlar yeniden büyürler. Meyve veren bir kuram, başarılı bir

---

[39] metnin aslında, Amerikan askerleri *GI* olarak geçiyor; bu, *galvanized iron*, yani *galvanizle kaplanmış çelik* anlamına gelir. (ç.n.)

[40] *The Armed Forces Institute of Regenerative Medicine*

[41] *salamanders*, semender: ülkemizde *kuyruklu kurbağa* diye de bilinen, kertenkeleye benzer canlılar. (ç.n.)

şekilde parmak ucu üretmiş olan Pittsburgh Üniversitesi'nden[42] Stephen Badylak tarafından araştırılmakta. O ve takımı, doku büyütmede mucizevi bir gücü olan "peri tozunu"[43] yarattılar. Bu toz hücrelerden değil de hücreler arasında bulunan maddeden/kalıptan[44] elde edilir. Bu madde/kalıp, kök hücrelerinin belirli bir biçimde büyümelerini sağlayan parolaları içerdiğinden çok önemlidir. Bu peri tozu, yerinden kopmuş bir parmak ucu için uygulandığı zaman, yalnızca parmak ucunun değil ayrıca tırnağın da büyümesini tetikler ve böylece orijinal parmağın neredeyse mükemmel bir kopyasını ortaya koyar. Parmak dokusunun sekiz milimetrelik bir kısmı ve tırnak bu şekilde büyütülmüştür. Bir sonraki amaç, bu işlemin kapsamını genişletmek ve bir insan uzvununun, semenderlerde olduğu gibi, yekpare olarak yeniden büyütülebilip büyütülemeyeceğini görmektir.

Klonlama

İnsan vücudunun çeşitli organlarını büyütebiliyorsak, tüm bir insan vücudunu yeniden büyütebilir, genetik olarak noksansız bir kopyayı, bir klonu yaratabilir miyiz? Bunun cevabı prensip olarak evettir, ama çok sayıda olumlu rapora karşın bu gerçekleştirilmedi.

Klonlar, Hollywood filmlerinin favori konseptlerinden biridir. Ancak, bu filmler bilimi yanlış kullanır. *Altıncı Gün*[45] filminde, Arnold Schwarzenegger'in canlandırdığı karakter, insanoğlunu klonlama sanatında ustalaşmış kötü adamlarla savaşıyordu. Daha önemlisi, bu kötü adamlar bir insanın tüm hafızasını kopyalayıp bir klona yerleştirmede de ustalaşmışlardı. Schwarzenegger bir kötü adamı ortadan kaldırmayı başardığında, aynı kişiliğe ve hafızaya sahip yeni biri tekrar önüne çıkıyordu. Filmin kahramanı kendi klonunun kendisinden haber-

---

[42] *the University of Pittsburgh*

[43] *pixie dust*, peri tozu: Peter Pan (*Tinker Bell*) hikâyelerinde/filmlerinde görülen, perilerin başkalarının üzerine serpiştirdikleri, onların uçmalarını sağladığı toz. (ç.n.)

[44] *extracellular matrix*

[45] *The 6th Day*

siz yapılmış olduğunu öğrendiğinde, her şey karman çorman olur. (Gerçekte, bir hayvan klonlandığında, hafızaları da klonlanmaz.)

Klonlama kavramı, Edinburgh Üniversitesi'nin[46] Roslin Enstitüsü'nden[47] Ian Wilmut'un, Koyun Dolly'yi[48] klonlayabilmesiyle 1997'de manşetlere çıktı. Wilmut, yetişkin bir koyundan bir hücre aldı, hücrenin çekirdeği içindeki DNA'yı çıkardı ve bu çekirdeği bir yumurta hücresine yerleştirdi ve böylece orijinalin genetik bir kopyasını hayata geri getirme becerisini gerçekleştirmiş oldu. Bir defasında ona, onun bu tarihî keşfiyle ateşlenecek medya fırtınası hakkında bir fikri olup olmadığını sordum. Olmadığını söyledi. Çalışmasının tıbbi öneminin farkındaydı kuşkusuz, ama keşfinin kamuoyunda meydana getirdiği çalkantıyı hafife almıştı.

Kısa süre içinde, tüm dünyadan gruplar bu işi tekrarlamaya, fareler, keçiler, kediler, domuzlar, köpekler, atlar ve sığırları da kapsayan birçok çeşit hayvanı klonlamaya başladılar. Bir defasında, BBC kamera ekibiyle, ülkedeki en büyük klonlanmış sığır çiftliklerinden birinin sahibi olan Ron Marquess'ı Dallas (Teksas) dışında ziyaret ettim. Çiftlikte birinci, ikinci ve hatta üçüncü nesil klonlanmış sığırları -klonun klonunun klonu- görünce hayrete düştüm. Marquess, yeni nesil klonlanmış sığırların takibini yapabilmek için yeni sözcükler uydurmak zorunda kalacaklarını söylemişti bana.

Bir grup sığır dikkatimi çekmişti. Sekiz kadar her yönüyle özdeş ikiz sığırlar yanyana dizilmişlerdi. Kesin bir sıra içinde yürüyorlar, koşuyorlar, yiyorlar ve uyuyorlardı. Danaların birbirlerinin klonu olduklarına ilişkin bir algılamaları yoktu, ama içgüdüsel olarak birbirlerine bağlıydılar ve birbirlerinin hareketlerini taklit ediyorlardı.

Marquess, sığır klonlamanın potansiyel olarak çok karlı bir ticari faaliyet olduğunu söylemişti bana. Üstün fiziksel özellikleri olan bir boğanız varsa ve damızlık olarak kullanılacaksa si-

---

[46] *the University of Edinburgh*
[47] *the Roslin Institute*
[48] *Dolly the sheep*

ze iyi para kazandıracaktır. Ancak bu boğa ölürse spermi önceden toplanıp dondurulmadıysa kendisiyle beraber genetik çizgisi de kaybolacaktır. Klonlamayla, değerli boğaların genetik çizgileri ebediyyen canlı olarak tutulabilir.

Klonlamanın hayvanlar ve hayvancılık için ticari uygulamaları olmasına karşın, insanlara olan etkileri net değildir. İnsan klonlanmasının başarıldığına ilişkin birkaç sansasyonel iddia ortaya atılsa da, bunların hepsi muhtemelen düzmecedir. Şimdiye kadar, insan şöyle dursun, hiç kimse bir primatı[49] bile başarıyla klonlayamadı. Başarıya ulaşan her bir embriyo için yüzlerce kusurlu embriyonun yaratıldığı gözönüne alınırsa hayvanları klonlamanın bile aslında çok zor olduğu ortadadır.

Bir insanı klonlamak mümkün olsa bile, bunun önünde sosyal engeller vardır. Her şeyden önce, dinlerin çoğu insanın klonlanmasına karşıdır ve bu durum Katolik Kilisesi'nin tüp bebeklere 1978'de karşı durmasına benzer; o yıl doğan Louise Brown bir test tüpünde hamile kalınan tarihteki ilk bebek olmuştu. Bu da, insan klonlama teknolojisini yasaklayan, ya da en azından sıkıca kurallara bağlayan, yasaların çıkartılacağı anlamına gelir. İkinci olarak, insan klonlamaya olan ticari talep düşük olacaktır. Bu teknoloji yasal bile olsa insan ırkının çok çok ufak bir kısmı klon olur. Sonuçta bizler, özdeş ikizler (ve üçüzler) formunda zaten klonlara sahibiz, dolayısıyla insan klonlamanın ilginçliği zamanla ortadan kalkacaktır.

Söz konusu olan tüp bebek olunca, başlangıçta kısır çiftlerin sayıları çok yüksekti ve tüp bebeklere olan talep çok fazlaydı. Peki kim bir insanı klonlamak ister? Muhtemelen bir çocuğunun ölümüne yas tutan anne-babalar. Ya da, bu daha büyük bir olasılık, bir varisi olmayan – ya da özellikle sevdiği bir varisi olmayan, tüm mirasını bir çocuk olarak kendine bırakmak ve böylece her şeye yeniden başlamak isteyen, ölüm döşeğindeki yaşlı bir adam kendini klonlamak ister.

Sonuç olarak gelecekte, bunu engelleyecek olası yasalara karşın, insan klonları büyük olasılıkla var olacaklar. Bununla birlikte, bu klonlar insan ırkının çok ama çok küçük bir kısmını

---

[49] *primate*: iri beyne sahip, gibon, goril, orangutan, şempanze gibi ileri düzey bir memeli. (ç.n.)

temsil edecekler ve dolayısıyla bunun sosyal sonuçları oldukça küçük olacak.

Gen Terapisi

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüleri'nin[50] şimdiki yöneticisi olan ve tarihî İnsan Genom Projesi'nin[51] liderliğini yapan Francis Collins, "bizim hepimizin, yarım düzine kadar oldukça berbat, bozulmuş genleri var." demişti bana. Antik geçmişimizde, bu çoğunlukla ölümcül genetik bozuklukların sıkıntısını çekmekten başka şansımız yoktu. Ancak, gelecekte bu bozuklukların çoğunu gen terapisi aracılığıyla gidereceğimizi söyledi bana.

Genetik hastalıklar, tarihin başlangıcından beri insanlığın korkulu rüyası oldu ve bazı önemli anlarda tarihin gidişatını gerçekten etkilemiş olabilir. Örneğin, Avrupa'nın soylu aileleri içinde görülen, aynı-soydan-çiftleşmeler[52] nedeniyle, genetik hastalıklar nesiller boyu soylular sınıfının başına bela oldu. İngiltere tarihindeki Üçüncü George,[53] örneğin, çok büyük olasılıkla *aralıklı akut porfiria*[54] diye adlandırılan, geçici cinnet nöbetlerine neden olan bir hastalıktan muzdaripti. Bazı tarihçiler, bu durumun onun kolonileriyle olan ilişkilerini kötüleştirdiği ve kolonilerin 1776'da İngiltere'ye karşı bağımsızlıklarını ilan etmelerine yol açtığı tahminlerinde bulunuyorlar.

Kraliçe Victoria,[55] kontrolsüz kanamalara neden olan hemofili[56] geninin bir taşıyıcısıydı. Dokuz çocuğu olduğu için ve bunların çoğu Avrupa'nın diğer soylu ailelerine gelin/damat olarak gittikleri için, bu "kraliyet hastalığı"[57] Avrupa Kıtası boyunca yayıldı. Rusya'da Kraliçe Victoria'nın dördüncü kuşak-

---

[50] *the National Institutes of Health*
[51] *the Human Genome Project*
[52] *inbreeding*
[53] *George III*
[54] *acute intermittent porphyria*
[55] *Victoria* (1819-1901): 64 yıla yakın kraliçeliğiyle, Birleşik Krallık tarihinin en uzun süre saltanat sürmüş hükümdarıdır. (ç.n.)
[56] *hemophilia*: kanın pıhtılaşmama hastalığı. (ç.n.)
[57] *"royal disease"*

tan torununun çocuğu, İkinci Nicholas'ın[58] oğlu Alexis de hemofiliden muzdaripti. Görünüşe bakılırsa Alexis'in kanama nöbetleri mistik Rasputin[59] tarafından geçici olarak kontrol altında tutuluyordu. Bu "deli rahip" Rusya'nın soylu sınıfını felce uğratmaya yetecek bir güce ulaştı, çok gerekli reformları geciktirdi ve bazı tarihçilerin iddia ettiği gibi, 1917 Bolşevik Devrimi'nin gerçekleşmesine katkıda bulundu.

Ama gelecekte, gen terapisi, (Kuzey Avrupalıları etkileyen) kistik fibroz,[60] (Doğu Avrupalı Yahudileri etkileyen) Tay-Sachs hastalığı[61] ve (Afrikalı Amerikalıları etkileyen) orak hücre anemisi[62] gibi bilinen 5000 genetik hastalığı tedavi edebilir. Yakın gelecekte, tek bir genin değişime uğramasının neden olduğu birçok genetik hastalığa çare bulunacaktır.

Gen terapisi iki şekilde yapılır: *Somatik*/bedensel[63] ve *germline*/ırsiyet-hattı.

Somatik gen terapisi, tek bir kişinin bozuk genlerinin onarılmasını içerir. Kişinin ölümüyle tedavi edici etki ortadan kalkar. Daha tartışmalı olan germ-line gen terapisidir, bunda üreme hücrelerinin genleri tedavi edilir ve böylece onarılmış gen bir sonraki nesle, neredeyse sonsuza dek, geçirilebilir.

Bir genetik hastalığı tedavi etme uzun ama iyice oturtulmuş bir yolu izler. Önce, belirli bir genetik hastalığın kurbanları bulunur ve sonra bunların soy ağaçları, birçok kuşak geri gidilerek, titizlikle izlenir. Bu bireylerin genleri analiz edilerek, zarar görmüş genin tam konumu belirlenmeye çalışılır.

Sonra bu genin sağlıklı bir versiyonu alınır ve bir "vektör"[64] (genellikle zararsız bir virüs) içine yerleştirilir ve hastaya enjek-

---

[58] *Nicholas II*

[59] *Grigori Rasputin* (1869-1916): doğaüstü yetenekleri olduğu söylenen bir Rus mistik. (ç.n.)

[60] *cystic fibrosis*: bağırsak, akciğer ve pankreasın dış salgı bezlerinde görülen genetik bir hastalık. (ç.n.)

[61] *Tay-Sachs disease*: sinir hücrelerini, dolayısıyla mental ve fiziksel yetenekleri bozan ölümcül bir bebek hastalığı. (ç.n.)

[62] *sickle cell anemia*: kandaki alyuvarların orak şeklini aldığı, yeterli oksijen taşıyamadıkları genetik bir hastalık. (ç.n.)

[63] *somatic*

[64] *"vector"*

te edilir. Virüs süratle "iyi geni" hastanın hücrelerine sokar, potansiyel olarak bu hastalığın hastası tedavi edilmiş olur. 2001'e gelene dek, tüm dünyada çalışması devam eden ya da değerlendirmeye alınmış 500'den fazla gen terapi deneyi vardı.

Ne var ki, ilerlemeler yavaştır ve sonuçlar karışıktır. Önemli bir problem, vücudun "iyi geni" taşıyan bu zararsız virüsü sıklıkla tehlikeli bir virüsle karıştırması ve ona saldırmasıdır. Bu, iyi genin etkisini boşa çıkarabilecek yan etkilere neden olur. Bir diğer problem ise yeterli sayıda virüsün iyi geni hedef hücrelere doğru olarak yerleştirememesi ve bu yüzden vücudun yeterli miktarda uygun proteini üretememesidir.

Bu güçlüklere karşın, Fransa'daki bilim insanları 2000 yılında, SCID[65] hastalığından muzdarip, çalışan bir bağışıklık sistemi olmaksızın doğan çocukları tedavi edebildiklerini duyurdular. "Balondaki çocuk David"[66] gibi bazı SCID hastaları, ömürlerinin sonuna dek mikroptan arındırılmış, steril plastik balonlar içinde yaşamak zorundadırlar. Bir bağışıklık sistemi olmadan, herhangi bir hastalık ölümcül olabilir. Bu hastaların genetik analizleri, bağışıklık sisteminin hücrelerinin gerçekten de, planlandığı gibi, yeni gelen genleri bünyelerine kattıklarını ve böylece bağışıklık sistemini (yeniden) aktif hale getirdiklerini göstermiştir.

Ama başarısızlıklar da yaşandı. 1999 yılında, Pennsylvania Üniversitesi'nde[67], bir gen terapi deneyindeki hasta hayatını kaybetti ve tıp camiasında bir vicdan muhasebesine, bir iç değerlendirmeye yol açtı. Bu, gen terapisi altındaki 1100 hasta arasındaki ilk ölümdü. 2007 yılına kadar, SCID hastalığının belirli bir formundan tedavi sonucu kurtulmuş on hastadan dördünde ciddi bir yan etki gelişti, lösemi[68] görüldü. SCID hastalığının gen terapi araştırmaları şimdilerde, bu hastalığı kansere neden olabilecek bir geni kaza eseri tetiklemeden tedavi etmeye odaklanmıştır. Bugüne kadar, geçmişte çeşitli SCID hastalıkla-

---

[65] *severe combined immunodeficiency*: ciddi kombine bağışıklık yetmezliği. (ç.n.)
[66] *"David the bubble boy"*
[67] *the University of Pennsylvania*
[68] *leukemia*, lösemi: kan kanseri. (ç.n.)

rından muzdarip olmuş on yedi hasta, bugün hem SCID'den hem de kanserden kurtulmuşlardır ve onlar, bu alandaki az sayıdaki başarılardan birkaçını oluşturdular.

Gen terapisinin bir hedefi de aslında kanserdir. Tüm yaygın kanser türlerinin neredeyse %50'sinin, p53 geninin hasara uğramasıyla bir bağlantısı vardır. p53 geni uzun ve karmaşıktır; bu da onun çevresel ya da kimyasal faktörler nedeniyle hasara uğrama olasılığını arttırır. Sonuç olarak, sağlıklı bir p53 genini hastalara yerleştirmek için birçok gen terapi deneyi halihazırda yürütülmektedir. Örneğin sigara dumanı çoğu kez, p53 geninin iyi bilinen üç bölgesinde tipik değişimlere neden olmaktadır. Böylece gen terapisi, hasarlı p53 genini yenisiyle değiştirerek, bir gün akciğer kanserinin belirli formlarını tedavi edebilecektir.

İlerlemeler yavaş ama istikrarlı bir biçimde devam ediyor. Maryland'deki Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüleri'ndeki[69] bilim insanları 2006'da, bir çeşit deri kanseri olan metastatik melanom[70] hastalığını, katil T-hücrelerini[71] kanser hücrelerine özellikle hedefleyerek tedavi etmeyi başardılar. Bu, gen terapisinin kanserin bazı formlarına karşı kullanılabileceğini gösteren ilk çalışmaydı. 2007'de, Londra'daki University College'da[72] ve Moorfields Göz Hastanesi'ndeki[73] doktorlar, (RPE65 genindeki değişimlerin neden olduğu) bir çeşit ırsi retina hastalığını tedavi etmek için gen terapisini kullanabildiler.

Bu arada, bazı çiftler gen terapisini beklemiyorlar, bunun yerine genetik miraslarını kendi ellerinde tutuyorlar. Bir çift, tüpte döllenme[74] yoluyla birkaç tane döllenmiş embriyo yaratabilir. Her bir embriyo belirli bir genetik hastalığa karşı test edilir ve söz konusu çift anneye nakledilecek, genetik hastalıklardan muaf embriyoyu seçer. Bu yolla, gen terapisi teknikleri kul-

---

[69] *the National Institutes of Health*

[70] *metastatic melanoma*: yayılma eğilimi gösteren, halk arasında *kara ur* da denilen bir tür deri kanseri. (ç.n.)

[71] *killer T-cells*

[72] *University College London*

[73] *Moorfields Eye Hospital*

[74] *in vitro fertilization*

lanılarak gen hastalıkları yavaş yavaş ortadan kaldırılabilir. Bu işlem halihazırda, Tay-Sachs hastalığı tehdidi altında yaşayan Brooklyn'deki Ortodoks Yahudiler için uygulanmakta.

Bir hastalık–kanser, her şeye karşın, önümüzdeki yüzyıl boyunca da muhtemelen ölümcül olmaya devam edecek.

Kanserle Birlikte Var Olmak

1971'de Başkan Richard Nixon, büyük bir tantana ve propaganda arasında, son derece ciddi bir şekilde kansere savaş açtı. Kansere para akıtarak, kansere çarenin kısa süre içinde elde edileceğine inanmıştı. Kırk yıl (ve 200 milyar dolar harcadıktan) sonra bile kanser, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ikinci başlıca ölüm nedeni ve tüm ölümlerin %25'inin sorumlusudur. Kanserden ölüm oranı 1950'den 2005'e (yaş ve diğer faktörler için yapılan düzeltmelerle) yalnızca %5 düşmüştür. Kanserin yalnızca bu yıl[75] 562.000 Amerikalının hayatına mal olacağı tahmin ediliyor, bu, bir günde 1000'den fazla insan hayatının kaybı demektir. Çok az bir hastalık çeşidi için kanserleşme oranı düşmüş durumda, ama diğerleri için inatçı bir şekilde sabittir. Kanser tedavisi zehirlenmeyi/ağulanmayı, neşter altına yatmayı, insan dokusunun imhasını ve hastaların gözyaşını içerir ve hasta kendi kendine sorar: Hangisi daha kötü, kanser mi yoksa kanserin tedavisi mi?

Geriye baktığımızda, neyin kötü gittiğini anlayabiliyoruz. 1971 yılında, genetik mühendisliğindeki devrimden önce, kanserin nedenleri topyekün bir esrar perdesinin ardındaydı.

Bilim insanları halihazırda kanserin temel olarak genlerimizin bir hastalığı olduğunu anlamış durumdalar. Sebebi ne olursa olsun, bir virüs, bir kimyasala maruz kalma, radyasyon ya da şans, kanser temel olarak dört ya da daha fazla gendeki mutasyonu/değişimi içerir; bu mutasyonda normal bir hücre "nasıl öleceğini unutur." Hücre kendi üzerindeki çoğalma kontrolünü kaybeder ve sınırsız bir şekilde çoğalır ve en sonunda hastayı öldürür. Dört ya da daha fazla kusurlu bir gen dizisinin kansere

[75] 2011 yılı içinde. (ç.n.)

neden olduğu gerçeği, neden kanserin hemen değil de ilk hadiseden onyıllar sonra öldürdüğünü de açıklar muhtemelen. Örneğin, çocukken ciddi bir güneş yanığına maruz kalmış olabilirsiniz. Onlarca yıl sonra, aynı yerde gelişen bir deri kanserinden sıkıntı çekebilirsiniz. Bu, diğer mutasyonların meydana gelmesi ve en sonunda hücreyi kanserli bir moda sokması için muhtemelen bu kadar uzun bir zaman gerektiği anlamına gelir.

Bu kanser genlerinin en az iki büyük çeşidi vardır: Onkogenler[76] ve tümör baskılayıcılar,[77] bunlar bir arabanın gaz pedalı ve freni gibi çalışırlar. Onkogen basılı kalmış bir gaz pedalı gibi çalışır, arabayı kontrolden çıkarır, hücrenin sınırsız bir şekilde çoğalmasına olanak verir. Tümör baskılayıcı normalde bir fren gibi çalışır, zarar gördüğünde, hücre durdurulamayan bir arabaya benzer.

Kanser Genom Projesi[78] çoğu kanserin gen dizilimlerini belirlemeyi planlıyor. Her kanser insan genomunun bir dizilimini gerektirdiğinden, Kanser Genom Projesi orijinal İnsan Genom Projesi'nden[79] yüzlerce kez daha iddialıdır.

Bu uzun zamandır beklenen Kanser Genom Projesi'nin, deri ve akciğer kanserleriyle ilgili, ilk sonuçları 2009'da duyuruldu. Sonuçlar çok sarsıcıydı. *Wellcome Trust Sanger Institute*[80] kurumundan Mike Stratton, "Bugün gördüklerimiz kansere bakışımızı değiştirecek. Daha önce kanserin hiç bu formda meydana geldiğini görmemiştik." diye konuşmuştu.

Bir akciğer kanser hücresi, 23.000 gibi hayrete düşüren bir sayıda mutasyona, bir melanom kanser hücresi ise 33.000 mutasyona uğruyordu. Bu ise tipik bir sigara tiryakisinin içtiği her on beş sigarada bir defa mutasyona maruz kalacağı anlamına gelir. (Genelde sigaradan kaynaklanan akciğer kanseri, dünya çapında her yıl 1 milyon kişiyi öldürüyor.)

---

[76] *oncogens*

[77] *tumor suppressors*

[78] *the Cancer Genome Project*

[79] *the Human Genome Project*

[80] İngiltere kökenli, kâr amacı gütmeyen, genom ve genetik araştırmalar enstitüsü. (ç.n.)

Amaç, tüm kanser tiplerini, ki bunlar 100'den fazladır, genetik olarak analiz etmektir. Vücutta hepsi de kanserleşebilen birçok doku, her doku için birçok kanser tipi ve her kanser tipi için de on binlerce olası mutasyon vardır. Her bir kanser on binlerce mutasyon içerdiğinden, bu mutasyonlardan hangisinin hücre mekanizmasının kontrolden çıkmasına neden olduğunu kesin olarak belirlemek onlarca yıl alacaktır. Bilim insanları birçok kanser çeşidi için tedaviler geliştirecekler, ama hiçbir spesifik tedavi her çeşit kanseri tedavi edemeyecektir; çünkü kanserin kendisi birçok hastalığın bir derlemesidir.

Yeni tedaviler ve terapiler piyasaya çıkmaya devam edecek, hepsi de kansere moleküler ve genetik köklerinden saldırmak için tasarlanmış olacaklar. Umut verenlerinden bazıları şunları içeriyor:

- *antianjiyogenez*,[81] ya da bir tümörün kan kaynağının durdurulması ve böylece kanser hücrelerinin asla büyüyememesi
- "akıllı bombalar" gibi kanser hücrelerine yönlendirilen *nanoparçacıklar*
- özellikle p53 genine odaklanmış *gen terapisi*,
- yalnızca kanser hücrelerine hedeflenmiş *yeni ilaçlar*
- boyun kanserine neden olabilen insan papilloma virüsü[82] gibi, kansere neden olan virüslere karşı *yeni aşılar*

Ne yazık ki, kanser için sihirli bir mermi bulmamız mümkün görünmüyor. Bunun yerine, kanseri adım adım tedavi edeceğiz. Ölüm oranlarındaki büyük düşüş, büyük olasılıkla, tüm çevremize dağılmış, bir tümör oluşmadan yıllarca önce bizi kanser hücrelerine karşı izleyen DNA çiplerimiz olunca gelecek.

Nobel ödüllü David Baltimore'un belirttiği gibi, "Kanser, terapilerimize karşı, bizi devamlı olarak savaşta tutacağına emin olduğum yollarla savaşan bir hücreler ordusudur."

---

[81] *antiangiogenesis*

[82] *human papillomavirus (HPV)*

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Gen Terapisi

Gen terapisindeki tüm aksaklıklara karşın, araştırmacılar önümüzdeki onyıllarda istikrarlı ilerlemeler kaydedileceğine inanıyorlar. Birçokları, yüzyıl ortasına gelene kadar, gen terapisinin çeşitli gen hastalıklarının tedavisinde standart bir metot olacağına inanıyor. Bilim insanları, hayvanlar üzerindeki çalışmalarında elde ettikleri başarılı sonuçların çoğunu en sonunda insan üzerindeki çalışmalara aktaracaklar.

Gen terapisi şimdiye kadar, tek bir hücredeki mutasyonların neden olduğu hastalıkları hedef aldı. Bunlar tedavi edilecek ilk hastalıklardır. Ancak birçok hastalık, çevresel tetikleyiciler ile beraber, birden fazla gendeki mutasyonların sonucu oluşurlar. Bunları tedavi etmek çok daha zordur ve diyabet, şizofreni, Alzheimer, Parkinson ve kalp gibi önemli hastalıklar hep bu gruptandır. Bunların hepsi belirli bir genetik yapı gösterirler, ama hiçbirinde tek bir gen sorumlu değildir. Örneğin, ikizi normal olan bir şizofreni hastasının varlığı mümkündür.

Yıllar boyunca, bilim insanlarının, bazı ailelerin genetik tarihlerini takip ederek, şizofrenide rol alan genlerin bazılarını izole ettiklerine ilişkin birçok duyuru oldu. Gel gör ki, bu sonuçların diğer bağımsız çalışmalarla genellikle doğrulanamaması utanç vericidir. Sonuçta, bu sonuçlar kusurludur ya da, muhtemelen şizofrenide rol alan birçok gen vardır. Ayrıca, bazı çevresel faktörler de şizofrenide rol almış görünüyorlar.

Yüzyıl ortasına gelene kadar, en azından tek bir genin neden olduğu hastalıklar için, gen terapisi iyice oturmuş bir terapi olacaktır. Yine de hastalar genlerin yalnızca onarılmalarıyla yetinmeyebilirler. Genlerin geliştirilmelerini de isteyebilirler.

Tasarlanmış Çocuklar

Yüzyıl ortasına gelene kadar, bilim insanları hasarlı genleri onarmanın ötesine gidecekler, onları geliştirmek, ıslah etmek isteyecekler.

Süperinsan yeteneklerine sahip olmak, Yunan ve Roman mitolojilerinde ve rüyalarımızda, derin kökleri olan çok eski bir arzumuzdur. Tüm Yunan ve Roman yarı-tanrıları içinde en popülerlerinden biri olan, büyük kahraman Herkül,[83] o büyük gücüne antrenman ya da diyet yaparak değil, ilahi genlerin ona enjekte edilmesiyle sahip olmuştur. Annesi bir güzel ölümlü Alkmene[84] idi; Alkmene bir gün Zeus'un dikkatini çekmiş, Zeus onun kocası kılığına girmiş ve Alkmene ile sevişmiştir. Çocuğuna hamile kaldığında, Zeus bebeğin bir gün büyük bir savaşçı olacağını duyurur. Ancak, Zeus'un karısı Hera kıskançlık gösterir, bebeği gizlice öldürmek için plan yapar ve bebeğin doğumunu geciktirir. Alkmene, uzayan hamileliğin neden olduğu ızdırap nedeniyle neredeyse ölmek üzeredir, ama son dakikada Hera'nın planı açığa çıkar ve Alkmene fevkalade büyük bir bebeği dünyaya getirir. Yarı insan yarı tanrı olan Herkül, kahramanca ve efsanevi becerilerini gerçekleştirdiği o tanrısal gücünü babasından miras alır.

Gelecekte, ilahi genler yaratamayız, ama bize süperinsan yetenekleri verecek genleri kesinlikle yaratabileceğiz. Herkül'ün zor doğumu gibi, bu teknolojinin meyve vermesinin önünde birçok problem olacak.

Yüzyıl ortasına gelene kadar, "tasarlanmış çocuklar"[85] fikri gerçekleşmiş olabilir. Tam da Harvard biyoloğu E.O. Wilson'un dediği gibi: "*Homo sapien*,[86] tam olarak özgür olan ilk canlı türü, bizi biz yapan kuvvet olan doğal ayıklanmayı[87] devreden çıkarmak üzeredir. ... Pek yakın bir zamanda, kendi içimizin derinliklerine bakmak ve ne olmak istediğimize karar vermek zorundayız."

Bilim insanları şimdiden, temel fonksiyonları yerine getiren genleri didik didik ayırıyorlar. Örneğin, farelerin hafıza ve performanslarını arttıran "akıllı fare"[88] geni 1999'da izole edilmiş-

---

[83] *Hercules*
[84] *Alcmene*
[85] *"designer children"*
[86] *homo sapien*: Latince'de *akıllı* (*bilen*) *insan* anlamına gelir. (ç.n.)
[87] *natural selection*
[88] *"smart mouse"*

tir. Akıllı gene sahip fareler labirent içinde yol almada ve nesneleri hatırlamada daha iyidirler.

Joseph Tsien gibi Princeton Üniversitesi'ndeki[89] bilim insanları, genetik olarak değişime uğramış bir fare soyu yarattılar; bu fareler NR2B diye adlandırılan, farenin önbeyninde NMDA[90] üretiminin tetiklenmesine yardımcı olan, ekstra bir gen taşıyorlardı. Akıllı farelerin yaratıcıları onlara, Doktor Doogie Howser adındaki bir televizyon karakterinden esinlenerek, *Doogie mice/fareler* adını verdi.

Bu akıllı fareler, çeşitli testlerde normal farelerden daha iyidirler. Eğer bir fare bir su sarnıcının içine konulursa su yüzeyinin hemen altında gizlenmiş yüksekçe bir platformu bulmak zorundadır, ki orada dinlenebilsin. Normal fareler, platformun nerede olduğunu unutup sarnıç içinde rastgele yüzerler. Akıllı fareler ise daha ilk denemelerinde dosdoğru platforma yönelirler. Farelere, biri yeni biri eski iki nesne gösterilirse normal fareler yeni olana dikkat etmezler. Ancak, akıllı fareler yeni nesnenin varlığını derhal fark ederler.

Burada en önemli olan şey, bilim insanlarının bu akıllı fare genlerinin nasıl çalıştıklarını anlamış olmalarıdır: Beynin sinir kavşaklarının[91] işleyişini düzenlerler. Beyin, çok büyük bir sayıda otoyolun oluşturduğu bir ağ olarak düşünülürse sinir kavşakları, geçiş ücretlerinin toplandığı gişelere karşılık gelir. Eğer ücret çok yüksekse arabalar kapıdan geçemezler: Bir mesaj beyin içinde durdurulur. Ancak ücret düşükse arabalar geçebilir ve mesaj beyin içinde iletilir. Sinir ileticileri,[92] NMDA gibi, sinir kavşağındaki ücreti düşürürler, böylece mesajların serbestçe iletilmelerinin önünü açarlar. Akıllı fareler iki kopya NR2B genine sahiptirler ve bunlar da NMDA sinir ileticilerinin üretilmesine yardımcı olurlar.

Bu akıllı fareler Hebb kuralını[93] doğrularlar: Öğrenme belirli sinirsel yolların güçlendirilmesiyle gerçekleşir. Bu yollar, özel-

---

[89] *Princeton University*
[90] *N-methyl-D-aspartate*
[91] *synapses*
[92] *neurotransmitters*
[93] *Hebb's rule*

likle iki sinir lifini birbirine bağlayan sinir kavşaklarının işleyişi düzenlenerek güçlendirilir, dolayısıyla sinyallerin bir kavşağı geçmeleri daha kolay olur.

Bu sonuç öğrenme hakkındaki bazı tuhaflıkların açıklanmasına da yardımcı olabilir. Yaşlanan hayvanların indirgenmiş bir öğrenme yeteneğine sahip oldukları bilinir. Bilim insanları bunu tüm hayvanlar aleminde görürler. NR2B geninin yaş ilerledikçe daha az etkin olması bunu açıklayabilir.

Ayrıca, Hebb kuralı ile daha önce gördüğümüz gibi, anılar/hafıza, nöronlar kuvvetli bir bağlantı oluşturdukları zaman yaratılabilir. Bu doğru olabilir; çünkü NMDA alıcısının[94] etkinleştirilmesi güçlü bir bağlantı oluşturur.

Güçlü Fare Geni

Bunlara ek olarak, kas kütlesini arttıran ve böylece fareyi kaslı gibi gösteren "güçlü fare geni"[95] de izole edilmiş durumda. Bu gen ilk olarak, normalin dışında iri kaslı farelerde bulunmuştur. Bilim insanları şimdi, bundaki kilit noktanın, kas büyümesini kontrol altında tutmaya yardımcı olan myostatin geni olduğunu fark ediyorlar. Ancak 1997'de, farelerdeki myostatin geni susturulduğu/bastırıldığı zaman, bilim insanları, kas büyümesinin sınırsız bir biçimde büyüdüğünü buldular.

Diğer bir çığır açıcı buluş, bundan hemen sonra Almanya'da, bilim insanları bacaklarının ve kollarının üst taraflarında, normalin çok üzerinde iri kasları olan yeni doğan bir oğlan çocuğunu inceledikleri zaman gerçekleştirildi. Ultrason analizleri bu çocuğun kaslarının normalden iki kat daha iri olduğunu göstermişti. Bu bebeğin ve (profesyonel bir kısa mesafe koşucusu olan) annesinin gen dizilimleri incelendiğinde, benzer bir genetik patern bulunmuştu. Aslında, bebeğin kan analizi hiçbir myostatin varlığı göstermemişti.

Johns Hopkins Tıp Okulu'ndaki[96] bilim insanları, bu sonuçtan fayda sağlayabilecek, dejeneratif[97] kas bozuklukların-

---

[94] *the NMDA receptor*

[95] *"mighty mouse gene"*

[96] *Johns Hopkins Medical School*, Baltimore, Maryland, ABD. (ç.n.)

[97] *dejenerative:* bozulma eğilimi olan. (ç.n.)

dan muzdarip hastalarla iletişime geçmek için en başta çok istekliydiler. Ancak, ofislerine gelen telefonların yarısının vücut geliştirenlerden gelmesi onları hayal kırıklığına uğratmıştı; çünkü bu vücutçular bu genin kendi kaslarını da geliştirmesini istiyorlardı. Üstelik sonuçları da hiç umurlarında değildi. Bu vücut geliştiricilerin aklında muhtemelen, o göz kamaştırıcı kariyerinin başlangıcında ste-roid[98] kullandığını kabul eden Arnold Schwarzenegger'in olağanüstü başarısı vardı. Myostatin genine ve onun bastırılma yollarına olan yoğun ilgi nedeniyle, Olimpiyat Komitesi bile bir araştırma komitesi kurmak zorunda kalmıştı. Kimyasal testlerle tespitlerinin görece kolay olduğu steroidlerin aksine, genleri ve genlerin yarattığı proteinleri içeren bu yeni yöntemi belirlemek çok daha zordur.

Doğdukları anda birbirlerinden ayrılan özdeş ikizler üzerinde yapılan çalışmalar, genetik yapıdan kaynaklanan çok çeşitli davranış karakterinin var olduğunu göstermiştir. Daha doğrusu, bu çalışmalar, ikizlerin davranışlarının %50'sinin genlerden, geri kalan %50'sinin ise çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermiştir. Bu davranış karakterleri arasında hafıza, sözlü akıl yürütme, mekansal akıl yürütme, işlem yapma hızı, dışa dönüklük ve heye-can arama vardır.

Bir zamanlar karışık olduğu düşünülen davranışlar bile genetik köklerini şimdilerde açığa çıkarıyorlar. Örneğin, tarla fareleri tek eşlidir. Laboratuvar farelerinde ise eş kavramı yoktur, rastgele çiftleşir. Emory Üniversitesi'nden[99] Larry Young, tarla faresinden transfer edilen bir genin, tek eşlilik karakteri gösteren fareler yaratabildiğini gösterince biyoteknoloji dünyasını şok etti. Her hayvan, sosyal davranış ve çiftleşme ile ilgili bir beyin peptidine[100] ait belirli bir alıcının farklı bir versiyonuna sahiptir. Young, bu alıcıya ait tarla faresi genini laboratuvar farelerine yerleştirmiş ve bu farelerin daha çok tek eşli tarla fareleri gibi davranışlar gösterdiklerini bulmuştu.

---

[98] *(anabolic) steroid*: hücrelerde protein sentezini arttıran ve böylece dokuların gelişimini tetikleyen bir kimyasal/ilaç. Kas dokusundaki belirgin etkilerinden dolayı vücut geliştirenler ve diğer sporcular tarafından illegal olarak kullanımları çok yaygındır. (ç.n.)

[99] *Emory University*

[100] *peptide*

"Her ne kadar, tek eşlilik gibi kompleks sosyal davranışların evriminde muhtemelen *birçok* gen rol almış olsa da ... *tek* bir gen ifadesindeki değişikliklerin, bağlanma/aidiyet gibi davranışların bileşenlerinin ifadeleri üzerinde bir etkisi olabilir." demişti Young.

Bunalım ve mutluluğun da genetik kökleri olabilir. Trajik kazalardan ızdırap çekmiş olmalarına karşın mutlu olan insanların varlığı uzun zamanlardan beri biliniyor. Bunlar bir diğer kişinin mahvına neden olmuş olaylar karşısında bile, hadiselerin hep daha parlak yönlerini görürler. Bu insanlar ayrıca normalden daha sağlıklı olma eğilimi gösterirler. Harvard psikoloğu Daniel Gilbert bana bunu açıklayabilecek bir kuramın var olduğunu söyledi. Belki de biz bir "mutluluk ayar noktası"[101] ile doğduk. Bir günden diğerine, bu nokta etrafında salınırız, ama bu noktanın seviyesi doğumda sabitlenmiştir. Gelecekte, ilaçlarla ya da gen terapisiyle bu noktanın seviyesini, özellikle kronik olarak bunalımda olanlar için, kaydırmak mümkün olabilir.

Biyotek[102] Devriminin Yan Etkileri

Yüzyıl ortasına gelene kadar bilim insanları, çeşitli insan karakteristiklerini kontrol eden tekli genlerin birçoğunu izole edebilecekler ve onlar üzerinde değişiklikler gerçekleştirebilecekler. Ancak bu, insanlığın bunlardan hemen fayda sağlayabileceği anlamına gelmez. Daha önümüzde onlarca yıl sürecek, uzun, sıkı ve yoğun, yan etkileri ve istenmeyen sonuçları giderme işi var.

Aşil,[103] örneğin, savaşta yenilmezdi, Truvalılarla[104] yapılan destansı savaşta Yunanlıları[105] zafere götürmüştü. Ne var ki, onun bu gücünde ölümcül bir kusur vardı. Bir bebekken, annesi onu, yenilmez olsun diye, sihirli Styx nehrine daldırıp

---

101 *"happiness set point"*
102 *biotech*: biyoteknoloji. (ç.n.)
103 *Achilles*
104 *Trojans*
105 *Greeks*

çıkarmıştı. Ne yazık ki, annesi onu nehre daldırırken topuğundan tutmak zorundaydı ve böylece topukta saldırıya açık hayati bir nokta kalmıştı. Aşil çok sonra, Truva Savaşı'nda,[106] bir ok ile topuğundan vurulduktan sonra ölecektir.

Bugün bilim insanları, laboratuvarlarından çıkan canlıların yeni soylarının da gizli birer Aşil topuğuna[107] sahip olup olmadıklarını merak ediyorlar. Örneğin, bugün otuz üç kadar farklı, gelişmiş hafıza ve performansa sahip "akıllı fare" soyu var. Ancak, gelişmiş hafızaya sahip olmanın beklenmeyen bir yan etkisi vardır; akıllı fareler bazen korkudan felç geçirirler. Eğer son derece hafif bir elektrik şokuna maruz kalırlarsa örneğin, korkuyla titrerler. Kendi akıllı fare ırkını geliştiren UCLA'dan[108] Alcino Silva, "Sanki çok fazla hatırlıyorlar." diye konuşmuştu. Bilim insanları şimdilerde, bu dünyayı anlamlandırmada ve bilgimizi organize etmede, unutmanın hatırlamak kadar önemli olabileceğinin farkına varıyorlar. Bilgimizi organize edebilmek için belki de birçok dosyayı fırlatıp atmak zorundayız.

Bu, Rus nörolog A.R. Luria tarafından 1920'lerde kayıt altına alınmış, fotoğrafik bir hafızaya sahip olan bir adamın durumunu hatırlatıyor. Dante'nin *İlahi Komedya*'sını[109] yalnızca bir kez okuyarak, oradaki her sözcüğü ezberlemişti. Bu, bir gazeteci olarak, işinde çok yararlıydı, ama söz sanatlarını anlamaktan acizdi. Luria'nın gözlemleri şunlardı: "Anlama yeteneğinin önündeki engeller çok büyüktü: Her bir ifade bir görüntüye/imgeye neden oluyor, bu görüntü de daha önceden uyarılmış başka bir görüntüyle çakışıyordu."

Aslında, bilim insanları unutma ve hatırlama arasında bir denge olması gerektiğine inanıyorlar. Eğer çok fazla unutursanız, daha önceki hataların acılarını da unutabilirsiniz, ama önemli gerçekleri ve yetenekleri de unutursunuz. Eğer çok fazla hatırlarsanız, tüm önemli detayları hatırlayabilirsiniz, ama her bir üzüntü ve başarısızlık anısıyla sarsılabilirsiniz de. En ideal

---

[106] *Trojan War*
[107] *Achilles' heel*
[108] *University of California, Los Angeles*
[109] *Divine Comedy*

anlama gücüne, yalnızca bu ikisi arasındaki bir denge ile ulaşılabilir.

Vücut geliştirenler halihazırda, onlara şan ve zafer vaad eden çeşitli ilaçlara ve terapilere hücum ediyorlar. Eritropoietin hormonu[110] (EPO), daha fazla miktarda oksijen-içeren alyuvar yaparak çalışır, bu ise daha fazla dayanıklılık anlamına gelir. EPO kanı yoğunlaştırdığı için, inmelerle ve kalp krizleriyle bağlantısı vardır. Proteinlerin kasları şişirmelerine yardımcı olan insülin-benzeri büyüme faktörleri[111] (IGF) de çok kullanılırlar, ama tümör büyümeleriyle bağlantılı oldukları ortaya konmuş durumdadır.

Genetik güçlendirmeler yasayla yasaklansalar da, bunları durdurmak zor olacaktır. Örneğin, anne-babalar çocuklarına her türlü avantajı vermek isterler, bu evrimin onları genetiksel olarak koşullamasının bir sonucudur. Bu bir taraftan, çocuklarına keman, bale ve spor dersleri aldırmaları anlamına gelirken, diğer taraftan da onların hafızalarını, dikkat aralıklarını, atletik yeteneklerini ve hatta görünüşlerini iyileştirecek genetik güçlendirmeleri de onlara verebilecekleri anlamına gelir. Eğer bir anne-baba, çocuklarının, genetik olarak güçlendirilmiş olduğu fısıldanan komşunun çocuğuyla bir rekabette olduğunu öğrenirlerse çocuklarının da aynı ayrıcalıktan yararlanması hususunda muazzam bir baskı yaratacaklardır.

Bu tam da Gregory Benford'un dile getirdiği gibidir: "İyi görünümlü insanların daha başarılı olduklarını hepimiz biliyoruz. Hangi anne-baba, *bu cesur, yeni ve rekabetçi dünyada*,[112] çocuklarına güçlü bir omuz verme fikrine (belki de sözcüğü sözcüğüne) karşı çıkabilir ki?"

Yüzyıl ortasına gelene kadar, genetik güçlendirmeler olağan hale gelebilirler. İşin aslı, eğer Güneş Sistemi'ni keşfedecek ve

---

[110] *the erythropoietin hormone*

[111] *insulin-like growth factors*: insülin ile yüksek dizilim benzerliği (*sequence similarity*) olan proteinler. (ç.n.)

[112] Metnin aslında bu ifade *"a brave new competitive world"* diye geçer; burada iki ayrı gönderme yapılır, ilki Shakespere'in *Fırtına* (*The Tempest*) adlı oyununa, ikincisi ise Aldous Huxley'in 1932 yılında yayınladığı *Brave New World* adlı romanına. (ç.n.)

insana misafirperverlik göstermeyecek gezegenlerde yaşayacaksak, genetik güçlendirmeler kaçınılmaz olacaklar.

Bazıları bizi daha sağlıklı ve daha mutlu kılacak ısmarlama/tasarlanmış genleri[113] kullanmamız gerektiğini söylüyorlar. Diğerleri ise kozmetik güçlendirmelere olanak tanımamız gerektiğini söylüyorlar. Burada büyük soru, bunun ne kadar ileri gideceğidir. Her koşulda, görünüşü ve performansı arttıracak "tasarlanmış genler"in yayılmasını kontrol etmek gittikçe zorlaşacaktır. Bizler insan ırkının farklı genetik gruplara/hiziplere, güçlendirilmişler ve güçlendirilmemişler diye ayrılmalarını istemeyiz, ama toplum bu teknolojinin daha ne kadar desteklenebileceğine demokratik olarak karar vermek zorunda kalacak.

Ben kişisel olarak, bu güçlü teknolojiyi düzenleyecek yasalar yapılacağına inanıyorum; Muhtemelen, bir hastalığın tedavisi ya da daha üretken bir yaşam söz konusu olduğunda gen terapisine izin verilecek, ama tamamen kozmetik nedenlere dayanan gen terapisine sınırlamalar getirilecek. Bu ise en nihayetinde, bu yasaların etrafından dolanan bir karaborsanın gelişeceği anlamına gelir, dolayısıyla kendimizi, nüfusunun küçük bir kısmının genetik olarak güçlenmiş olduğu bir topluma şimdiden hazırlamalıyız.

Esas itibarıyla, bu çok da büyük bir felaket olmayacaktır. Halihazırda, görünümü iyileştirmek için estetik cerrahi kullanılabiliyor, bu nedenle bunu genetik mühendisliği kullanarak yapmak gereksiz olabilir. Ancak asıl tehlike, birinin kendi kişiliğini genetik olarak değiştirmeye çalışmasıyla ortaya çıkar. Davranışı etkileyen muhtemelen birçok gen vardır ve bunlar karmaşık yollarla etkileşirler. Bu nedenlerle, davranış genlerinin birini kurcalamak, amaçlanmamış yan etkiler yaratabilir. Tüm bu yan etkileri ayıklamak ise onyıllar alabilir.

Ama gen güçlendirmelerinin en büyük hedefi olan insan ömrünü uzatma düşüncesine ne olacak?

---

[113] *designer genes*

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Yaşlanmayı Tersine Çevirmek

Tarih boyunca, kralların ve diktatörlerin tüm imparatorluğa hükmedecek güçleri vardı, ama sonsuza kadar kontrolleri dışında olan bir şey vardı: Yaşlanma. Dolayısıyla, ölümsüz olma çabası, insan tarihindeki en eski arayışlardan biri olmuştur.

İncil'de Tanrı, bilginin elmasına[114] ilişkin emirlerini dinlemediler diye, Adem ve Havva'yı Cennet Bahçesi'nden[115] kovar. Tanrının korkusu, Adem ile Havva'nın bu bilgiyi kullanarak ölümsüzlük sırrının kilidini açmaları ve bizzat kendilerinin tanrılaşmalarıdır. Yaratılış[116] 3:22'de, İncil şöyle der: "Bak, Adem iyiyle kötüyü bilmekle bizlerden biri gibi oldu: Artık yaşam ağacına uzanıp meyve almasına, yiyip ölümsüz olmasına izin verilmemeli."

İncil'in yanında bir de, insan uygarlığının en eski ve en büyük öykülerinden biri olan, milattan önce yirmi yedinci yüzyıla dayanan, Mezopotamya'nın bir büyük savaşçısını anlatan *Gılgamış Destanı*[117] vardır. Ömür boyu kendisine sadık olan arkadaşı aniden ölünce, Gılgamış, ölümsüzlüğün sırrını bulmak için bir yolculuğa çıkmaya karar verir. Bir bilge adama ve karısına tanrılarca ölümsüzlük ihsanı bahşedildiği ve hatta o topraklarda Büyük Tufan'dan[118] kurtulanların yalnızca bu karı-koca olduğu söylentilerini duymuştur. Destansı bir arayıştan sonra, Gılgamış en sonunda ölümsüzlüğün sırrını bulur, onu da son dakikada bir yılanın kapıp götürdüğünü görür.[119]

Gılgamış Destanı edebiyatın en eski parçalarından biri olduğu için, tarihçiler, ölümsüzlük arayışının Antik Yunan yazar

---

[114] *the apple of knowledge*, kültürümüzde *yasak meyve, elma* olarak bilinir. (ç.n.)

[115] *the Garden of Eden*

[116] *Genesis* 3:22

[117] *the Epic of Gilgamesh*

[118] *the Great Flood*

[119] Ölümsüzlük bir bitkidedir. Gılgamış bu bitkiyi bulur, ama hemen yemek yerine bir kenara koyup uykuya dalar. Bir yılan gelir ve bu ölümsüzlük bitkisini kapar gider. Yılan pek çok kültürde ölümsüzlüğün sembolüdür, çünkü onun deri değiştirerek kendini yenilediği düşünülür. (ç.n.)

Homeros'un[120] *Odysseia*'yı[121] yazmasına ve İncil'de değinilen Nuh Tufanı'na[122] esin kaynağı olduğuna inanırlar.

Birçok erken dönem imparatoru -milattan önce 200'lü yıllarda Çin'i birleştiren İmparator Qin gibi- Gençlik Çeşmesi'ni[123] bulmak için çok büyük gemi filoları gönderdiler, ama hepsi başarısız oldu. (Mitolojiye göre, İmparator Qin filosuna, eğer Gençlik Çeşmesi'ni bulamazlarsa geri gelmemelerini emreder. Çeşmeyi bulamamış ve geri dönemeyecek kadar korkmuş filo, bunun yerine Japonya'yı kurar.)

Onyıllarca, bilim insanlarının çoğu insan ömrünün sabit ve değişmez olduğuna ve bilimin ötesinde olduğuna inandılar. Bu görüş son birkaç yıl içinde, bu çalışma alanını kökten değiştirmiş bir dizi başdöndürücü deneysel sonuçlar karşısında un ufak olmuştur. Bir zamanlar durgun, bilimin hiç gelişmeyen bir alanı olan gerontoloji,[124] yani yaşlılık bilimi, şimdilerde milyonlarca dolar araştırma fonunu kendine çeken ve hatta ticari olarak gelişme ihmali olan, en sıcak çalışma alanlarından biri olmuştur.

Yaşlanma sürecinin sırları artık açığa çıkmakta ve genetik bu süreçte hayati bir rol oynamakta. Hayvanlar âlemine bakarsak, çok çeşitli hayat süreleri görürüz. Örneğin, bizim DNA'mız bizim en yakın genetik akrabamız olan şempanzenin DNA'sından yalnızca %1,5 farklıdır, ama biz %50 daha fazla yaşarız. Şempanzeleri bizden ayıran az miktarda geni analiz ederek, neden genetik akrabamızdan çok daha uzun yaşadığımızı belirleyebiliriz.

Bu da bizi, yürütülen birçok araştırmayı ve bunların sonuçlarını, tek ve tutarlı bir çerçeve içine alan "birleşik yaşlanma kuramı[125]"ne götürür. Bilim insanları yaşlanmanın ne olduğunu biliyorlar artık. Yaşlılık, genetik ve hücresel seviyedeki hataların bir birikimidir. Bu hatalar çeşitli biçimlerde üst üste gelirler

---

[120] *Homer*
[121] *Odyssey*
[122] *Noah's flood*
[123] *the Fountain Youth*
[124] *gerentology*
[125] *unified theory of aging*

ve ciddiyet arz ederler. Metabolizma, örneğin, hücrelerimizin hassas moleküler çalışma düzeneğine zarar veren, onları yaşlandıran serbest radikaller[126] ve oksidasyona/yanmaya yol açar; burada hatalar, "çöp" formundaki moleküler artıkların hücrelerin içinde ve dışında toplanmalarıyla birikir ve tehdit oluştururlar.

Bu genetik hataların birikmesi termodinamiğin ikinci yasasının [127] bir yan ürünüdür: Toplam entropi (yani, kaos) her zaman artar. Bu, paslanmanın, çürümenin, bozunmanın vb. hayatın belirleyici nitelikleri olmalarının nedenidir. İkinci yasa kaçınılmazdır. Bahçelerdeki çiçeklerden bedenlerimize ve hatta evrenin kendisine kadar her şey, solmaya, buruşmaya, bozulmaya ve ölmeye mahkumdur.

Ama ikinci yasada küçük ama önemli bir boşluk vardır: *Toplam* entropi her zaman artar. Bu, bir yerlerde entropiyi arttırmanız koşuluyla, bir yerdeki entropiyi fiilen azaltabileceğiniz ve yaşlanmayı tersine çevirebileceğiniz anlamına gelir. Yani, bir yerlerde tozu dumana katmak pahasına, gençleşmek mümkündür. (Bu konuya Oscar Wilde'ın meşhur romanı *Dorian Gray'in Portresi*'nde[128] üstü kapalı değinilmiştir. Bay Gray gizemli bir şekilde daima gençtir. Ancak onun sırrı, korkunç bir şekilde yaşlanmış olan kendi resmidir. Sonuçta toplam yaşlanma miktarı yine de artmıştır.) Entropi ilkesi bir buzdolabının arkasına bakarak da görülebilir. Buzdolabının içinde, sıcaklık düştükçe entropi de düşer. Ancak entropiyi düşürmek için, buzdolabının arkasında üretilen ısıyı arttıran ve dolayısıyla da dolap dışındaki entropiyi arttıran bir motorunuzun olması gerekir. Buzdolap arkalarının her zaman sıcak olmasının nedeni budur.

Nobel ödüllü Richard Feynman bir defasında şöyle demişti: "Biyolojide ölümün kaçınılmazlığını işaret eden bir şey henüz bulunmadı. Bu bana, ölümün hiç de kaçınılmaz olmadığı, biyologların bize dert açan şeyin ne olduğunu keşfetmelerinin yal-

---

[126] *free radicals*: eşleşmemiş elektronları olan atom, molekül ya da iyonlar; son derece reaktiftirler, yani, hemen diğer atomik/moleküler sistemlerle tepkimeye girmek isterler. (ç.n.)

[127] *the second law of thermodynamics*

[128] *The Picture of Dorian Gray*

nızca bir zaman sorunu olduğu ve bu berbat evrensel hastalığın ya da insan bedeninin geçiciliği mefhumunun tedavi edileceği hislerini veriyor."

İkinci yasa kadınlık hormonu östrojenin faaliyetinde de görülebilir. Bu hormon, kadınları menopoz olana dek genç ve dinç tutar; menopoz yaşlanmayı hızlandırır, ölüme gitme hızını yükseltir. Östrojen, bir spor arabaya yüksek oktanlı yakıt koymak gibidir. Araba güzel bir şekilde performans sergiler, ama bunu motorundaki daha fazla aşınma ve yıpranma pahasına yapar. Kadınlardaki hücresel aşınma ve yıpranma, göğüs kanseri olarak kendini ortaya koyabilir. Aslında, östrojen enjeksiyonunun göğüs kanserinin büyümesini hızlandırdığı biliniyor. Sonuç olarak, kadınların menopozdan önce gençlik ve dinçlik için ödedikleri fiyat belki de toplam entropideki bir artıştır, bu durumda ise göğüs kanseridir. Son zamanlarda görülen göğüs kanseri oranındaki artışı açıklamaya çalışan, kendi aralarında hâlâ tartışmalı, çok sayıda kuram var. Bir kuram bunun nedeninin kısmen bir kadının geçirdiği adet dönemlerinin[129] sayısı ile ilgili olduğunu söylüyor. Antik çağ boyunca, kadınlar ergenliğe ulaştıktan sonra, öyle ya da böyle devamlı olarak hamileydiler; sonra menopoza girerler ve kısa bir süre sonra da ölürlerdi. Bu, bu kadınların çok az adet dönemi geçirdikleri, östrojen seviyelerinin düşük olduğu ve dolayısıyla, muhtemelen görece daha az göğüs kanserine yakalandıkları anlamına gelir. Bugün, genç kızlar ergenliğe daha erken ulaşıyorlar ve fazla sayıda adet döngüsü görüyorlar, ortalama ancak 1,5 çocuk doğuruyorlar, menopoza geç giriyorlar ve bunlardan dolayı östrojene çok daha fazla maruz kalıyorlar, bütün bunlar da göğüs kanseri oluşumunda olası bir artışa yol açıyor.

Son zamanlarda, genler ve yaşlanmayla ilgili bir dizi kışkırtıcı ipuçları ortaya çıkarıldı. Araştırmacılar ilk olarak normalden daha uzun yaşayan hayvan nesillerinin yetiştirilebileceğini gösterdiler. Özellikle maya hücreleri, yuvarlak kurtlar[130] ve meyve sinekleri, normalden daha uzun yaşayacak şekilde laboratuvarlarda yetiştirilebiliyorlar. Irvine'deki California Üniver-

---

[129] *menstrual cycles*

[130] *nematode worms*

sitesi'nden[131] Michael Rose, seçici üretmeyle/yetiştirmeyle/çiftleştirmeyle[132] meyve sineklerinin hayat sürelerini %70 arttırabildiğini duyurunca, bilim dünyası şaşkına dönmüştü. Onun "süpersineklerinin" ya da *Metuşelah*[133] sineklerin, serbest radikallerin neden olduğu zararı yavaşlatabilen SOD'a[134] yüksek miktarlarda sahip oldukları bulundu. 1991'de, Boulder'daki Colorado Üniversitesi'nden[135] Thomas Johnson, age-1[136] adını verdiği, yuvarlak kurtların yaşlanmasından sorumlu olduğu ve onların hayat süresini %110 arttırdığı düşünülen bir geni izole etti. "Eğer insanlarda age-1 gibi bir gen varsa gerçekten olağanüstü şeyler yapabiliriz." diye de not düştü.

Bilim insanları, alt düzeydeki organizmalardaki yaşlanma sürecini kontrol eden ve düzenleyen birkaç tane geni (age-1, age-2, daf-2) izole etmiş durumdalar. Bu genlerin insanlarda karşılıkları da vardır. İşin doğrusu, maya hücrelerinin yaşam sürelerini değiştirmek bir ışığın düğmesine basmak gibi bir şeydir diye görüş belirtmişti bir bilim insanı. Bir geni etkin hale getirirseniz, hücreler daha uzun yaşarlar. Bu geni devre dışı bırakırsanız, daha kısa bir hayat yaşarlar.

Daha uzun yaşayacak maya hücreleri yetiştirmek, çok daha meşakkatli olan insan yetiştirmekle karşılaştırılırsa çok kolaydır. İnsanoğlu öyle uzun yaşar ki bu konuda test yapmak neredeyse olanaksızdır. Ancak gelecekte, özellikle hepimizin bir CD üzerine yazılmış genomları olduğu zaman, yaşlanmanın sorumlusu olan genlerin izole edilmesi ivme kazanabilir. O zamana kadar, bilim insanlarının, bilgisayarlarla analiz edilebilen,

---

[131] *the University of California*

[132] *selective breeding*

[133] *Methuselah*: Yahudi İncili'ndeki rivayete göre 969 yıl yaşamış, dünyanın en uzun yaşayan insanı; bu sözcük dilimize, *Nuh Nebi'den kalma* diye de çevrilebilir. (ç.n.)

[134] *the antioxidant superoxide dismutase (SOD)*, oksitlenme önleyici süperoksit dismutaz: süperoksitlerin (O_2^-), oksijene (O_2) ve hidrojen peroksite (H_2O_2) dönüşmelerini katalize eden enzimler; oksijene maruz tüm hücrelerin oksitlenmeye karşı önemli savunma mekanizmalarından biridir. (ç.n.)

[135] *the University of Colorado*

[136] *age-1*: "yaş-1" diye çevrilebilir. (ç.n.)

milyarlarca genden oluşan muazzam bir veri tabanı olacak. Bilim insanları yaşlı ve genç olmak üzere iki grup insanın milyonlarca genomunu tarayabilecekler. Bu iki set karşılaştırılarak, yaşlanmanın genetik düzeyde nerede meydana geldiği tespit edilebilir. Bu genlerin bir ön taraması şimdiden, yaşlanma sürecinin üzerlerinde yoğunlaştığı düşünülen altmış kadar geni izole etti.

Örnek vermek gerekirse bilim insanları uzun ömrün bir şekilde aileden geldiğini bilirler. Uzun yaşayan insanların muhtemelen anne-babaları da uzun yaşamıştır. Bu etki çok da belirli değildir ama ölçülebilir. Doğumlarında birbirlerinden ayrılmış özdeş ikizleri analiz eden bilim insanları, bunu genetik düzeyde görebilirler. Ancak, yaşam süremiz %100 olarak genlerimiz tarafından belirlenmez. Bu konuyu çalışan bilim insanları, yaşam süremizin yalnızca %35'inin genlerimizce belirlendiğine inanırlar. Sonuç olarak gelecekte, herkes 100 dolarlık kendi kişisel genomuna sahip olduğunda, bilgisayarla milyonlarca insanın genomları taranabilecek, yaşam süremizi kısmen kontrol eden genler izole edilebilecek.

Buna ek olarak, bilgisayarla yürütülecek bu çalışmalar, yaşlanmanın ağırlıklı olarak meydana geldiği yeri hatasız olarak saptayabilirler. Bir arabadaki yaşlanmanın esas olarak, yakıtın yandığı ve oksitlenmenin olduğu motorda olduğunu hepimiz biliriz. Benzer şekilde, genetik analizler, yaşlanmanın en çok, hücrenin "motoru" olan mitokondride, yani hücrenin güç santralinde yoğunlaştığını gösteriyor. Bu, bilim insanlarının "yaşlanma geni" arayışlarının çerçevesini daralttı; şimdi yaşlanma etkilerini tersine çevirmek için, mitokondri içerisinde yapılacak gen tedavilerini hızlandırmanın yollarını arıyorlar.

2050 yılına gelene kadar, gen terapisi, kök hücreleri ve insan beden mağazası gibi çeşitli terapiler aracılığıyla, yaşlanma sürecini yavaşlatmak mümkün olabilir. 150 yıla kadar, ya da daha fazla, yaşayabiliriz. 2100 yılına geldiğimizde, hücre tamir mekanizmalarını hızlandırarak, yaşlanmanın etkilerini tersine çevirmek mümkün olabilir ve böylece çok daha fazla sağlıklı olarak yaşayabiliriz.

Kalori Kısıtlaması

Bu kuram, kalori kısıtlamasının (yani, yiyip içtiğimiz kalorinin %30 ve daha fazla azaltılmasının) yaşam süresini %30 attırdığı gerçeğini de açıklayabilir. Şimdiye kadar çalışılan her organizmanın -maya hücrelerinden, örümceklerden ve böceklerden tavşanlara, köpeklere ve şimdi maymunlara- bu garip olayı sergilediği görülmüştür. Bu diyet kısıtlaması altında, hayvanlarda daha az sayıda tümör, kalp hastalığı ve yaşlanmayla ilgili diğer hastalıklar ve daha düşük diyabet sıklığı görülmüştür. İşin doğrusu, kalori kısıtlaması, insan ömrünü garantili olarak uzattığı bilinen *tek* mekanizmadır; tüm canlılar dünyasında test edilmiştir ve her defasında da işe yaramıştır. Son zamanlara kadar, kalori kısıtlaması üzerine çalışan araştırmacıların ellerinden kurtulan tek önemli canlı türü, insanların da üyesi olduğu primatlar[137] olmuştur; çünkü bu tür çok uzun yaşar.

Bilim insanları, özellikle alyanaklı maymunlar[138] üzerinde yapılan kalori kısıtlaması çalışmalarının sonuçlarını görmek için çok sabırsızdılar. En sonunda, 2009'da, çok uzun zamandır beklenen sonuçlar geldi. Wisconsin Üniversitesi'nin[139] bu çalışması, yirmi yıllık bir kalori kısıtlamasından sonra, diyetteki maymunların herkesin çok yakından ilgilendiği diyabet, kanser ve kalp gibi hastalıklara daha az yakalandıklarını gösterdi. Genel olarak, bu maymunlar, normal olarak beslenen kuzenlerine göre daha sağlıklıydılar.

Bunu açıklayabilen bir kuram şudur: Doğa hayvanlara enerjilerini nasıl kullanacaklarına ilişkin iki "seçenek" sunar. Bolluk zamanında, enerji, üremek için kullanılır. Kıtlık zamanında ise vücut üremeyi devre dışı bırakır, enerjiyi muhafaza eder, kıtlıktan sağ salim çıkmaya çalışır. Hayvanlar aleminde, ileri derecede aç olmak çok yaygın görülür ve bu yüzden hayvanlar sıklıkla üremeyi durdurma "seçeneğine" başvururlar, metabolizma-

---

[137] *primate*: iri beyne sahip, gibon, goril, orangutan, şempanze gibi ileri düzey bir memeli. (ç.n.)

[138] *rhesus monkeys*

[139] *the University of Wisconsin*

larını yavaşlatırlar, daha uzun yaşarlar ve gelecekteki daha iyi günleri beklerler.

Yaşlanma araştırmalarının Kutsal Kâse'si,[140] kalori kısıtlamasının yararlarından bir şekilde istifade etmek, ama bunu yaparken de olumsuz taraflarından etkilenmemek, yani aç kalmamaktır. Anlaşıldığı kadarıyla, insanların doğal eğilimi ağırlık kazanmaktır, zayıflamak değil. İşin doğrusu, kalorik olarak kısıtlanmış bir diyet altında yaşamak hiç de eğlenceli değildir; bir keşişi/münzeviyi bile kusturacak bir beslenme şekliniz olur. Ayrıca, çok katı bir diyet altındaki hayvanlar uyuşuklaşır, miskinleşir ve karşı cinse karşı tüm ilgilerini kaybederler. Bilim insanlarını motive eden, bu mekanizmayı kontrol eden geni bulma çabasıdır; onun sayesinde, olumsuz taraflarından etkilenmeden, kalori kısıtlamasının faydasını görebiliriz.

Bunun için önemli bir ipucu, maya hücrelerinin yaşam sürelerini uzatabilecek bir geni arayan MIT[141] araştırmacısı Leonard P. Guarente ve başkaları tarafından bulundu. Guarente, Harvard'dan David Sniclair ve meslektaşları, kalorik kısıtlamanın etkilerinin ortaya çıkmasında rol alan SIR2 genini keşfettiler. Bu gen, bir hücrenin enerji rezervlerini tespit etmekten sorumludur. Enerji rezervleri, bir kıtlık zamanında olduğu gibi düşük olduğunda, bu gen etkin hale getirilir. Kalorik kısıtlama etkilerini kontrol eden bir genden beklediğiniz de tam olarak budur. Bu araştırmacılar SIR2[142] geninin farelerdeki ve insanlardaki karşılıklarını da buldular ve bunları SIRT genleri olarak adlandırdılar; bunlar sirtuin[143] olarak adlandırılan proteinleri üretirler. Araştırmacılar sonra sirtuin'leri etkinleştiren kimyasalları aradılar ve bunun resveratrol[144] olduğunu buldular.

---

[140] *the Holy Grail*: Hz. İsa'nın son yemeğini yediği kâse; mucizevi olduğuna inanılır, dolayısıyla tarih boyunca bulunulmaya çalışılmıştır; deyim olarak, "elde etmek ya da başarmak için çok uğraş verilen amaç" olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[141] *the Massachusetts Institute of Technology*

[142] *the 2nd silent information regulator*: dilimize *ikinci (bulunan/keşfedilen) sessiz bilgi düzenleyicisi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[143] *silent information regulator two (SIR2) protein*: dilimize *ikinci sessiz bilgi düzenleyici protein* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[144] şarabın içinde bulunan bir antioksidan. (ç.n.)

Bu ilgi çekici bir sonuçtu; çünkü bilim insanları resveratrol'un kırmızı şarabın faydalarından sorumlu olabileceğine ve böylece "Fransız paradoksunu"[145] da açıklayabileceğine inanıyorlardı. Fransız mutfağı, içinde yüksek miktarlarda katı ve sıvı yağlar içeren zengin soslarıyla meşhurdur, ama Fransızların normal bir yaşam süresine sahip oldukları görülür. Bu gizem belki de açıklanabilir; çünkü Fransızlar resveratrol içeren kırmızı şarabı çok fazla içerler.

Bilim insanları, sirtuin etkinleştiricilerinin, fareleri şaşırtıcı derecede çok hastalıktan koruyabildiklerini buldular. Sinclair'e göre bu hastalıklar arasında akciğer ve kolon kanserleri, melanom,[146] lenfoma,[147] tip 2 diyabet, kalp ve damar hastalıkları ve Alzheimer hastalığı vardır. Bu hastalıkların çok ufak bir kısmı bile, sirtuin'ler aracılığı ile insanlarda tedavi edilebilirse bu, tüm tıbbı kökten değiştir.

Yakınlarda, resveratrol'ün kayda değer özelliklerini açıklamak için bir teori ortaya atıldı. Sinclair'e göre, sirtuin'in ana amacı belirli genlerin etkinleşmesini önlemektir. Tek bir hücrenin kromozomları, örneğin, tamamen uzatılmış halde 180 santimetredir, astronomik uzunlukta bir moleküldür. Herhangi bir zamanda, bu 180 santimetrelik kromozomlar boyunca uzanan genlerin yalnızca bir kısmı gereklidir; geri kalan tüm kısım pasif kalmalıdır. Hücre, gerek olmadığı zaman, kromozomu kromatinle sıkıca sarmalayarak, genlerin çoğunu susturur/engeller; bu sirtuin tarafından yapılır.

Ne var ki bazen, bu narin kromozomlarda yıkıcı aksamalar meydana gelir; örneğin iplikçiklerden biri tamamen kopar. Bu durumda, sirtuin'ler bozuk kromozomların onarımına yardımcı olmak için hemen harekete geçerler. Ancak, yardıma giden sirtuin'ler görevlerini geçici olarak bıraktıklarında, asli görevleri olan genleri susturma/engelleme işini boşlamak zorunda kalırlar. Böylece genler gereksiz yere etkinleşirler, genetik bir kaosa

---

[145] *"the French paradox"*

[146] *melanoma*: halk arasında *kara ur* da denilen bir deri kanseri. (ç.n.)

[147] *lymphoma*: lenf düğümlerinde çıkan ve lenfositlerden oluşan urlar; *ak kan uru* olarak da bilinir. (ç.n.)

neden olurlar. Sinclair, sistemdeki bu çökmenin, yaşlanmanın ana mekanizmalarından biri olduğunu ileri sürüyor.

Bu doğruysa sirtuin yaşlanmayı durdurabilmekle kalmaz, muhtemelen onu tersine de çevirebilir. Hücrelerimizdeki DNA zararlarını onarmak ve tersine çevirmek zordur. Ancak, Sinclair, yaşlanmamızın büyük kısmının, asli görevinden saptırılmış sirtuin'lerden kaynaklandığına, bunun da hücrelerin bozulmasına neden olduğuna inanıyor. Sirtuin'lerdeki bu sapmanın kolayca tersine çevrilebileceğini de iddia ediyor.

Gençlik Pınarı

Bu keşfin istenmeyen bir yan ürünü, gelgelim, tetiklediği büyük medya sirki oldu. Durduk yere *60 Minutes*[148] ve *The Oprah Winfrey Show*[149] adlı programlar resveratrol'ü ön plana çıkardılar. İnternette bir çılgınlık yaratıldı, geceleri pıtrak gibi ortaya çıkan kapkaççı şirketler hayat iksiri vadettiler insanlara. Tüm üçkâğıtçılar ve şarlatanlar, resveratrol çılgınlığından pay kapma telaşındaydı sanki.

(Bu medya çılgınlığını başlatan Guarente ile laboratuvarında röportaj yapma şansım oldu. Açıklamalarında çok dikkatliydi; çünkü ulaştığı sonuçların medyada yaratacağı etkinin ve oluşabilecek yanlış anlamaların farkındaydı. Bilhassa birçok internet sitesinin, resveratrol'ü bir çeşit gençlik pınarı[150] olarak lanse etmelerine çok kızgındı. İnsanların, sonuçlar hâlâ kesin bile değilken, resveratrol'ün aniden kazandığı bu şöhretten menfaat sağlamaya çalışmalarının dehşet verici olduğundan söz etti. Yine de, bir gün gençlik pınarı bulunursa var olduğunu farz ederek, SIR2'nin bunda bir rol alma olasılığını da dışlamıyordu. Meslektaşı Sinclair, işin doğrusu, her gün büyük miktarlarda resveratrol aldığını kabul ediyor.)

---

[148] *60 Dakika*, Birleşik Devletler'de 1968'den beri yayınlanan meşhur bir haber programı. (ç.n.)

[149] Yine Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1986'dan beri yayınlanan, sunuculuğunu Oprah Winfrey'in yaptığı, çok sevilen bir talk show programı. (ç.n.)

[150] *the fountain of youth*: gençlik pınarı, ab-ı hayat, hayat suyu, bengi su, ... ; içene ölümsüzlük getirdiğine inanılan, birçok masalın ve anlatının konusu efsane su kaynağı. (ç.n.)

Bilim camiası içinde yaşlanma araştırmalarına olan ilgi öylesine yoğundur ki Harvard Tıp Okulu,[151] 2009'da, bu alanda çalışan önemli araştırmacıların katıldığı bir konferansa ev sahipliği yaptı. Seyirciler arasında bizzat kalorik kısıtlama altında olan birçok araştırmacı vardı. Bir deri bir kemik kalmışlar, kendi bilimsel felsefelerini, yediklerini içtiklerini kısıtlayarak testten geçiriyorlardı. 120 yaşına kadar yaşamaya niyetli 120 Klübü'nün[152] üyeleri de oradaydı. İlgi bilhassa David Sinclair ve Christoph Westphal'in ortaklaşa kurdukları, resveratrol yerine geçecek maddeleri klinik testlerden geçirmekte olan Sirtris Pharmaceuticals[153] şirketi üzerinde yoğunlaşmıştı. "Beş ya da altı ya da yedi yıl içinde, uzun ömürlülüğü [daha da] uzatacak ilaçlar olacak." diye kesin bir dille konuşmuştu Westphal.

Birkaç yıl önce var bile olmayan kimyasallar bugün yoğun ilgi konusudurlar ve devamlı denemelerden geçmektedirler. SRT501, mültipl miyelom[154] ve kolon kanserine karşı test ediliyor. SRT2104, tip 2 diyabete karşı test ediliyor. Yalnızca sirtuin'ler değil, bir sürü gen, protein ve kimyasal (IGF-1,[155] TOR[156] ve rapamisin[157] dâhil) birçok grup tarafından dikkatle analiz ediliyor.

Bu klinik testlerin başarılı olup olamayacaklarını ancak zaman söyleyebilir. Söz konusu olan yaşlanma süreci olursa tıp tarihi aldatmacalar, hilekârlıklar ve dolandırıcılıklarla doludur. Ancak, bilim hurafe değildir; tekrarlanabilir, test edilebilir ve yanlışlanabilir/çürütülebilir veriye dayanır. Amerika Birleşik Devletleri Yaşlanma Ulusal Enstitüsü[158] çeşitli maddelerin yaşlanma üzerine etkilerini test etmek üzere programlar başlattı,

---

151 *Harvard Medical School*

152 *the 120 Club*

153 Sirtris Eczacılık (Şirketi)

154 *multiple myeloma*: omurilik tümörü. (ç.n.)

155 *insulin-like growth factor 1*: insülin-benzeri büyüme faktörü 1, insülin ile yüksek dizilim benzerliği (*sequence similarity*) olan proteinlerden biri. (ç.n.)

156 *target of rapamycin*: hücre büyümesini, çoğalmasını, protein sentezini vb. düzenleyen bir protein. (ç.n.)

157 *rapamycin*: organ nakillerinde vücudun organı reddetmesini önleyen bir tür ilaç. (ç.n.)

158 *the National Institute of Aging*

hayvanlar üzerinde yapılan bu ilgi çekici çalışmaların insanlarla devam edip etmeyeceğini hep beraber göreceğiz.

Ölmek Zorunda mıyız?

Bir biyotek[159] öncüsü olan William Haseltine bir zamanlar bana şöyle demişti: "Hayatın doğası ölümlülük değil, ölümsüzlüktür. DNA ölümsüz bir moleküldür. Bu molekül muhtemelen ilk kez 3,5 milyar yıl önce ortaya çıktı. Bu molekülün ta kendisi kopyalana kopyalana bugüne ulaştı. ... Günden güne kuvvetten düştüğümüz doğrudur, ama bunu değiştirecek yeteneği geleceğe taşımanın yolları hakkında konuştuk. Önce ömrümüzü ikiye ya da üçe katlayacağız. Belki de, beyni yeterince iyi anlayabilirsek, bedenimizi ve beynimizi süresiz olarak uzatacağız. Ben bunun doğaya aykırı bir işlem olduğunu düşünmüyorum."

Evrim biyologları, evrimsel baskının[160] hayvanlara üreme yıllarında uygulandığını işaret ediyorlar. Bir hayvan üreme yıllarını geçirdikten sonra, işin doğrusu, grup için bir yük haline gelebilir ve bu yüzden evrim onu yaşlılıktan ölmeye programlamıştır. Belki biz de ölmeye programlanmışızdır. Belki kendimizi daha uzun yaşamak için yeniden de programlayabiliriz.

Aslında, memelilere bakarsak, örneğin, memeli ne kadar büyükse metabolizmasının o kadar yavaş olduğunu ve o kadar daha fazla yaşadığını görürüz. Fareler, örneğin, kendi vücut ağırlıklarına göre muazzam miktarda gıdayı silip süpürürler ve ancak dört yıl kadar yaşarlar. Filler çok daha yavaş bir metabolizma hızına sahiptirler ve yetmiş yıla kadar yaşarlar. Eğer metabolizma hataların birikimine karşılık gelirse bu açık bir şekilde, metabolizman ne kadar yavaşsa o kadar uzun yaşarsın kavramıyla uyumlu olur. (Bu "mumu iki ucundan yakmak"[161] deyimini de açıklayabilir. Bir zamanlar, bir adama istediği bir dileğini yerine getireceğini söyleyen bir cin hakkında küçük bir

---

[159] *biotech*: biyoteknoloji. (ç.n.)

[160] *evolutionary pressure*: güçlüyü, iyiyi, kaliteliyi genleriyle beraber ileriye taşıyan, diğerlerini bir şekilde ortadan kaldıran evrimsel baskı ya da doğal seçilim (*natural selection*). (ç.n.)

[161] *"burning the candle at both ends"*: durmaksızın çalışarak kendini helak etmek. (ç.n.)

hikâye okumuştum. Adam hemen 1000 yıl yaşamak istediğini söylemişti. Cin onun bu isteğini yerine getirmiş ve onu bir ağaca çevirmişti.)

Evrim biyologları yaşam süresini, uzun ömrün bir hayvan türünün vahşi doğada nasıl hayatta kalmasına yardımcı olabileceğine bakarak açıklamaya çalışıyorlar. Bunlara göre, belirli bir yaşam süresi genetik olarak belirleniyor; çünkü bu, türlerin hayatta kalabilmesine ve gelişmelerine yardımcı oluyor. Bu görüşe göre, fareler çok kısa yaşarlar; çünkü çeşitli avcılar tarafından devamlı avlanırlar ve genellikle kış aylarında donarak ölürler. Genlerini bir sonraki nesle geçiren fareler en çok yavruya sahip olanlardır, en uzun yaşayanlar değil. (Bu teori doğruysa avcılardan bir şekilde kaçabilen fareler daha uzun yaşarlar. Gerçekten de, farelerle aynı büyüklükte olan yarasalar 3,5 kat daha uzun yaşarlar.)

Ama sürüngenlerde bir anormallik görülür. Anlaşıldığı kadarıyla, bazı sürüngenlerin belirli bir yaşam süreleri yoktur. Sonsuza kadar bile yaşayabilirler. Timsahlar devamlı büyürler, ama her zaman enerjik ve zinde kalırlar. (Ders kitapları timsahların çoğu zaman yalnızca yetmiş yaşına kadar yaşadıklarını iddia ederler. Bu muhtemelen hayvanat bahçesindeki bakıcının yetmiş yaşında ölmesinden dolayı böyledir. Daha dürüst olan diğer ders kitapları, bu canlıların yaşam sürelerinin yetmiş yıldan fazla olduğunu söylerler ama bu hiçbir zaman laboratuvar ortamında dikkatlice ölçülemedi.) Gerçekte, bu hayvanlar ölümsüz değil; çünkü kaza, açlık ya da hastalık nedeniyle ölüyorlar. Ancak, bir hayvanat bahçesine bırakılırlarsa muazzam bir yaşam süreleri oluyor, neredeyse sonsuza dek yaşıyor görünüyorlar.

Biyolojik Saat

Bir diğer ilgi çekici ipucu, bir hücrenin "biyolojik saat" gibi görev yapan *telomer*lerinden[162] gelir. Bir ayakkabı bağcığının iki ucundaki plastik başlar gibi, telomerler de bir kromozomun uçlarında bulunurlar. Hücrenin her bölünme döngüsünde, telo-

[162] *telomere*

merler gittikçe kısalırlar. En sonunda, altmış civarı döngüden sonra (deri hücreleri için), telomerler çözülürler. Bundan sonra hücre yaşlılık dönemine girmiş olur ve düzgün çalışmayı bırakır. Dolayısıyla, telomerler bir dinamitin ucundaki fünye gibidir. Bu fünye her bölünme döngüsünde kısalırsa en sonunda fünye kaybolur ve hücre bölünmeyi durdurur.

Bu Hayflick sınırı[163] olarak adlandırılır, bazı hücrelerin hayat döngüsüne bir üst sınır koyar. Kanser hücrelerinin, örneğin, bir Hayflick sınırı yoktur, *telomeraz*[164] diye adlandırılan, telomerlerin gittikçe kısalmasını önleyen bir enzim üretirler.

Telomeraz enzimi sentezlenerek elde edilebilir. Deri hücrelerine uygulanınca, hücreler görünür bir şekilde sınırsızca ürerler. Ölümsüz olurlar.

Ancak, burada bir tehlike vardır. Kanser hücreleri de ölümsüzdürler, bir tümör içinde sınırsız bir şekilde bölünürler. İşin doğrusu, kanser hücrelerinin öldürücü olmasının nedeni de budur; çünkü vücut çalışamaz hale gelene kadar sınırsızca ürerler. Bu nedenle telomeraz enzimi dikkatlice analiz edilmelidir. Biyolojik saati geri almak için yapılan her telomeraz içeren tedavi, kansere yol açmadığından emin olmak için kontrol edilmek zorundadır.

Ölümsüzlük Artı Gençlik

Ortaya çıkaracağı nüfus patlaması ve ülkeyi iflasa sürükleyecek yaşlı insanlar toplumu üzerine düşünürsek, insan ömrünü uzatma olasılığı bazıları için bir sevinç kaynağı, diğerleri için de aynı derecede korkutucudur.

Aslında, biyolojik, mekanik ve nanoteknolojik terapilerden oluşacak bir birleşim, yalnızca ömrümüzü uzatmakla kalmayabilir, bu süreçte gençliğimizi de koruyabilir. Nanoteknolojiyi tıbba uygulayan Robert A. Freitas Jr. şöyle konuşmuştu: "Yirmi ila otuz yıl içinde bu tür müdahaleler rutin olabilir. Yıllık tepeden tırnağa sağlık kontrolleri ve arınmalarla ve arasıra yapılacak büyük onarımlarla, biyolojik saatiniz her yıl, kendi seçtiği-

---

[163] *the Hayflick limit*
[164] *telomerase*

niz sabit bir fizyolojik yaşa hemen hemen döndürülebilir. Hâlâ en sonunda kaza eseri ölme olasılığınız var, ama bugüne göre en az on kat daha fazla yaşayacaksınız."

Gelecekte, yaşam süresini uzatmak, efsanevi Gençlik Pınarı'ndan su içme sorunu olmayacak. Büyük olasılıkla, birkaç yöntemin bir birleşimi olacak:

1. doku mühendisliği ve kök hücre yöntemleriyle, hastalanan ya da eskiyen organların yenilerini büyüterek/üreterek
2. hücre onarım mekanizmalarını geliştirmek, metabolizmayı düzenlemek, biyolojik saati geriye almak ve oksitlenmeyi/paslanmayı azaltmak için hazırlanmış bir protein ve enzim kokteylini içerek
3. yaşlanma sürecini yavaşlatabilen genlerde gerekli değişiklikleri yapan gen terapisini kullanarak
4. sağlıklı bir yaşam biçimini takip ederek (egzersiz ve iyi bir diyet)
5. kanser gibi hastalıkları daha probleme dönüşmeden yıllarca evvel tespit edebilen nanoalıcıları kullanarak

Nüfus, Gıda ve Kirlilik

Ama hâlâ can sıkıcı bir soru var: Ortalama ömür uzatılabilirse aşırı nüfus sıkıntısı çekmeyecek miyiz? Bunu kimse bilmiyor.

Yaşlanma sürecini geciktirmek bir sürü sosyal sonuca yol açar. Daha uzun yaşarsak, yeryüzünü aşırı kalabalıklaştırmayacak mıyız? Bazıları, ortalama ömür yalnızca bir yüzyıl içinde kırk beş yıldan yetmiş seksen yıla patlama yapmıştır diyerek kitlesel ömür artışının zaten gerçekleşmiş olduğunu belirtiyorlar. Bu bir nüfus patlaması yerine, tartışmaya açık bir şekilde, tersini yapıyor. İnsanlar daha uzun yaşadıkça, kariyer peşinde daha çok koşuyorlar ve çocuk sahibi olmayı erteliyorlar. İşin doğrusu, yerli Avrupa nüfusu gerçekten de çarpıcı bir biçimde azalmakta. Sonuçta, insanlar daha uzun ve daha zengin bir hayat yaşarlarsa buna uygun olarak çocuk sahibi olmaya ara veriyorlar ya da çok daha az çocuk yapıyorlar. Önlerinde yaşanacak daha nice onyıllar olduğundan, insanlar zaman çerçeveleri-

ni buna göre tekrar ayarlıyorlar ve böylece çocuk yapmayı ya erteliyorlar ya da buna ara veriyorlar.

Diğerleri ise insanların bu teknolojiyi, doğaya aykırı olduğu ve dini inançlarını ihlal ettiği gerekçeleriyle reddedeceklerini iddia ediyorlar. Gerçekten de, gayriresmi kamuoyu yoklamaları, çoğu insanın, ölümün oldukça doğal olduğunu ve hayata anlam kattığını düşündüğünü gösteriyor. (Gelgelelim, bu yoklamalarda görüşülen insanların büyük çoğunluğu genç ya da orta yaşlıdırlar. Ancak, insanların günden güne eriyip tükendikleri, sürekli ağrılarla yaşadıkları ve ölümü bekledikleri bir bakım evine gider ve aynı soruyu sorarsanız, tamamen farklı bir yanıt alabilirsiniz.)

Bu tam da UCLA'dan[165] Greg Stock'un da söylediği gibidir: "Tanrı'yı oynamaktan duyduğumuz ızdırap ve daha uzun bir yaşama ilişkin endişelerimiz, yavaş yavaş yeni bir nakarata yol açabilir: 'Ne zaman doğum kontrol hapı alabilirim?'"

Bilim insanları 2002'de, ellerindeki en iyi nüfus istatistiklerine dayanarak, şimdiye kadar Dünya yüzeyinde yürümüş, gelmiş geçmiş tüm insanların %6'sının bugün hâlâ hayatta olduklarını tahmin ettiler. Bu böyledir; çünkü insanlık tarihinin büyük bir kısmında insan nüfusu 1 milyon civarında olmuştur. Yetersiz yiyecek kaynaklarının peşinde helak olan insan nüfusu hep düşük kalmıştır. Roma İmparatorluğu nüfusunun, en şaşaalı günlerinde bile 55 milyon olduğu tahmin edildi.

Ama son 300 yıl içinde, modern tıbbın ve çok yüksek miktarlarda gıda ve malzeme üreten Sanayi Devrimi'nin[166] yükselişiyle tutarlı olarak, dünya nüfusunda çok dramatik bir yükselme oldu. Yirminci yüzyılda dünya nüfusu, 1950'den 1992'ye iki kattan fazla artarak, 2,5 milyardan 5,5 milyara yükselerek, daha önce görülmemiş zirvelere ulaştı. Halihazırda ise 6,7 milyarda bulunuyor. İnsan ırkına her yıl 79 milyon insan katılıyor, bu tüm Fransa'nın nüfusundan daha fazladır.

Sonuç olarak, birçok kıyamet günü öngörüsü yapıldı, ama insanlık şimdiye kadar ucuz atlatmayı başarabildi. Thomas Malthus 1798'de, olur da nüfus yiyecek kaynaklarını aşarsa ne

---

[165] *the University of California, Los Angeles*

[166] *the Industrial Revolution*

olabileceğine ilişkin bizi uyarmıştı. Kıtlıklar, yiyecek için ayaklanmalar, yıkılan hükümetler ve kitlesel açlıklar birbirini takip edebilir, ta ki nüfusla kaynaklar arasında yeni bir denge bulunana kadar. Gıda kaynakları zamanla doğrusal olarak[167] artarken, nüfus üstel olarak[168] arttığı için, dünyanın bir noktada kopma noktasına ulaşması kaçınılmaz görünüyor. Malthus kitlesel kıtlıkların 1800'lerin ortalarında görüleceğini öngörmüştü.

Ama 1800'lerde, Dünya nüfusu büyük patlamanın daha en başlarındaydı ve yeni keşfedilen topraklar ve yeni kurulan koloniler sayesinde artan yiyecek ve malzeme kaynakları, Malthus'un tahmin ettiği felaketlerin gerçekleşmesini önledi.

1960'larda, Malthus'unkine benzer bir diğer tahmin yapıldı, bir nüfus bombasının kısa süre içinde Dünya'yı vuracağı ve 2000 yılına kadar küresel bir çöküş olacağı söylendi. Tahmin yanlıştı. Yeşil devrim[169] gıda kaynaklarını başarıyla arttırmıştı. Veriler gıda kaynaklarındaki artışın Dünya nüfusundaki artıştan fazla olduğunu gösteriyor, böylece Malthus mantığı geçici olarak da olsa mağlup edilmiş oluyordu. 1950'den 1984'e, daha çok suni gübreler ve yeni çiftçilik teknolojileri sayesinde, hububat üretimi %250'den fazla artmıştı.

Bir kez daha ucuz atlatmıştık. Ancak şimdi nüfus artışının en yoğun olduğu zamanlardayız ve bazıları, Dünya'nın yeni gıda kaynakları yaratabilme yeteneğinin sınırlarına ulaşmakta olduğumuzu söylüyorlar.

Dünya'daki hububat üretimi ve okyanuslardan elde edilen gıda, kaygı verici bir şekilde yatay seyretmeye başlıyor. Birleşik Krallık bilim kurulu başkanı, nüfus patlaması ve azalan gıda ve enerji kaynaklarının neden olacağı, 2030'a kadar kopması olası, mutlak bir fırtına konusunda bizi uyarıyor. Birleşmiş Devletler Gıda ve Tarım Organizasyonu,[170] Dünya'nın, 2,3 milyar fazladan insanı beslemek için, 2050 yılına kadar %70 daha fazla gıda üretme kapasitesine ulaşması gerektiğini, aksi takdirde bir felaketle yüz yüze kalacağını söylüyor.

---

[167] *linearly*
[168] *exponentially*
[169] *the green revolution*
[170] *the UN Food and Agriculture Organization*

Bu öngörüler problemin gerçek boyutlarının gözden kaçmasına neden olabilir. Çin ve Hindistan'daki yüz milyonlarca insan orta sınıfa girmeye başladılar ve iki araba, ferah banliyo evi, hamburger ve kızarmış patates gibi, Hollywood filmlerinde gördükleri lüksün tadını çıkarmak istiyorlar; bu Dünya kaynaklarını zorlayabilir. Aslında, Washington DC'deki World Watch Institute[171] kurumunun kurucusu ve dünyanın önde gelen çevrecilerinden Lester Brown, yüzlerce milyon insana orta sınıf bir yaşam tarzı temin etme baskısını dünyanın kaldıramayabileceğini itiraf etmişti bana.

Dünya Nüfusu İçin Bazı Umutlar

Her şeye karşın yine de umut ışığı var. Bir zamanlar tabu olan doğum kontrolü, gelişmiş ülkelerde kök saldı, gelişmekte olan ülkelerde ise gittikçe yayılıyor.

Avrupa'da nüfus patlaması[172] değil de nüfus çökmesi,[173] azalması, görüyoruz. Avrupa'nın bazı ülkelerinde aile başına doğum oranı 1,2 ile 1,4 çocuk arasında değişmekte ve bu nüfusun kendini yenileme seviyesi[174] olan 2,1'den çok düşüktür. Japonya üç ayrı sorunla sarsılmış durumda. Birincisi, Japonya, Dünya üzerindeki en hızlı yaşlanan nüfusa sahiptir. Japon kadınları, örneğin, tüm toplumlar içinde en uzun, en az yirmi yıl daha fazla, ortalama ömre sahip olma rekorlarını elde tutuyorlar. İkincisi, Japonya çok hızlı düşen bir doğum oranına sahip. Üçüncü olarak, Japonya hükümeti ülke içine gelen göçü çok düşük tutuyor. Japon nüfusu üzerindeki bu üç kuvvet, ağır çekim bir tren kazasına yol açıyor. Avrupa'daki durum da bundan çok da farklı değil.

Bundan çıkarılacak bir ders, zenginliğin dünyanın en etkili doğum kontrol mekanizması olduğu gerçeğidir. Geçmişte, emeklilik planları ya da sosyal güvenceleri olmayan köylüler, tarlada ırgatlık etsinler ve yaşlandıklarında da onlara baksınlar

---

[171] *Dünyayı İzleme Enstitüsü* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)
[172] *population explosion*
[173] *population implosion*
[174] *the replacement level*

diye, mümkün olduğunca çok çocuk sahibi olmaya çalışırlardı. Bunun hesabı basitti: Ailedeki her yeni çocuk, çalışacak daha çok el, daha çok gelir ve yaşlılıkta size bakacak daha çok insan anlamına geliyordu. Ancak köylüler, emekli maaşının ve daha rahat bir hayat tarzının olduğu orta sınıfa geçince, denklem tersine döndü: Her yeni çocuk maddi geliri ve hayat kalitesini düşürüyor.

Üçüncü dünyada, tam zıt bir probleme sahibiz – nüfusun büyük kısmının yirmi yaşın altında olduğu, çok hızlı büyüyen bir nüfus. Yine de, en büyük nüfus patlamasının beklendiği Asya ve Sahra-altı Afrika ülkelerinde bile, doğum oranı birkaç nedenden dolayı düşmekte.

Bunlardan ilki, köylü nüfusun hızlı şehirleşmesi; mega şehirlerde şanslarını denemek isteyen çiftçiler atalarından kalma toprakları bırakıyorlar. 1800'de nüfusun yalnızca %3'ü şehirlerde yaşıyordu. Yirminci yüzyılın sonunda bu rakam %47'ye çıktı ve gelecek onyıllar içinde çok daha yukarı çıkması bekleniyor. Şehirde çocuk yetiştirme masrafı, bir ailedeki çocuk sayısını büyük ölçüde düşürüyor. Kiraların, yiyeceğin ve masrafların çok yüksek olması, mega şehirlerin kenar mahallelerindeki işçilerin/çalışanların aynı hesabı yapmalarına neden oluyor: Her çocuk zaten kısıtlı olan zenginliklerini azaltıyor.

İkincisi, Çin ve Hindistan örneklerinde görüldüğü gibi, ülkelerin sanayileşmesinin, sanayileşmiş Batı'daki gibi daha az çocuk isteyen bir orta sınıf yaratması. Üçüncüsü ise kadınların eğitiminin, Bangladeş gibi fakir ülkelerde bile daha az çocuk isteyen bir kadın sınıfı yaratmış olması. Geniş çaplı bir eğitim planı nedeniyle, büyük çapta şehirleşme ya da sanayileşme olmamasına karşın, Bangladeş'deki doğum oranı 7'den 2,7'ye düşmüş durumda.

Tüm bu unsurları göz önüne alarak, Birleşmiş Milletler devamlı olarak, gelecekteki nüfus artış rakamlarını tekrar tekrar düzeltiyor. Tahminler hâlâ değişken, ama Dünya nüfusu 2040 yılında 9 milyarı bulabilir. Nüfus artmaya devam edecek olsa da, büyüme hızı en sonunda yavaşlayacak ve yatay seyretmeye başlayacak. İyimser bir tahminle, Dünya nüfusu 2100'de 11 milyar civarında sabitlenebilir bile.

Bu rakamın normalde gezegenin taşıma kapasitesinin[175] ötesinde olduğu düşünülebilir. Ancak bu, taşıma kapasitesinin nasıl tanımlandığına bağlıdır, belki de bir diğer yeşil devrim[176] yoldadır.

Biyoteknoloji, bu problemlerin bazılarının olası bir çözümüdür. Avrupa'da biyomühendislik ürünü gıdalar, bir nesil boyu sürebilecek kötü bir ün kazandılar. Biyotek[177] endüstrisi, yabani otla mücadele ilaçlarıyla, bu ilaçlara dayanıklı hububat bitkilerini aynı anda piyasaya sürdüler. Bu, biyotek endüstrisi için daha fazla satış demekti, ama tüketici için yiyeceklerindeki daha fazla zehir anlamına geliyordu ve sonuçta biyotek piyasası hızla çöktü.

Her şeye karşın gelecekte, kuru, kıraç ve niteliksiz çevrelerde bile büyüyüp gelişmeye tasarlanmış "süper pirinç" gibi tahıllar piyasaya girebilir. Etik nedenler temelinde, yüzlerce milyon insanı besleyebilecek, güvenilir hububat ürünlerinin piyasaya girmesine itiraz etmek mümkün değildir.

Soyu Tükenmiş Canlı Formlarını Diriltmek

Ama diğer bilim insanları yalnızca insan ömrünü uzatmak ve kefeni yırtmak derdinde değiller. Ölmüş varlıkları hayata geri döndürmekle de ilgililer.

Jurassic Park filminde, bilim insanları dinozorlardan elde ettikleri DNA'yı sürüngen yumurtaları içine koyarlar ve dinozorları hayata geri döndürürler. Kullanılabilir dinozor DNA'sı şimdiye kadar hiç bulunmamış olmasına karşın, bu rüyanın hiç de zorlama bir olasılık olmadığına ilişkin kışkırtıcı ipuçları var. Bu yüzyılın sonunda hayvanat bahçelerimiz, Dünya yüzeyindeki yürüyüşleri binlerce yıl önce durmuş yaratıklarla dolmuş olabilir.

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, Robert Lanza, *banteng* denilen, nesli tehlikede bir yaban sığırı türünü klonlayarak ilk büyük adımı attı. Bu nadir sığırların soyunun tükenmesinin utanç

---

[175] *the carrying capacity*

[176] *green revolution*

[177] *biotech*: biyoteknoloji. (ç.n.)

verici olacağını düşünüyor. Bu nedenle, başka bir olasılığı içinden geçiriyor: Yeni bir klonlanmış hayvan yaratmak, ama karşı cinsten. Memelilerde, bir organizmanın cinsiyeti X ve Y kromozomlarınca belirlenir. Lanza, bu kromozomlarda oynama yaparak, bir cesetten karşı cinsten bir başka hayvan klonlayabileceğine emin. Bu yolla, Dünya'daki hayvanat bahçelerinde, uzun zaman önce ölüp gitmiş türlerin yeni doğmuş bebeklerini seyretmenin keyfini çıkartabiliriz.

Bir defasında, bunu bir adım ileri taşıyan, *Gen Bencildir*[178] kitabının yazarı, Oxford Üniversitesi'nden[179] Richard Dawkins ile yemek yemiştim. Bir gün çok çeşitli canlı formlarını, yalnızca türü tehlikede olanları değil, çok uzun zaman önce soyları tükenmiş olanları da diriltebileceğimizi öngörüyordu. Önce, her yirmi yedi ayda dizilimi gerçekleştirilen genlerin sayısının ikiye katlandığına dikkat çekiyor. Sonra da, önümüzdeki yıllarda herhangi birinin tüm genom diziliminin yalnızca 160 dolara mal olacağını hesaplıyor. Biyologların yanlarında küçük bir çanta taşıyacakları ve karşılaştıkları herhangi bir canlı formunun tüm genom dizilimini dakikalar içinde yapabilecekleri günleri tasavvur ediyor.

Ama Dawkins daha da ileri gidiyor ve 2050'ye dek, tüm bir organizmayı yalnızca genomunu kullanarak oluşturabileceğimiz savını ortaya atıyor. "2050'ye kadar, [yaşamın] dilini konuşabileceğimize inanıyorum. Bilinmeyen bir hayvanın genomunu bir bilgisayara yükleyeceğiz. Bilgisayar hayvanın yalnızca formunu/şeklini değil, atalarının ... yaşadığı dünyayı da detaylı olarak yeniden oluşturacak ve bu dünyada bu hayvanların avcıları ve avları, parazitleri ve konakçı hayvanları, yuva kurma alanları ve hatta umutları ve korkuları olacak." diye yazar. Sydney Brenner'in[180] çalışmasından alıntı yaparak, insanlar ve maymunlar arasındaki "kayıp halka"nın[181] genomunu yeniden oluşturabileceğimize inanıyor.

---

[178] *The Selfish Gene*

[179] *Oxford University*

[180] 1927 doğumlu, Nobel ödüllü, genetik kod (*genetic code*) çalışmalarıyla ünlü Güney Afrika'lı bir biyolog. (ç.n.)

[181] *the "missing link"*

Bu olağanüstü muazzam, gerçek bir devrim olur. Fosil ve DNA kanıtlarına bakılırsa biz maymunlardan 6 milyon yıl kadar önce ayrıştık.

Bizim DNA'mız şempanzelerinkinden yalnızca %1,5 farklı olduğundan, gelecekte bir bilgisayar programı bizim ve şempanzenin DNA'larını analiz edebilir ve sonra bu iki türü dünyaya getiren ortak atamızın DNA'sına matematiksel olarak yaklaşabilir. Varsayımsal ortak atamızın genomu matematiksel olarak belirlenince, bir bilgisayar programı, onun karakteristik özellikleriyle beraber neye benzediğini de görsel olarak ortaya koyacaktır. Dawkins bunu, tanınmış bir *Australopithecus*[182] fosili ardından, Lucy Genom Projesi[183] olarak adlandırıyor.

Dawkins, kayıp halkanın genomu bir bilgisayar programınca matematiksel olarak yeniden yaratılınca, bu organizmanın DNA'sının gerçekten yeniden yaratılabilmesinin mümkün olacağı savını da ortaya atıyor; bu DNA bir insan yumurtasının içine yerleştirilecek, bu yumurta bir kadın içine konulacak ve bu kadın da atamızı dünyaya getirecek.

Bu senaryo absürd denilerek birkaç yıl evvel gözden düşmesine karşın, bazı gelişmeler bunun hiç de olasılık dışı bir rüya olmadığının işaretlerini verdi.

Birincisi, bizi şempanzelerden ayıran bir avuç anahtar gen detaylı olarak analiz edilmekte. Bir ilginç aday, beynin büyüklüğünün kontrolünden sorumlu ASPM geni.[184] İnsan beyninin büyüklüğü, anlaşılmayan nedenlerden dolayı, birkaç milyon yıl önce artmıştı. Bu gen mutasyona uğradığında mikrosefali'ye[185] neden olur; bu rahatsızlıkta kafatası küçüktür ve beyin %70 daha az, milyonlarca yıl önceki antik atalarımızın beyin büyüklüğü kadardır. Bilgisayar kullanarak bu genin tarihini analiz etmek şaşırtıcı bir şekilde mümkündür. Analizler bu genin, şem-

---

[182] *Australopithecus*, Australopitekus: türü tükenmiş insan benzeri (*hominid*) canlılar; kanıtlar bundan 4 milyon yıl ile 2 milyon yıl önce yaşadıklarını söylüyor. (ç.n.)

[183] *the Lucy Genome Project.*

[184] *The ASPM gene, abnormal spindle-like microcephaly-associated protein: kafatası ve beynin, mengenede sıkışmış gibi, anormal derecede küçük olması ile ilgili protein* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[185] *microcephaly*

panzelerden ayrıldıktan sonraki son beş altı milyon yıl içinde, onbeş defa mutasyona uğradığını gösteriyor; bu beynimizin boyutundaki yükselmeyle örtüşür. Primat[186] kuzenlerimizle karşılaştırıldığında, insanların en hızlı değişime bu temel gende uğraması şaşırtıcıdır.

Çok daha ilginç olan ise genomun 118 harf taşıyan HAR1[187] bölgesidir. 2004 yılında, bu bölgede şempanzelerle insanlar arasındaki en can alıcı farkın yalnızca 18 harf ya da nükleik asit, olduğu keşfedildi. Şempanzeler ve tavuklar 300 milyon yıl önce ayrıştılar, ama yine de onların HAR1 bölgesindeki baz çiftleri[188] yalnızca iki harfte farklılık gösterirler. Bu, HAR1 bölgesinin tüm evrim tarihi boyunca, insanların gelişine dek, dikkate şayan bir şekilde durağan kaldığı anlamına gelir. Belki de bizi insan yapan genler bu bölgede bulunuyorlar.

Ama Dawkins'in öngörüsünü mümkün gösteren çok daha çarpıcı bir gelişme var. En yakın genetik komşumuzun, çok uzun zaman evvel nesli tükenmiş Neandertal'ın,[189] tüm genomunun dizimi halihazırda tamamlanmış durumda. Belki de, insanların, şempanzelerin ve Neandertal'lerin genomlarının bilgisayarla analizi yapılarak, kayıp halkanın genomu salt matematik kullanılarak ortaya konulabilir.

Neandertal'i Geri Getirmek

İnsanlar ve Neandertaller muhtemelen 300.000 yıl önce ayrıştılar. Ancak bu varlıkların nesli 30.000 yıl önce Avrupa'da tükendi. Bu nedenle uzun süre, çok zaman önce ölüp gitmiş Neandertal'lerden kullanılabilir DNA elde edebilmenin olanaksız olduğuna inanıldı.

Ama 2009'da, Leipzig'de bulunan Max Planck Evrimsel Antropoloji Enstitüsü'nden[190] Svante Pääbo'nun başında olduğu

---

[186] *primate*: iri beyne sahip, gibon, goril, orangutan, şempanze gibi ileri düzey bir memeli. (ç.n.)

[187] *human accelerated region, number 1*: (şempanzelerle karşılaştırıldığında) *insanda hızlanmış/değiş-miş en hızlı bölge* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[188] *base pairs*

[189] *Neanderthal*

[190] *the Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology*

ekibin, tüm Neandertal genomunun ilk taslağını hazırladığı ilan edildi. Bu devasa bir başarıydı. Beklendiği üzere, Neandertal genomu insan genomuna çok benziyordu, ikisi de 3 milyar baz çifti içeriyordu, ama kilit noktalarda farklılıklar vardı.

Stanford'dan antropolog Richard Klein, Pääbo ve meslektaşlarının bu çalışması üzerine yorumda bulunarak, Neandertal'in yeniden yapılanmasının, onun davranışları hakkında, örneğin konuşup konuşamadıklarına dair, uzun zamandır yanıt bekleyen soruların yanıtlarını verebileceğini söyler. İnsanların, binlerce sözcük konuşabilmemizi kısmen sağlayan FOXP2[191] geninde iki önemli değişiklik olmuştur. Detaylı bir analiz, Neandertal'in FOXP2 geninde de aynı iki genetik değişikliğin olduğunu gösterir. Yani, Neandertal'in de bizimkine benzer bir şekilde sesler çıkarabildiğini düşünmek akla yatkındır.

Neandertaller bizim en yakın genetik akrabalarımız olduğundan, bilim insanları arasında yoğun bir merak konusudur. Bazıları, Neandertal DNA'sının bir gün yeniden inşa edilebileceği ve bir yumurta içine konulabileceği, bunun da bir gün yaşayan bir Neandertal olacağı olasılığını ortaya atmış durumdalar. Böylece bir gün, Neandertal binlerce yıl sonra tekrar Dünya yüzeyinde yürüyebilir.

Harvard Tıp Okulu'ndan[192] George Church, Neandertal'i hayata döndürmenin yalnızca 30 milyon dolara mal olacağını tahmin etmekle kalmadı, bunu yapmak için bir plan bile hazırladı. Önce tüm insan genomu, her biri 100.000 DNA çifti içeren büyük parçalara ayrılır. Parçalardan her biri bakteri içine yerleştirilir ve Neandertal'inki ile eşleşecek şekilde genetik olarak değiştirilir. Bu değişime uğramış DNA parçaları sonra tekrar bir araya getirilerek eksiksiz bir Neandertal DNA'sı elde edilir. Sonra da, bu hücre, embriyonik durumuna geri döndürülmek üzere yeniden programlanır ve en sonunda bir dişi şempanzenin rahmine yerleştirilir.

Ancak Stanford'dan Kein, bazı makul kaygıları öne çıkararak şunu sormuştu: "Onları Harvard'a mı yoksa bir hayvanat bahçesine mi koyacaksın?"

---

191 Forkhead box protein P2

192 *Harvard Medical School*

Neandertal gibi çok uzun süre önce nesli tükenmiş başka bir türü yeniden diriltmekten bahsetmek "kuşkusuz etik kaygılara yol açacaktır." diye uyarıyor Dawkins. Neandertal'in hakları olacak mı? Çiftleşmek isterse ne olacak? Kendi canı yanarsa ya da başkasının canını yakarsa kim sorumlu olacak?

Sonuçta, eğer Neandertal hayata geri döndürülebilirse bilim insanları en sonunda, uzun süre önce soyu tükenip gitmiş hayvanlar için, mamut gibi örneğin, bir hayvanat bahçesi yaratabilecekler mi?

Mamutu Geri Getirmek

Bu fikir göründüğü kadar çılgın değil. Bilim insanları halihazırda, türü tükenmiş Sibirya mamutunun genom dizilimini elde etmiş durumdalar. Daha önceden, onbinlerce yıl önce Sibirya'da donmuş tüylü mamutlardan yalnızca çok küçük DNA kırıntıları elde edilebilmişti. Pennsylvania Devlet Üniversitesi'nden[193] Webb Miller ve Stephan C. Schuster olanaksızı yaptılar: Donmuş mamut cesetlerinden 3 milyar DNA baz çiftini elde edebildiler. Daha önce, nesli tükenmiş bir türden elde edilen DNA dizilim rekoru yalnızca 13 milyon baz çiftiydi, bu rakam mamutun genomunun %1'inden daha düşüktür. (Bu çığır açan gelişme, yüksek-verimli dizilim cihazı[194] denilen, genlerin tek tek değil de, binlercesinin aynı anda taranmasını mümkün kılan, yeni bir [genom] dizilim makinesi ile mümkün oldu.) Miller ve Schuster tüylü mamutun tüy kökünün, bedenin bizzat kendisinin değil, en iyi DNA'yı içerdiğini buldular.

Nesli tükenmiş bir hayvanı diriltme fikri biyolojik olarak işte şimdi mümkün olabilir. "Bir yıl önce, bunun bilimkurgu olduğunu söylerdim." diye konuşmuştu Schuster. Şimdi, elimizdeki çok büyük bir kısmı sıralanmış mamut genomuyla, bu artık olanaksız değil. Bunun nasıl yapılacağının taslağını da çıkardı. Bir Asya filinin DNA'sında yapılacak muhtemelen yalnızca 400.000 değişikliğin, tüylü bir mamutun temel özelliklerine sahip bir hayvanı yaratabileceğini tahmin etti. Filin DNA'sını bu

---

[193] *Pennsylvania State University*

[194] *the high-throughput sequencing device*

değişikliklere uyum sağlayacak şekilde genetik olarak düzenlemek, onu bir fil yumurtasının çekirdeğine yerleştirmek ve sonra bu yumurtayı dişi bir file nakletmek mümkün olabilir.

Bu ekip halihazırda, nesli 1936'da tükenmiş bir diğer hayvanın, bir Avustralya memelisi ve Tazmanya canavarının[195] yakın akrabası *thycaline*'nin DNA dizilimi üzerinde çalışıyor. Dodo kuşunun[196] dizilimi hakkında da konuşuluyor. "Bir dodo gibi ölü"[197] (Amerika Birleşik Devletleri'nde) çok kullanılan bir ifadedir, ama bilim insanları, dodoların Oxford ve başka yerlerdeki cesetlerinin yumuşak doku ve kemiklerinden kullanılabilir DNA elde edebilirlerse bu deyim tarihe karışabilir.

Jurassic Park

Bu bizi doğal olarak ilk soruya geri döndürür: Dinozorları diriltebilir miyiz? Tek bir sözcükle, muhtemelen *hayır*. Bir Jurassic Park, 65 milyon yıldan daha fazla bir zaman önce nesli tükenmiş bir canlı formunun zarar görmemiş DNA'sının elde edilebilmesine bağlıdır ve bu olanaksız olabilir. Dinozor fosillerinin kalça kemikleri içinde yumuşak doku bulunmuş olmasına karşın, şimdiye kadar bu yolla hiç DNA elde edilemedi, yalnızca [bazı] proteinler çıkarıldı. Bu proteinler, *Tyrannosaurus rex*[198] ile kurbağa ve tavuk arasındaki yakın ilişkiyi kimyasal olarak ispatlamış durumdadırlar, ama bunun bir dinozor genomunun elde edilmesiyle uzaktan yakından bir ilgisi yoktur.

Dawkins yine de, çeşitli kuş türlerinin genomlarıyla sürüngenlerin genomlarının genetik olarak karşılaştırılabileceği ve sonra bir "genelleştirilmiş dinozorun" DNA diziliminin matematiksel olarak yeniden kurulabileceği olasılığında ısrar ediyor. Tavuk gagasından diş tomurcuğu büyütmenin (ve yılandan ba-

---

[195] *the Tasmanian devil*

[196] *the dodo bird*: 17. yüzyılın ikinci yarısında doğrudan insan etkisiyle soyu tükenmiş, 20 kiloya kadar çıkabilen bir ağırlığı ve 1 metre kadar boyu olan, Mauritius'da (Madagaskar) yaşamış, uçamayan bir kuş türü. (ç.n.)

[197] *"dead as a dodo"*: bu deyim dilimize *tarihe karışmış, miadını doldurmuş* olaral çevrilebilir. (ç.n.)

[198] *Tyrannosaurus rex* ya da *T-rex:* devasa cüsteli avcı bir dinozor cinsi; ismi, *zorba kertenkelelerin kralı* anlamına gelir. (ç.n.)

cak üretmenin) mümkün olduğuna dikkat çekiyor. Sonuç olarak, çok uzun zaman önce zamanın kumları içinde kaybolmuş çok eski karakteristikler genomlar içinde kalmış olabilirler.

Bu böyledir; çünkü biyologlar şimdilerde genlerin uyandırılabileceklerini/açılabileceklerini ve dolayısıyla uyutulabileceklerini/kapatılabileceklerini de fark ediyorlar. Bu, çok eski karakter genlerinin hâlâ var oldukları ama yalnızca uyur durumda oldukları anlamına gelir. Çok uzun zamandır uyur durumda olan bu genleri uyandırarak, bu çok eski özellikleri geri getirmek mümkün olabilir.

Çok eski geçmişte, örneğin, tavuğun ayakları perdeliydi. Perde geni kaybolmadı, yalnızca uyutuldu. Bu gen tekrar uyandırılırsa prensip olarak ayakları perdeli tavuklar yaratabiliriz. Benzer şekilde, insanlar bir zamanlar kürk ile kaplıydılar. Ancak terlemeye başlayınca, ki bu beden ısısını düzenlemenin çok etkili bir yoludur, kürkümüzü kaybettik. (Köpeklerin ter bezi yoktur, bu yüzden kendilerini hızlı hızlı soluyarak soğuturlar.) İnsanın kürk geni anlaşıldığı kadarıyla hâlâ vardır, yalnızca uyutulmuş durumdadır. Böylece, bu geni tekrar uyandırarak, bedenlerinin her tarafı kürkle kaplanmış insanların olması mümkündür. (Bazıları bunun, kurt adam efsanesinden[199] sorumlu olabileceğini söylüyorlar.)

Dinozor genlerinin bazılarının aslında milyonlarca yıldır uyutulmuş olduklarını ve hâlâ kuşların genomlarında hayatta olduklarını farz edersek, bu çok uzun zamandır uyumakta olan genleri yeniden etkinleştirmek ve dinozor karakterlerini kuşlarda tekrar ortaya çıkarmak mümkün olabilir. Sonuç olarak, Dawkins'in öngörüsü kuramsal olmakla beraber hiç de olasılık dışı değildir.

Yeni Yaşam Formları Yaratmak

Bu, en son soruyu ortaya atıyor: Kendi arzularımıza göre bir hayat yaratabilir miyiz? Yalnızca uzun zaman önce nesli tükenmiş hayvanları değil, daha önce hiç var olmamış hayvanları da yaratmak mümkün müdür? Örneğin, kanatlı bir domuzu

---

[199] *the werewolf legend*

yahut antik mitolojide tasvir edilen bir hayvanı? Bilim, bu yüzyılın sonunda bile, sipariş üzerine hayvan yaratamayacak. Yine de, bilimin, hayvanlar aleminde değişiklik yapılabilmesi hususunda çok katkısı olacak.

Şimdiye kadar, bizi sınırlayan faktör genleri hareket ettirme yeteneğimiz olmuştur. Yalnızca tek bir gende hata yapmadan değişiklik yapılabiliyor. Örneğin, bazı hayvanların karanlıkta parlamasına neden olan bir geni bulmak mümkündür. Bu gen izole edilebilir, sonra başka hayvanlara yerleştirilebilir ve böylece onlar da karanlıkta parlarlar. Aslında, tekil genlerin eklenmesiyle evcil hayvanlarda değişiklik yapılabilmesi üzerine araştırmalar halihazırda devam ediyor.

Öte yandan, Yunan mitolojisindeki *kimera*[200] gibi tamamen yeni bir hayvanı yaratmak, binlerce genin yerinin değiştirilmesini gerektirir. Kanatlı bir domuz yaratmak için, kanadı temsil eden yüzlerce geni oynatmak ve tüm kasların ve kan damarlarının yerli yerince eşleştiklerinden emin olmak zorundasınız. Bu, bugün yapılabilen herhangi bir şeyin çok ötesinde bir iştir.

Bununla birlikte, bu geleceğe ait olasılığı kolaylaştıracak yollar yapılmış durumda. Bedenin tasarımını (kafadan başparmağa) tasvir eden genlerin, kromozomlarda bu aynı sırada (yani yine kafadan başparmağa) yer aldıklarını bulan bilim insanları çok şaşırmışlardı. Bunlar HOX genleri olarak anlandırılırlar ve bedenin nasıl inşa edileceğini betimlerler. Anlaşılan, doğa kestirmeden gidiyor, bedendeki organların sırasını kromozomlara aynen yansıtıyor. Bu ise bu genlerin evrim tarihinin şifrelerinin çözülebilme sürecini fazlasıyla ivmelendirmiş durumda.

Ayrıca, birçok diğer genin özelliklerini yönettikleri anlaşılan amir/ana genler[201] var. Az miktarda olan bu amir genleri manipüle ederek, geri kalan düzinelerce genin özelliklerini manipüle edebilirsiniz.

Geriye baktığımızda, Doğa Ana'nın vücut planını, bir mimarın ön modellerini yarattığı şekilde yaratmaya karar vermiş olduğunu görürüz. Modelin geometrik planı, binanın gerçek fi-

---

[200] *chimera*: Yunan mitolojisinde bir başı aslan, diğer başı keçi olan, aslan gövdeli ve yılan kuyruklu bir canavar yaratık. (ç.n.)

[201] *master genes*

ziksel görünümüyle aynı sıradadır. Ayrıca, modeller modüler[202] yapıdadırlar, böylece tek bir ana model tüm ikincil modelleri içerir.

Genomun modülerliğinden yararlanarak tamamen yeni melez hayvanlar yaratmaya ek olarak, genetik bilimini insanlara uygulama olasılığı da var; biyoteknoloji kullanılarak, tarihsel şahsiyetler geri getirilebilir. Lanza, uzun bir süre önce ölüp gitmiş bir insandan hiç zarar görmemiş bir hücre elde edebilmek kaydıyla, bu insanı hayata geri döndürmenin mümkün olduğuna inanıyor. Westminster Kilisesi'nde[203] uzun süre önce ölmüş kralların, kraliçelerin ve ayrıca şairlerin, dini şahsiyetlerin, politikacıların, Isaac Newton gibi bilim insanlarının özenle korunmuş bedenleri var. Lanza, bir gün bu bedenler içindeki zarar görmemiş DNA'ları bulmanın ve bu insanları hayata geri döndürmenin mümkün olabileceğini bana itiraf etti.

The Boys from Brazil[204] filmi, Hitler'in hayata döndürülme fikri etrafında kurgulanmıştır. Fakat, bu tarihsel şahsiyetlerin hiçbirinin dehalarıyla ya da o kötü ünleriyle geri getirilebileceklerine inanılmamalıdır. Bir biyoloğun da dikkati çektiği gibi, Hitler'i geri getirseniz bile, tüm elde edebileceğiniz ikinci sınıf bir sanatçı olabilir (bu, Hitler'in Nazi hareketine liderlik etmeden önce yaptığı iştir).

Tüm Hastalıkları Yasaklamak

Gelecekten haber veren *Things to Come*[205] filmi H.G. Wells'in bir romanına dayanıyordu ve uygarlığın geleceğini öngörüyordu. İkinci Dünya Savaşı sonsuz bir acı ve sefalet döngüsü yaratmıştır. En sonunda, insan ırkının tüm kazanımları moloz yığınlarına indirgenmiştir; ezilmiş ve yoksul düşmüş insanlara bir savaş ağası güruhu hükmetmektedir. Ancak filmin en sonunda, bir

---

[202] *modular*: birimsel, yapılacak işe özel. (ç.n.)

[203] *Westminster Abbey*, Londra, İngiltere. (ç.n.)

[204] *Brezilyalı Çocuklar* olarak dilimize çevrilebilir; 1978 yapımı bir gerilim filmidir. (ç.n.)

[205] *Gelecek Şeyler* olarak dilimize çevrilebilir; 1936 yapımı bir bilimkurgu filmidir. (ç.n.)

grup ileriyi gören bilim insanı, ellerinde güçlü süpersilahlar, düzeni yeniden sağlamaya başlarlar. Uygarlık en sonunda küllerinden tekrar doğar. Sahnenin birinde, bir çocuk yirminci yüzyılın vahşi tarihini öğrenirken, nezle diye bir şey duyar. Nezle nedir?, diye sorar. Ona nezlenin uzun süre önce tedavi edilen bir şey olduğu anlatılır.

Bu belki de böyle olmayacak.

Tüm hastalıkları tedavi etmek bizim en eski amaçlarımızdan biri olmuştur. Ancak, bilim insanları 2100'de bile bütün hastalıkları tedavi edemiyor olacaklar; çünkü hastalıklar bizim onları tedavi etme hızımızdan çok daha süratli değişime uğruyorlar ve ayrıca çok fazla hastalık var. Bazen bizler bir bakteri ve virüs okyanusu içinde yaşadığımızı unutuyoruz; insan yeryüzünde yürümeden milyarlarca yıl evvel onlar vardı ve *Homo sapien*ler[206] dünyayı terk ettikten milyarlarca yıl sonra da var olmaya devam edecekler.

Birçok hastalık kökensel olarak hayvanlardan gelir. Bu, kabaca 10.000 yıl evvel başladığımız hayvanları ehlileştirme işi için ödediğimiz bedellerden biridir. Bu yüzden hâlâ hayvanlarda gizlenmiş, ortaya çıkmayı bekleyen ve muhtemelen insan ırkından çok daha kalıcı olan, çok fazla hastalık vardır. Bu hastalıklar normalde çok az insana geçer. Ancak, büyük şehirlerin ortaya çıkışıyla, bu bulaşıcı hastalıklar insan nüfusu içinde hızlıca yayılır olmuşlar, kritik büyüklüklere erişmişler ve kontrolden çıkıp salgın hale gelebilmişlerdir.

Örneğin, bilim insanları grip virüsünün genetik dizilimini analiz edip, gribin kökeninin kuşlar olduğunu bulduklarında oldukça şaşırmışlardı. Birçok kuş, çok çeşitli grip virüsünü vücudunda, onlardan etkilenmeden taşıyabilir. Sonra, kuş dışkılarını yiyen domuzlar bazen genetik karıştırma kabı işlevi görürler. Çiftçiler hem kuşlara hem de domuzlara yakın yaşarlar. Bazıları, grip virüsünün Asya'dan geldiği görüşünün temelinde bunun olduğuna inanıyorlar; çünkü buradaki çiftçiler çokluçiftçilikle uğraşırlar, hem ördeklere hem de domuzlara çok yakın yaşarlar.

---

[206] *homo sapien*: insan (oğlu). (ç.n.)

Çok yakın zamanlardaki, 2009'daki, H1N1[207] grip salgını, yalnızca en yeni kuş gribi ve domuz gribi mutasyonlarından biridir.

İnsanların devamlı olarak yeni ortamlara genişlemeleri problemlerden biridir; ormanları kesiyorlar, kenar mahalleler ve fabrikalar inşa ediyorlar ve bu süreçte hayvanlar arasında saklı kalmış çok eski hastalıklarla karşılaşıyorlar. İnsan nüfusunun artmaya devam etmesi, ormandan çıkacak daha birçok sürpriz olduğu anlamına gelir.

Örneğin, HIV virüsü[208] yoluna SIV[209] olarak başladı; ilk olarak maymunlara bulaştı ama sonra insanlara atladı. Benzer şekilde, hanta virüsü,[210] kır kemirgenlerinin Güneybatı Amerika'daki topraklarına el atan insanları etkiledi. Büyük oranda keneler aracılığıyla yayılan *Lyme* hastalığına,[211] Kuzeydoğu Amerika varoşlarında çok fazla rastlanmakta; çünkü buralardaki insanlar evlerini kenelerin yaşadığı ormanların çok yakınında inşa ediyorlar. Ebola virüsü[212] muhtemelen çok eski zamanlardaki insan kabilelerini de etkiledi, ama yüksek hızlı yolculuğun hayatımıza girmesiyle, çok daha büyük bir insan nüfusunu etkiledi ve böylece manşetlere taşındı. Durgun sularda ortaya çıkmış olan Lejyoner hastalığı[213] bile muhtemelen çok eski bir hastalıktı, ama bu hastalığı yaşlı insanlara yayan, yolcu gemilerindeki havalandırma ünitelerinin yaygınlaşmasıydı.

---

[207] *influenza A (H1N1) virus*: 2009 yılında görülen domuz gribi (*swine influenza*) salgınına neden olan virüs; insanları grip eden *influenza A* virüsünün bir alt türüdür. (ç.n.)

[208] *human immunodeficiency virus*, insan bağışıklık-yetmezlik virüsü: AIDS hastalığına neden olan virüs. (ç.n.)

[209] *simian immunodeficiency virus*: maymun bağışıklık-yetmezlik virüsü. (ç.n.)

[210] *the hantavirus*: böbreklerde kanamalı bir hastalığa yol açan, ilk Güney Kore'de bulunan (ismi buradaki Hantan Nehri'nden gelir) ve izole edilen, pamuk faresinden insanlara bulaşan bir virüs. (ç.n.)

[211] *lyme disease*: kene ısırmasıyla insana geçen bir bakterinin neden olduğu hastalık. (ç.n.)

[212] *the Ebola virus*: adını Kongo'daki Ebola Nehri'nden alan, kanamalı hastalıklara neden olan, çok tehlikeli bir virüs. (ç.n.)

[213] *Legionnaires' disease*: su kaynaklı bazı bakterilerin neden olduğu, akciğerlerde zatürreye yol açan ölümcül bir hastalık. (ç.n.)

Tüm bunlar, geleceğin gazete manşetlerinde göreceğimiz yeni bir takım egzotik hastalık dalgalarıyla beraber, daha birçok tatsız sürprizin bizi beklediği anlamına gelir;

Ne yazık ki, bu hastalıkların tedavileri gelmekte gecikebilir.

Örnek vermek gerekirse çok görülen nezlenin halihazırda bir tedavisi yoktur. Eczanelerde bol miktarda bulunan nezleye yönelik ürünler, virüsün kendisini öldürmektense yalnızca nezlenin belirtilerine şifa olurlar. Buradaki problem, nezleye neden olan *rhinovirüs*lerin[214] muhtemelen 300'den fazla çeşidinin olmasıdır; tüm bu 300 virüs için tek bir aşı geliştirmek çok pahalıdır.

HIV virüsünde durum çok daha kötüdür; çünkü bu virüsün binlerce farklı cinsi/ırkı/soyu olabilir. İşin doğrusu, HIV o kadar hızlı mutasyon geçirir ki, siz bir çeşidi için aşı geliştirmiş olsanız bile, virüs çok kısa zaman içinde mutasyon geçirip başkalaşır. HIV için bir aşı tasarlamak, hareket eden bir hedefi vurmaya çalışmak gibidir.

Sonuç olarak, gelecekte birçok hastalığı tedavi edebilirken, en ileri bilimin bile elinden kurtulmuş bazı hastalıklardan muzdarip olacağız muhtemelen.

Cesur Yeni Dünya

2100 yılına geldiğimizde, genetik kaderimiz üzerinde kontrolümüz olduğu zaman, Aldous Huxley'in gelecekle ilgili kaleme aldığı, *Cesur Yeni Dünya*[215] adlı romanında 2540 yılı için tasarladığı *distopya*, karşı ütopya,[216] ile kendi kaderimizi karşılaştırmak zorunda kalacağız. Bu kitap ilk olarak 1932 yılında basıldı ve dünya çapında bir şoka ve şaşkınlığa yol açtı.

Ama yine de, yetmiş beş yıldan fazla bir süre sonra, bu kitabın birçok tahmini gerçekleşmiş durumda. Huxley, tüp bebekler hakkında yazdıklarıyla İngiliz toplumunu utandırmıştı;

---

[214] *rhinovirus*

[215] *Brave New World*

[216] *dystopia: ütopik* bir toplumun antitezi; bu sözcüğü *gerçek olamayacak kadar güzel bir yer* anlamına gelen *ütopya* sözcüğünün tersi olarak değil de, *kötü bir yer* olarak çevirmek daha yaygındır. (ç.n.)

[cinsel ilişkide] zevkin ve üremenin[217] birbirinden ayrılacağını, [doğum kontrol] ilaçlarının sıradanlaşacağını yazmıştı. Bugün bizler, tüpte döllenmenin[218] ve doğum kontrol haplarının doğal karşılandığı bir dünyada yaşıyoruz. (İnsanın klonlanması, onun öngörmüş olup da gerçekleşmemiş olan tek büyük öngörüsüdür.) Huxley, doktorların kasten beyin-hasarlı insan embriyolarını klonladığı ve bunların iktidardaki elitlerin uşakları olmak üzere yetiştirildikleri hiyerarşik bir dünya tasavvur etmişti. Bunlar, mental zararın derecelerine bağlı olarak, *Alfa*lardan başlayıp *Epsilon*lara kadar sıralanıyorlardı. Alfalar mükemmeldi ve kaderlerinde yönetmek vardı; Epsilonlar ise geri zekâlı kölelerden bir derece daha yukarıdalardı. Sözün kısası, teknoloji, insanları yoksulluktan, cahillikten ve hastalıklardan kurtarmak şöyle dursun, bir kâbus halini almış, tüm nüfusu köleleştirme pahasına, yapay ve yozlaşmış bir kararlılık halini dayatmıştır.

Roman birçok bakımdan doğru olmasına karşın, Huxley genetik mühendisliğini tahmin etmemişti. Eğer bu teknolojiden haberdar olsaydı, bu kez de başka bir sorun için endişe duyardı: İnsan türü, maymun iştahlı anne-babalar ve çocuklarımızın genleriyle oynayan sinsi hükümetler elinde ufak parçalara ayrılacak mıydı? Anne-babalar zaten çocuklarını tuhaf kıyafetler içine sokup, aptalca müsabakalarda yarıştırıyorlar, öyleyse genler anne-babaların abuk sabuk heveslerine uyacak bir şekilde neden değiştirilmesin ki? Sahiden de, muhtemelen evrim onları genetik olarak koşulladığı için, anne-babalar evlatlarının her türlü iyi şeyden faydalanmalarını isterler, öyleyse çocukların genlerini de neden kurcalamasınlar ki?

Neyin kötü gideceğinin basit bir örneği için düşük-frekans sonogram[219] cihazını düşünelim. Doktorlar bu cihazı, masumane bir şekilde, hamilelikte yardımcı olsun diye uygulamaya koymuşlardı, ama o, özellikle Çin'in ve Hindistan'ın kırsal böl-

---

[217] *is sex recreation or procreation?*

[218] *in vitro fertilization*

[219] *the lowly sonogram*: vücut içindeki bir organın görüntüsünü yüksek frekanslı sesler yardımıyla ortaya koyan bir cihaz; hamilelikte bebeğin cinsiyetini öğrenmek için kullanılır; bu cihazın *ultra* yüksek frekanslı ses kullanan versiyonu *ultrasonogram*dır. (ç.n.)

gelerinde, kitlesel bir dişi cenin kürtaj salgınına neden olmuştu. Bombay'da yapılan bir çalışma, kürtajla alınmış 8.000 ceninin 7.997'sinin dişi olduğunu ortaya çıkardı. Güney Kore'deki tüm üçüncü doğan çocukların %65'i erkektir. Anne-babalarının bu cinsiyet bazlı kürtaj yoluyla seçtiği bu erkek çocuklar nesli kısa süre içinde evlenebilir yaşa gelecek, ama milyonlarcası evlenecek bir dişi olmadığını görecek. Bu da muazzam bir sosyal altüst oluşa neden olacak. İsimlerini devam ettirsin diye yalnızca erkek çocuk isteyen köylüler, en sonunda hiçbir toruna sahip olamayacaklarını anlayacaklar.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, insan büyüme hormonunun[220] (HGH) amacı dışında kullanımı aşırı boyutlara varmış durumda; HGH sık sık yaşlanmaya karşı bir tedavi olarak lanse ediliyor. HGH aslen, boyları çok kısa olan çocuklardaki hormon yetersizliğini düzeltmek için amaçlanmıştı. Bunun aksine HGH, yaşlanma ile ilgili kuşkulu verilere dayalı, devasa bir yer altı endüstrisi haline geldi. Aslına bakılırsa internet, sahte tedaviler için devasa bir kobay-insan nüfusu yaratmış durumda.

Sonuçta, bir şans verilirse insanlar sık sık teknolojiyi amacı dışında kullanacak, muazzam miktarda fenalık yaratacaklar. Eğer genetik mühendisliğini ellerine geçirirlerse ne olacak?

En kötü durum senaryosunda, H.G. Wells'in *Zaman Makinesi*[221] adlı kısa klasik bilimkurgu romanında hayal ettiği kâbusu görebiliriz. Milattan sonra 802.701 yılında insan ırkı iki farklı türe ayrışır. Wells şöyle yazar: "Yavaş yavaş gerçek kafama dank etmeye başladı: İnsanoğlu tek bir tür olarak kalmamıştı, iki farklı hayvana ayrışmıştı: Yukarı Dünya'dan[222] olan zarif çocuklarım, neslimizin yegâne oğulları değillerdi; aksine, soluk, tiksindirici, gece ortaya çıkan ve karşımda dikilen bu Şey[223] de tüm çağların varisiydi."

İnsan ırkının hangi çeşitlerinin mümkün olduğunu görmek için, yalnızca evcil köpeklere bir bakın. Köpeklerin binlerce cin-

---

[220] *human growth hormone*

[221] *The Time Machine*

[222] *the Upper World*, Yukarı Dünya: Yunan mitolojisinde insanların yaşadığı yer; Aşağı Dünya (*the Under World*) ölülerin ülkesidir. (ç.n.)

[223] *Thing*

si olmasına karşın, hepsi aslen, son Buz Çağı'nın sonuna doğru, kabaca 10.000 yıl önce evcilleştirilmiş olan *Canis lupus*, gri kurt, soyundan gelirler. İnsan efendilerinin seçici yetiştiricilikleri[224] sonucu, köpekler bugün hayret verici bir büyüklük ve görünüş çeşitliliğine sahiptirler. Onların bedeni görünüşleri, huyları, renkleri ve yetenekleri, hepsi seçici yetiştiricilik nedeniyle kökten değişime uğramıştır.

Köpekler insanlardan kabaca yedi kat daha hızlı yaşadıklarından, kurtlardan ayrıştıklarından bu yana yaklaşık 1.000 köpek neslinin gelmiş geçmiş olduğunu tahmin edebiliriz. Bunu insanlara uygularsak, insanların sistematik terbiyesi, insan ırkını binlerce türe yalnızca 70.000 yılda ayırabilir. Ancak, bu genetik mühendislikle bu süreç, oldukça makul bir şekilde, çok büyük bir oranda ivmelendirilebilir, her şey tek bir nesil içinde gerçekleştirilebilir.

Neyse ki, en azından önümüzdeki yüzyıl içinde, insan ırkında bir çeşitleme olmayacağına inanmak için nedenlerimiz var. Evrim sürecinde, bir tür genellikle coğrafik olarak iki farklı nüfusa bölündüyse ayrışır. Bunun örneği Avustralya'da oldu; burada, birçok hayvan türünün fiziksel bölünmüşlüğü, dünya üzerinde başka hiçbir yerde bulunmayan hayvanların, kanguru gibi keseliler örneğin, evrimleşmesine yol açtı. Bunun aksine, insan toplulukları oldukça hareketlidirler, evrimsel bir tıkanıklık olmaksızın hep iç içe olmuşlardır.

UCLA'dan[225] Gregory Stock şöyle diyor: "Geleneksel Darwin evrimi şu an insanlarda neredeyse hiçbir değişiklik yapmıyor ve yakın gelecekte de yapacakmış gibi görünmüyor. İnsan nüfusu çok büyük ve karmakarışık ve seçici baskılar/unsurlar aşırı bölgeseller ve gelip geçiciler."

Mağara Adamı İlkesi'nden[226] gelen kısıtlamalar da var.

Daha öncede belirttiğimiz gibi, insan doğasıyla çeliştiği zaman, insanlar çoğu zaman teknolojinin ilerlemelerini reddederler (kâğıtsız ofis bunun bir örneğidir); bu durum neredeyse

---

[224] *selective breeding*
[225] *the University of California, Los Angeles*
[226] *the Cave Man Principle*

100.000 yıldır değişmeden devam etmekte. İnsanların, normalden sapmış ve akranlarının acayip göreceği tasarlanmış çocuklar istememeleri de normaldir. Bu onların toplumdaki başarı şansını düşürür. Birinin çocuklarına saçma sapan kıyafetler giydirmesi başka bir şey, onların kalıtım özelliklerini/ırsiyetini değiştirmek tamamen farklı bir şeydir. (Serbest piyasada, acayip genler için de bir yer olacak muhtemelen, ama bu küçük ölçekte olacak; çünkü piyasa müşteri taleplerine göre şekillenecek.) Büyük olasılıkla, bu yüzyılın sonuna geldiğimizde, bir çifte içinden seçim yapması için bir gen kütüphanesi verilecek; bu çoğunlukla genetik hastalıkların elenmesi için, ama genetik iyileştirmeler için da yapılacak. Lakin, tuhaf genler için piyasa baskısı küçük olacak; çünkü bunlara olan talep çok küçük olacak.

Müşteri taleplerinden çok fazla tehlike beklenmeyebilir; gerçek tehlike, genetik mühendisliğini kendi amaçları için, örneğin daha güçlü ama daha itaatkâr asker yetiştirmek için, kullanmak isteyecek diktatör hükümetlerden gelebilir.

Bir diğer problem uzak gelecekte, çekim kuvvetinin ve iklim koşullarının Dünya'dan çok farklı olduğu gezegenlerde uzay kolonileri kurduğumuz zaman ortaya çıkacak. Bu noktada, belki de gelecek yüzyılda, farklı çekim alanlarına ve atmosfer koşullarına uyum gösterebilecek yeni insan cinsleri/nesilleri tasarlamayı düşünmek gerçekçi olacak. Örneğin, yeni bir insan cinsi farklı miktarlarda oksijen tüketebilir, kendini farklı uzunluktaki bir güne ayarlayabilir ve farklı bir vücut ağırlığına ve metabolizmaya sahip olabilir. Yüzyılın sonuna geldiğimizde, Mars üzerinde bize ait küçük bir yer olabilir, ama insan ırkının ezici bir çoğunluğu hâlâ Dünya üzerinde olacak. Gelecekteki onyıllar hatta yüzyıllar boyunca, uzay yolculuğu yalnızca astronotlar, zenginler ve belki de bir avuç dolusu cesur uzay kolonisti[227] için mümkün olacak.

Sonuç olarak, insan ırkının, Güneş Sistemi civarında ve ötesinde uzay yolculuğu yapan çeşitli türlere ayrılması bu yüzyılda ve muhtemelen gelecek yüzyılda gerçekleşmeyecek. Uzay

[227] *colonist*: uzay kolonilerinde yaşayacak insanlar. (ç.n.)

teknolojisinde çarpıcı gelişmeler olmamak kaydıyla, yakın gelecekte büyük ölçüde Dünya yüzeyinde çakılıp kalmış olacağız.

Son olarak, 2100 yılına ulaşmadan yüz yüze geleceğimiz bir başka tehdit var: Bu teknoloji, tasarlanmış-mikrop savaşı[228] formunda, kasıtlı olarak aleyhimize döndürülebilir.

Biyolojik Savaş

Biyolojik savaş İncil kadar eskidir. Antik savaşçılar, hastalık saçan cesetleri düşman şehirlerinin duvarları üzerinden atarlardı, ya da çürümüş hayvan cesetlerini düşman kuyularına atarak onların sularını zehirlerlerdi. Çiçek virüsü bulaştırılmış bir elbiseyi kasten bir hasıma vermek onu ortadan kaldırmanın bir diğer yoludur. Ancak, modern teknoloji ile mikroplar milyonlarca insanı silip yok etmek amacıyla çoğaltılabilir.

Amerika Birleşik Devletleri ve eski Sovyetler Birliği 1972'de, biyolojik silahların saldırı amaçlı kullanılmasını yasaklayan tarihî bir antlaşmaya imza attılar. Ne var ki, biyomühendislik teknolojisi bugün o kadar ileri düzeyde ki bu antlaşma anlamını yitirmiş durumda.

Bunun birinci nedeni, söz konusu olan DNA araştırması olunca, saldırı ya da savunma amaçlı teknoloji diye bir kavramın olmaması. Genlerin manipülasyonu her iki amaç için de kullanılabilir.

İkinci neden ise genetik mühendislikle silah haline getirilmiş mikroplar yaratmak mümkün; öldürücülüklerini ya da çevreye yayılma yeteneklerini arttırmak amacıyla mikroplar kasıtlı olarak değişikliğe uğratılabilir. Bir zamanlar yalnızca Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya'nın, insan ırkı tarihinin en büyük katiline, çiçek mikrobu içeren son şişeciğe sahip olduklarına inanılıyordu. 1992'de, taraf değiştirmiş bir Rus, Rusya'nin çiçek virüsünü silah haline getirdiğini, üstelik 20 tona ulaşan bir üretim yaptığını iddia etti. Sovyetler Birliği'nin çökmesiyle, silah haline gelmiş bu çiçek virüsleri, bir gün bir terörist grubun eline geçebilir diye sürekli bir korku oluştu.

---

[228] *designer germ warfare*

Biyologlar 2005 yılında, Birinci Dünya Savaşı'ndan daha fazla insan öldüren, 1918'in İspanyol gribi virüsünü başarıyla diriltiler. Virüsü, çarpıcı bir şekilde, ölmüş ve Alaska'nın sürekli donmuş haldeki topraklarına gömülmüş bir kadını analiz ederek ve ayrıca salgın sırasında Amerika Birleşik Devletleri askerlerinden alınmış örnekleri kullanarak diriltebildiler.

Bilim insanları sonra, virüsün tüm genomunu internette yayınlayarak bir sonraki adımı attılar ve tüm dünya bu virüsü ve genomunu öğrenmiş oldu. Birçok bilim insanı bundan çok tedirgin oldu; çünkü bir üniversite laboratuvarına girebilen bir öğrenci bile bir gün, insan ırkı tarihinin bu en büyük katilini diriltebilir.

Kısa vadede, İspanyol gribi virüsünün yayınlanması bilim insanlarının başına konan bir talih kuşu oldu; uzun zamandır yanıt bekleyen bir bilmeceyi çözmek için genleri inceleyebildiler: Çok küçük bir mutasyon nasıl insan nüfusuna bu denli büyük zarar verebilmişti? Yanıt kısa süre içinde bulundu. İspanyol gribi virüsü, diğer çeşitlerin aksine, vücudun bağışıklık sisteminin aşırı tepkisine yol açıyor, bu da en sonunda hastayı öldürecek büyük miktarlarda sıvıyı serbest bırakıyordu. Hasta sözcüğünün tam manasıyla kendi sıvısı içinde boğuluyordu. Bu anlaşılır anlaşılmaz, bu ölümcül sonuca neden olan genler, H1N1 gribi ve diğer virüslerin genleriyle karşılaştırılabildi. Neyse ki, bunların hiçbiri bu ölümcül gene sahip değildi. Dahası da yapıldı, bir virüsün bu korku verici yeteneğe erişebilmeye ne kadar yakın olduğu hesaplanabildi ve H1N1 gribinin böylesine bir yeteneğe ulaşmaktan hâlâ çok uzak olduğu anlaşıldı.

Ama uzun vadede, ödenecek bir bedel var. Yaşayan organizmaların genlerine müdahale etmek, her yıl gittikçe kolaylaşıyor. Fiyatlar büyük miktarlarda düşmeye devam ediyor ve tüm bilgiler internette geniş ölçüde mevcut.

Bazı bilim insanları birkaç onyıl içinde, yalnızca arzu edilen bileşenleri yazarak, herhangi bir genin yaratılmasına olanak tanıyacak bir makine yaratmanın mümkün olduğuna inanıyorlar. Makineye bir geni oluşturan A-T-C-G sembollerini yazınca, makine otomatik olarak DNA'yı bölüp ekleyip o geni yaratabi-

lecek. Böyle olursa muhtemelen yüksek okul öğrencileri bile bir gün, hayat formlarına ileri düzeyde müdahale edebilecektir.

Hava yoluyla bulaşabilen AIDS tam bir kâbus senaryosudur. Nezle virüsleri, örneğin, aerosol damlacıkları içinde hayatta kalmalarını mümkün kılan birkaç gene sahiptirler ve bu yüzden hapşırmak nezleyi bulaştırır. Halihazırda, AIDS virüsü ortam koşulları karşısında oldukça güçsüzdür. Ancak, nezle virüsünün genleri AIDS virüsü içine nakledilirse bu genlerin AIDS virüsünün insan bedeni dışında da hayatta kalabilmesini sağlamaları mümkündür. Bu ise AIDS virüsünün nezle gibi yayılmasına neden olacak, böylece insan ırkının büyük bir kısmına bulaşacaktır. Ayrıca, virüsler ve bakterilerin gen değişimi yaptıkları bilinmektedir, yani, AIDS ve nezle virüslerinin genlerini doğal yollardan takas etmeleri de mümkündür, ama yine de böyle bir şeyin olasılığı düşüktür.

Gelecekte, terörist bir grup ya da devlet AIDS'i silah haline getirebilir. Onların böyle bir şeyin önünü açmasını engelleyebilecek tek şey, virüsün çevreye dağılması halinde onların da helak olacakları gerçeğidir.

Bu tehdit 9/11 trajedisinden hemen sonra gerçek oldu. Bilinmeyen bir kişi, şarbon sporları içeren beyaz toz paketlerini, Amerika Birleşik Devletleri çapında tanınmış politikacılara postaladı. Tüm ülkeyi, derhal, bir terörist grubun ileri düzey biyolojik silahları elde ettiği korkusu sardı. Şarbon toprakta ve çevremizde bulunmasına karşın, yalnızca ileri derecede eğitimli ve manyakça niyetleri olan bir insan şarbonu saflaştırmış ve silah haline getirmiş ve sonra da bu marifetini sergilemiş olabilir.

Amerika Birleşik Devletleri tarihindeki en büyük insan avına karşın, (her ne kadar önde gelen bir şüpheli şu yakınlarda intihar ettiyse de) gerçek suçlu hiçbir zaman bulunamadı, hatta bu güne kadar. Burada önemli nokta, biraz ileri düzeyde biyoloji eğitimi almış tek bir kişi bile tüm bir ülkeyi dehşete düşürebilir.

Çıkarlar sorunu, biyolojik savaşı kontrol altında tutan en önemli kısıtlayıcı faktördür. Birinci Dünya Savaşı sırasında, zehirli gazın savaş alanındaki etkisi net değil, karışıktır. Rüzgâr

koşulları çoğu zaman önceden kestirilemiyor, bu yüzden zehirli gaz kendi birlikleriniz üzerine geri tepiyordu. Gazın askeri değeri büyük ölçüde düşmanı yenilgiye uğratmaktansa onu dehşete düşürmekti. Zehirli gaz kullanarak kazanılmış tek bir savaş yoktu. Soğuk Savaş'ın zirve yaptığı zamanlarda bile, iki taraf da zehirli gazın ve biyolojik silahların savaş alanında tahmin edilemez etkileri olduğunu ve bunları kullanmanın rahatlıkla nükleer bir savaşa neden olabileceğini biliyordu.

Bu bölümde bahsedilen tüm görüşler, gördüğümüz üzere, genlere, proteinlere ve moleküllere yapılan müdahaleleri içeriyordu. Bu durumda, bir sonraki soru doğal olarak ortaya çıkıyor: Atomlara tek tek nereye kadar müdahale edebiliriz?

Fiziğin ilkeleri, görebildiğim kadarıyla, nesnelere atom atom müdahale edebilme olasılığının karşısında değiller.

—RICHARD FEYNMAN, *Nobel Ödülü Sahibi*

Nanoteknoloji bize, doğanın en büyük oyuncak kutusuyla oynayabilmemiz için gerekli araç gereci, yani atomları ve molekülleri verdi. Her şey bunlardan yapılır ve yeni şeyler yaratma olanakları sınırsız gözüküyor.

—HORST STORMER, *Nobel Ödülü Sahibi*

Sonsuz küçüğün rolü sonsuz büyüktür.

—LOUIS PASTEUR

4
Nanoteknoloji

Hiçbir Şeyden Her Şey mi?

ALET KULLANABİLME, insanlığı hayvanlardan ayıran parlak bir başarıdır. Yunan ve Roman mitolojilerine göre bu süreç, insanların kötü durumuna acıyan Prometheus'un,[1] çok kıymetli bir hediyeyi, ateşi, Vulcan'ın[2] ocağından çalmasıyla başlar. Fakat yapılan bu hırsızlık tanrıları çok öfkelendirir. Zeus insanları cezalandırmak için zekice bir hile tasarlar. Vulcan'dan, metali döverek, bir kutu ve güzel bir kadın yapmasını ister. Vulcan, Pandora adını verdiği bu heykeli yaratır ve sihirli bir şekilde onu canlandırır ve ona kutuyu asla açmamasını söy-

---

[1] *Prometheus*: tanrısal düzene karşı gelerek insanoğlunu yaratan, onlara çaldığı ateşi, dolayısıyla bilimi ve uygarlığı veren mitolojik bir figür. (ç.n.)

[2] *Vulcan*: tanrıların demircisi ve ateş tanrısı (ç.n.)

ler. Ancak, o merakına yenik düşer ve bir gün kutuyu açar ve kutudaki tüm kaos, sefalet ve ızdırap rüzgârlarının önünü açar, dünyaya döker; kutuda yalnızca umut kalır.

Sonuçta, insan ırkının gördüğü rüyalar ve çektiği ızdıraplar, her ikisi de Vulcan'nın kutsal fırınından çıktı. Bugün bizler, her şeyi kökten değiştirecek, tek tek atomlardan yapılan, en üst düzey yeni makineler tasarlıyoruz. Acaba bunlar aydınlanma ve bilgi ateşinin önündeki engelleri mi kaldıracaklar, yoksa üzerimize kaos rüzgârlarını mı salacaklar?

Alet kullanabilme, tüm insan tarihi boyunca, kaderimizi tayin etmiştir. Yayın ve okun binlerce yıl önce mükemmelleştirilmeleri, cisimleri ellerimizin atabileceğinden çok daha uzaklara fırlatabildiğimiz anlamına geliyordu ve bu avlanmamızın verimini yükseltiyor, dolayısıyla da yiyecek kaynaklarımızı arttırıyordu. Metal işleme sanatının[3] 7.000 yıl önce ortaya çıkması, çamur ve samandan yapılan kulübeleri yenileyebilmemiz ve en sonunda toprak üzerinden gökyüzüne yükselen yüksek binalar yapabilmemiz anlamına geliyordu. Kısa süre sonra ormanlar ve çöllerden imparatorluklar yükselmeye başladı, her şey metallerden yapılma aletlerle inşa edildi.

Bizler şimdi, daha önce gördüğümüz her şeyden çok daha güçlü bir başka cins alet kullanımında ustalaşmanın eşiğindeyiz. Her şey atomlardan yaratılmıştır ve bizler bu kez atomlara hükmedebileceğiz. Bu yüzyıl içinde, şimdiye dek hayal edilmiş en önemli araca sahip olabiliriz. Bu, atomlara tek tek müdahale etme olanağını bize sağlayan nanoteknolojidir. Moleküler üretim teknikleri, bugün yalnızca hayalini kurabildiğimiz, süpergüçlü, süperhafif, insanı hayrete düşüren elektrik ve manyetik özellikleri olan yeni malzemeler ortaya koyabilir ve sonuçta nanoteknoloji ikinci bir sanayi devrimini başlatabilir.

Nobel ödüllü Richard Smalley, "Nanoteknolojinin en büyük hayali, atomları temel yapı taşı olarak kullanmaktır." diye konuşmuştu. Hewlett-Packard'dan Philip Kuekes ise "En nihai amaç, yalnızca toz parçacıkları boyutunda bilgisayarlar yapmak değildir. Asıl fikir, bakteri büyüklüğünde basit bilgisayarlar

---

[3] *metallurgy*

yapmak olabilir. Ancak bu şekilde masanızın üzerinde duran [bilgisayar] kadar güçlü bir şeyi, bir toz parçacığı içine yerleştirebilirsiniz." demişti.

Bu yalnızca ayakları yere basmayan hayalperestlerin umudu değildir. Amerika Birleşik Devletleri hükümeti bu konuyu ciddiye alıyor. Nanoteknolojinin ucu bucağı olmayan tıbbi, endüstriyel, havacılık ve ticari uygulamaları nedeniyle, 2009 yılında Ulusal Nanoteknoloji Girişimi[4] 1,5 milyar doları araştırmalar için ayırdı. Hükümetin Ulusal Bilim Kurumu'nun[5] hazırladığı Nanoteknoloji Raporu'nda[6] şunlar belirtilir: "Nanoteknoloji insan performansını arttırma, malzeme, su, enerji ve gıda maddesi gibi konularda sürdürülebilir gelişmelere yol açma, bilinmeyen bakteri ve virüslere karşı koruma sağlama, ... potansiyeline sahiptir."

Dünya ekonomisi ve devletlerin kaderi eninde sonunda nanoteknolojiye bağlı olacak. 2020 yılı civarı ya da hemen sonra, Moore yasası sendelemeye başlayacak ve muhtemelen en sonunda çökecek. Fizikçiler, bilgisayarlarımıza hayat veren silikon transistörler yerine geçecek uygun bir şey bulamazlarsa dünya ekonomisi bir kargaşa içine düşebilir. Bu problemin çözümü nanoteknolojiden gelebilir.

Nanoteknoloji, muhtemelen bu yüzyılın sonunda, ancak tanrıların kullanabileceği, hemen hemen hiçbir şeyden her şeyi yaratabilen bir makine yaratabilir.

Kuantum Dünyası

Fiziğin bu yeni alanına dikkati ilk çeken, Nobel ödüllü Richard Feynman'dı. Görünüşte basit şu soruyu sordu: Bir makineyi ne kadar küçük yapabilirsiniz? Bu akademik bir soru değildi. Bilgisayarlar gittikçe küçülüyor, sanayinin çehresi değişiyor, bu sorunun cevabının toplum ve ekonomi üzerinde muazzam bir etkiye sahip olabileceği gerçeği gittikçe belirginleşiyordu.

---

[4] *the National Nanotechnology Initiative*
[5] *National Science Foundation*
[6] *Nanotechnology Report*

1959'da Amerikan Fizik Topluluğu'na[7] hitaben yaptığı, gelecekten haber veren "Altta Daha Çok Yer Var"[8] adlı konuşmasında, Feynman şöyle demişti: "Bir fizikçinin, kimyacının bir kâğıda yazıp verdiği herhangi bir kimyasal maddeyi sentezlemesinin, prensipte, mümkün olması (ben böyle düşünüyorum) ilginçtir. Peki nasıl? Atomları kimyacının dediği yerlere koy, böylece o maddeyi yaparsın." Feynman, tek tek atomlardan oluşmuş makinelerin mümkün olduğunu, ama yeni fizik kurallarının bu makineleri zorlaştırdığını, ama yaratmanın olanaksız olmadığını belirterek tamamlamıştı sözlerini.

Sonuç olarak, eninde sonunda, dünya ekonomisi ve devletlerin kaderi, kuantum kuramının[9] acayip ve sezgilere aykırı ilkelerine bağlıdır. Biz normalde, fizik kurallarının daha küçük ölçeklere gittikçe aynı kalacağını düşünürüz. Ancak, bu doğru değildir. Disney'in *Honey, I Shrunk the Kids*[10] ve *The Incredible Shrinking Man*[11] filmlerinde, minyatür insanların fizik kurallarını bizler gibi hissettikleri izlenimini ediniriz. Örneğin, bir Disney film sahnesinde, küçülmüş kahramanımız bir yağmur sağanağı altında bir karıncanın sırtına biner. Yağmur damlaları yere düşer ve orada küçücük su birikintileri oluştururlar, tam da bizim dünyamızda olduğu gibi. Ancak gerçekte, yağmur damlaları karıncalardan büyük olabilir. Dolayısıyla, bir karınca bir yağmur damlasına rastladığında, devasa bir su yarımküresiyle karşı karşıya gelecektir. Sudan oluşmuş yarımküre çökmez; çünkü yüzey gerilimi bir ağ gibi bu damlacığı bir arada tutar. Bizim dünyamızda, suyun yüzey gerilimi çok küçüktür, biz farkına varmayız. Öte yandan, bir karıncanın ölçeğinde, yüzey gerilimi oransal olarak devasa büyüklüktedir ve yağmur damlacıkları boncuk şeklini alırlar.

(Buna ek olarak, bir karıncayı bir ev boyutuna getirecek olursanız, bir başka probleminiz olur: Karıncanın bacakları kırılır. Bir karıncanın büyüklüğünü arttırdıkça, onun ağırlığı ba-

---

[7] *the American Physical Society*

[8] *"There's Plenty of Room at the Bottom"*

[9] *the quantum theory*

[10] *Tatlım, Ben Çocukları Küçülttüm* diye dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[11] *Olağanüstü Küçülen Adam* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

caklarının kuvvetinden çok daha hızlı artar. Bir karıncanın büyüklüğünü 10 kat arttırırsanız, onun hacmini ve dolayısıyla ağırlığını 10x10x10:1.000 kat arttırmış olursunuz. Ancak, karıncanın kuvveti kas kalınlığına bağlıdır ve o da 10x10 = 100 kat artar. Bu nedenle, dev karınca, sıradan bir karıncadan göreceli olarak 10 kat daha güçsüzdür. Bu ayrıca, King Kong'un, New York şehrini dehşete düşürmek şöyle dursun, Empire State Binası'na[12] tırmanmaya çalışırken parça parça dökülecek anlamına gelir.)

Feynman, atom düzeyinde başka kuvvetlerin hüküm sürdüğüne dikkat çeker. Bu kuvvetlere iki örnek, atomlar ve moleküller arasında mevcut olan çok küçük elektrik kuvvetlerinin neden olduğu hidrojen bağı[13] ve van der Waals kuvvetidir.[14] Maddelerin birçok fiziksel özelliği bu kuvvetler tarafından belirlenir.

(Bunu gözümüzde canlandırmak için, Kuzeydoğu Amerika otoyollarında neden çok fazla çukur var gibi basit bir problemi düşünelim. Her kış, asfalttaki çok ufak yarıklara su sızar; su dondukça genişler ve asfaltın ufalanmasına ve çukurların ortaya çıkmasına neden olur. Ancak, su dondukça genişler diye düşünmek sezgilere aykırıdır. Su hidrojen bağı nedeniyle genişler. Su molekülü, oksijen atomunun alt köşede olduğu V harfine benzer. Su molekülünün alt kısmı çok az negatif elektrik yüküne, üst kısmı da çok az pozitif elektrik yüküne sahiptir. Bu nedenle, su donduğunda ve moleküller kıpırdamaz olduklarında, su molekülleri genişler ve moleküller arasında çok fazla boşluğun olduğu, düzenli bir örgü[15] yapısı oluştururlar. Su molekülleri, katı fazda altıgen şeklini alırlar, işte bu yüzden su dondukça genişler; çünkü bir altıgendeki atomlar arasında daha fazla boşluk vardır. Bu ayrıca, kar taneciklerinin altı kenarlı olmasının nedenidir ve neden buzun su üzerinde, batması gerekirken, yüzdüğünü de açıklar.)

---

[12] *the Empire State Building*
[13] *hydrogen bonding*
[14] *the van der Waals force*
[15] *regular lattice*

Duvarlar Arasında Yürümek

Yüzey gerilimine, hidrojen bağına ve van der Waals kuvvetlerine ek olarak, atom düzeyinde tuhaf kuantumsal etkiler de vardır. Günlük hayatta kuantum kuvvetlerini genelde iş başında görmeyiz. Aslında kuantum kuvvetleri her yerdedir. Örneğin, atomlar büyük oranda boşluktan ibaretse duvarların içinden yürüyebilmemiz gerekir. Atomun merkezinde bulunan çekirdekle elektron kabukları arasında yalnızca bir boşluk vardır. Atom bir futbol stadyumu büyüklüğünde olsaydı, stadyum bomboş olurdu; çünkü çekirdek ancak bir kum tanesi boyutunda olurdu.

(Bazen öğrencilerimizi basit bir gösterimle şaşırtırız. Bir Geiger sayacını bir öğrencinin hemen önüne yerleştirir ve zararsız bir radyoaktif topağı da onun arkasına koyarız. Öğrenci, bazı parçacıklar doğrudan bedeni içinden geçip Geiger sayacını tetikleyince şöyle bir irkilir, sanki büyük oranda boşluktan oluşmuş gibidir ve bu gerçekten de böyledir.)

Ama bizler boşluktan ibaretsek, neden duvarlar içinden yürüyüp geçemiyoruz? *Hayalet*[16] filminde, Patrick Swayze'nin canlandırdığı karakter bir rakibi tarafından öldürülür ve bir hayalete dönüşür. Demi Moore'un canlandırdığı eski nişanlısına her dokunmak istediğinde hayal kırıklığına uğrar. Elleri sıradan nesneler içinden geçiyordu; kendinde maddeleşmiş/katılaşmış hiçbir şey olmadığını ve katı nesneler içinden kolayca geçip dolaşabildiğini fark eder. Sahnenin birinde, başını hareket eden bir metro treninin içine doğru uzatır. Tren, başı iç taraftayken, hızlıca gelip geçer, ama tek bir şey hissetmez. (Film, neden yerçekiminin onu zemine doğru çekmediğini, dolayısıyla da Dünya'nın merkezine doğru düşmediğini açıklamaz. Görünüşe bakılırsa hayaletler zeminler hariç her şey içinden geçebilirler.)

Yine aynı soru; neden hayaletler gibi katı nesneler içinden geçemiyoruz? Yanıt tuhaf bir kuantum olgusu içinde yatar. Pauli dışarlama ilkesi,[17] iki elektronun aynı kuantum duru-

---

[16] *Ghost*

[17] *the Pauli exclusion principle*

munda/halinde[18] olamayacağını söyler. Bu nedenle, hemen hemen özdeş iki elektron çok yaklaşırsa birbirlerini iterler. Bu nesnelerin katı görünmelerinin nedenidir, ki aslında bu bir illüzyondur. Gerçek, maddenin temelde boşluktan ibaret olmasıdır.

Bir sandalyeye oturduğumuz zaman, ona dokunduğumuzu düşünürüz. Aslına bakılırsa sandalyenin üzerinde havada duruyuruz, sandalyenin elektrik ve kuantum kuvvetleri tarafından yukarı doğru itilir, sandalyenin bir nanometre üzerinde havada asılı kalırız. Bu, ne zaman bir şeye "dokunsak" ona hiç doğrudan temas etmediğimiz, bu küçücük atom kuvvetleri tarafından ayrı tutulduğumuz anlamına gelir. (Bu, eğer dışarlama ilkesini bir şekilde etkisiz hale getirebilseydik, duvarlar içinden geçebilirdik anlamına da gelir. Ancak, bunun nasıl yapılabileceğini hiç kimse bilmiyor.)

Kuantum kuramı yalnızca atomların birbirine çarpmasını engellemez, onları moleküller halinde birbirlerine de bağlar. Bir an için atomu, gezegenlerin Güneş etrafında döndüğü minnacık bir Güneş Sistemi gibi düşünün. Eğer böyle iki Güneş Sistemi çarpışmış olsaydı, gezegenler ya birbirlerine çarparlardı ya da her yöne fırlayıp giderler ve böylece Güneş Sistemi çökerdi. Güneş sistemleri başka bir Güneş Sistemiyle çarpıştıklarında, hiçbir zaman durağan kalmazlar ve buna göre, atomlar da bir başka atoma bindirdiklerinde çökmeleri, darmadağın olmaları gerekir.

Ama gerçekte, iki atom çok yakınlaştığı zaman, ya birbirlerinden sekerler ya da kararlı bir molekülü oluşturmak üzere bir araya gelirler. Atomların kararlı molekül oluşturabilmelerinin nedeni elektronların iki atom arasında paylaşılabilmesidir. Bir elektronun iki atom arasında paylaşılması fikri normalde mantıksızdır; daha doğrusu, elektronlar sezgisel Newton yasalarına uysaydı, böyle bir şey olanaksız olurdu. Ancak, Heisenberg belirsizlik ilkesi[19] nedeniyle, bir elektronun tam olarak nerede olduğunu bilemezsiniz. Bunun yerine, elektron iki atom arasında yayılmış durumdadır ve bu atomları bir arada tutar.

---

[18] *quantum state*

[19] *the Heisenberg uncertainty principle*

Başka bir deyişle, kuantum kuramını kapatırsanız, molekülleriniz birbirlerine çarpa çarpa dağılırlar ve siz atomlardan oluşan bir gaza dönüşür, kaybolur gidersiniz. Sonuçta, kuantum kuramı atomların, dağılmaktansa neden katı madde oluşturmak için bağ yapabildiklerini açıklar.

(Bu ayrıca, dünyalar içinde dünyalara sahip olamayışınızın da nedenidir. Bazı insanlar Güneş Sistemimizin ya da galaksimizin bir başkasının devasa evreninin bir atomu olabileceğini hayal ediyorlar. Aslında bu *Men in Black*[20] filminin final sahnesiydi; bu filmde bilinen tüm evren, uzaylıların yaptığı top oyununda bir atomdu yalnızca. Ancak, fiziğe göre bu olanaksızdır; çünkü fizik yasaları, biz ölçekten ölçeğe giderken değişirler. Atomlara hükmeden kurallar, galaksilere hükmeden kurallardan oldukça farklıdırlar.)

Kuantum kuramının anlaşılması güç ilkelerinden bazıları şunlardır:

- herhangi bir parçacığın hızını ve yerini *tam* olarak bilemezsiniz – her zaman bir belirsizlik vardır,
- parçacıklar bazı bakımlardan aynı zamanda iki yerde olabilirler,
- tüm parçacıklar farklı [kuantum] durumlarının *eş zamanlı* karışımları olarak var olurlar; örneğin, [kendi etrafında] dönen parçacıklar,[21] dönme eksenleri *aynı anda* yukarı *ve* aşağı olabilen parçacıkların karışımları olabilirler,
- bir yerde kaybolabilir ve başka bir yerde tekrar ortaya çıkabilirsiniz.

Tüm bu ifadeler kulağa saçma gelebilir. Aslında Einstein bir defasında şöyle demişti: "Kuantum kuramı ne kadar başarılı olursa o kadar aptalca görünür." Hiç kimse bu tuhaf kuralların nereden geldiğini bilmiyor. Bunlar yalnızca *doğruluğunu kabul ettiğimiz kanıtsız önermeler*,[22] hiçbirinin açıklaması yok. Kuantum kuramı için geçerli olan tek şey var: Onun doğru olması.

---

[20] *Siyah Giyen Adamlar* adı ile ülkemizde gösterildi (1997). (ç.n.)
[21] *spinning particles*
[22] *postulates*

Kuantum kuramının hassasiyeti on milyarda bir olarak ölçülmüş durumdadır; bu onu tüm zamanların en başarılı fiziksel kuramı yapar.

Günlük yaşamda bu inanılmaz olguları görmeyişimizin nedeni, bizlerin trilyon kere trilyon atomdan meydana gelmemiz ve bu etkilerin, bir anlamda, birbirini ortalama olarak yok etmesidir.

Atomları Tek Tek Hareket Ettirmek

Richard Feynman, bir fizikçinin herhangi bir molekülü, atomları tek tek yerlerine yerleştirerek üretebildiği bir zamanı hayal ederdi. 1959'da bu mümkün görünmüyordu, ama bu hayalin bir kısmı halihazırda gerçeğe dönüşmüş durumda.

Buna yakında şahit olabilme şansına, IBM'in California, San Jose'daki Almaden Araştırma Merkezi'ni[23] ziyaret ettiğimde sahip oldum. Adına taramalı tünelleme mikroskobu[24] denilen, bilim insanlarının atomlara tek tek müdahelesini mümkün kılan, harika bir aygıtı inceleme fırsatı yakaladım. Bu cihaz IBM'den Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından icat edilmişti; bunun için ikisi de 1986 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı. (Çocukken, öğretmenimizin bize atomları asla göremeyeceğimizi anlattığını hatırlıyorum. Onlar yalnızca çok küçük demişti. Ben, o zamana kadar, zaten bir atom bilimcisi olmaya karar vermiştim. O gün, asla doğrudan gözlemleyemeyeceğim bir şey üzerine çalışarak, hayatımın geri kalanını harcayacağımın farkına vardım. Oysa bugün, atomları görmekle kalmıyoruz, atom cımbızları[25] yardımıyla onlarla oynayabiliyoruz da.)

Taramalı tünelleme mikroskobu gerçekte hiç de bir mikroskop değildir. Eski bir gramofona benzer. Çok ince bir iğne (en ucu, yukarıdan aşağı, yalnızca tek bir atom boyutunda), analiz edilen materyal üzerinde yavaşça gezdirilir. Küçük bir elektrik akımı iğneden çıkar, materyalin içinden geçer, oradan da aygıtın tabanına doğru akar. İğne nesne üzerinde gezinirken, bir

---

[23] *the IBM Almaden Research Center*
[24] *the scanning tunneling microscope*
[25] *atomic tweezer*

atom üzerinden her geçişinde akım çok az değişir. Makine, birçok geçişten sonra, atomun bizzat kendisinin nefis bir taslağını ortaya çıkarır. Özdeş bir iğne kullanarak, mikroskop yalnızca atomları kaydetmez, onların etrafından dolaşabilme yeteneği de vardır. Bu yolla, örneğin, IBM yazısındaki harfler okunabilir ve hatta atomlardan inşa edilmiş çok basit makineler bile yapılabilir.

(Bir diğer yeni icat, bize atom dizilerinin çarpıcı üç boyutlu resimlerini veren atomik kuvvet mikroskobudur.[26] Bu mikroskop da çok küçük uçlu bir iğne kullanır, ama bunda makine, iğne ucuna bir lazer ışını düşürür. İğne analiz edilen materyal üzerinde gezinirken çok hafifçe salınır ve hareket lazer ışını görüntüsüyle kaydedilir.)

Atomları tek tek hareket ettirmenin oldukça kolay olduğunu gördüm. Bir bilgisayar ekranı önüne oturdum, bir beyaz küreler dizisine baktım, her biri 2,5 santimetre civarında bir pinpon topuna benziyordu. Aslında her bir top, tek bir atomdu. İmleci bir atomun üzerine yerleştirdim ve sonra imleci başka bir konuma kaydırdım. Atomu hareket ettirmesi için iğneyi etkin hale getiren bir düğmeye bastım. Mikroskop materyali tekrar taradı. Ekran değişti, top tam olarak istediğim yere hareket etmişti.

Tüm işlem, her bir atomu istediğim bir konuma taşımam, yalnızca bir dakikamı almıştı. Aslında, ekranlarda atomlardan meydana gelen harfleri ortaya çıkartabilmemin ancak otuz dakika kadar vaktimi alacağını gördüm. Bir saat içindeyse on kadar atom içeren oldukça karmaşık desenler yapabiliyordum.

Gerçekten tek tek atomları hareket ettirmiştim; daha önce olanaksız olduğu düşünülen bir şeyi yapmış olma şokunu üzerimden atmam gerekmişti.

Mems'ler ve Nanoparçacıklar

Nanoteknoloji hâlâ emekleme aşamasında olmasına karşın, şimdiden kimyasal kaplama[27] alanında gelişen bir ticari sanayi ortaya çıkartmıştır. Ticari bir ürünün üzerine yalnızca birkaç

---

[26] *the atomic force microscope*
[27] *chemical coating*

molekül kalınlığında ince kimyasal tabakalar püskürtülürek, ürün küflenmeye karşı daha dayanıklı hale getirilebilir ya da onun optik özellikleri değiştirilebilir. Leke tutmaz elbiseler, daha da geliştirilmiş bilgisayar ekranları, daha güçlü metal kesme takımları ve çizilmez kaplamalar, nanoteknolojinin halihazırdaki diğer ticari uygulamalarıdır. Önümüzdeki yıllarda, performanslarını arttırmak için mikro-kaplama yapılmış daha yeni ticari ürünler piyasaya sürülecek.

Nanoteknoloji hâlâ çok genç bir bilimdir. Yine de nanoteknolojinin bir boyutu şimdilerde herkesin hayatını etkilemeye başladı ve daha şimdiden dünya çapında 40 milyar dolarlık son derece kârlı bir endüstriye dönüştü. Bu, mürekkep-püskürtmeli kartuşlardan hava-yastığı sensörlerine, ekranlardan araba ve uçak jiroskoplarına[28] kadar her şeyi içeren, mikroelektromekanik sistemler (MEMS)[29] alanıdır. MEMS'ler minnacık makinelerdir, o kadar küçüktürler ki, bir iğne ucuna kolayca sığdırılabilirler. Bilgisayar işinde de kullanılan oyma/hakketme[30] teknolojisi ile üretilirler. Mühendisler bu kez transistör yerine minik makine bileşenleri yaparlar; görmek için bir mikroskoba ihtiyaç duyacağınız çok ufak makine parçaları yaratırlar.

Bilim insanları, tahta boncuklu birkaç dik telden oluşan, Asya'ya ait eski bir hesaplama aracı abaküsün atomik bir modelini yaptılar. IBM'in Zürih Araştırma Laboratuvarı'ndaki[31] bilim insanları 2000 yılında, bir taramalı mikroskopla atomları tek tek dizerek, abaküsün atomik bir modelini yaptılar. Bu atomik abaküs, dik tellere geçirilmiş olarak yukarı aşağı hareket eden tahta boncuklar yerine, *bucky topları*[32] kullanıyordu; bunlar, insan saçı kalınlığından 5.000 kez daha küçük moleküler bir futbol topu şeklinde düzenlenmiş karbon atomlarıdır.

Cornell'deki bilim insanları bir atomik gitar bile yaptılar. Bunun altı teli vardır ve her bir tel 100 atom genişliğindedir. Bu gitarlardan yirmi tanesi uç uca konduğunda bir insanın saç te-

---

[28] *gyroscope*: denge çarkı. (ç.n.)
[29] *microelectromechanical systems (MEMS)*
[30] *etching*
[31] *the IBM Zurich Research Laboratory*
[32] *buckyballs*

line sığabilir. Çalınabilen gerçek telleriyle, bu gerçek bir gitardır (ama bu atomik gitarın frekansı bir insan kulağının duyamayacağı kadar yüksektir).

Ama bu teknolojinin en yaygın pratik uygulamaları hava yastıklarındadır; bunlar arabanın ani frenini tespit edebilen minik MEM ivme ölçme cihazları içerirler. Bir MEM ivme ölçme cihazı, bir yaya ya da kaldıraca bağlanmış mikroskobik bir toptan oluşur. Siz frenlere asıldığınızda, ani yavaşlama topa güçlü bir darbe verir ve topun hareketi çok küçük bir elektrik yükü üretir. Bu yük ise büyük bir miktarda nitrojen gazını 1/25 saniye içinde açığa çıkaracak kimyasal bir patlamayı tetikler. Bu teknoloji şimdiden binlerce hayat kurtardı.

YAKIN DÖNEM (Bugünden 2030'a)

Bedenimizdeki Nanomakineler

Yakın gelecekte, kan dolaşım sistemini baştanbaşa dolaşan nanomakineler gibi, tıp bilimini kökten değiştirebilecek çeşitli biçimlerde yeni nanocihazlar bekliyoruz. *Fantastic Voyage*[33] filminde, bilim insanlarından oluşan bir mürettebat ve bunların gemisi, bir alyuvar hücresi boyutuna küçültülmüşlerdir. Bir hastanın kan dolaşım sisteminden beynine uzanan bir yolculuğa çıkarlar, vücudun içinde asap bozucu birçok tehlikelerle karşı karşıya gelirler. Nanoteknolojinin bir amacı, kanser hücrelerine odaklanacak, onların kökünü kazıyacak, ama normal hücrelere dokunmayacak moleküler avcılar yaratmaktır. Bilimkurgu yazarları çok uzun zamandır, kan içinde dolaşan, devamlı kanser hücresi peşinde olan, moleküler bir bul-ve-öldür aracının hayalini kurdular. Ancak, yorumcular bunu hep olanaksız, bilimkurgu yazarlarının içi boş bir hayali olarak gördüler.

Bu hayalin bir kısmı bugün gerçekleşiyor. Buffalo Üniversitesi'nden[34] Jerome Schentag 1992'de, daha önce de bahsettiği-

---

[33] ülkemizde *Esrarengiz Yolculuk* adıyla gösterildi (1966). (ç.n.)

[34] *the University of Buffalo*

miz, akıllı hapı[35] icat etti. Bu, yutulduğunda elektronik olarak takip edilebilen, bir hap büyüklüğünde, minik bir cihazdı. İlacı tam istenilen konuma götürecek şekilde yönlendirilebilir. Mideniz ve bağırsaklarınız içinde yol alırken içinizin fotoğraflarını çekecek televizyon kameraları içeren akıllı haplar halihazırda yapılmış durumdalar. Bunları yönlendirmek için mıknatıslar kullanılabilir. Bu yolla, tümörleri ve polipleri[36] arayıp bulabilir. Gelecekte, bu küçük akıllı haplar aracılığıyla, ufak ölçekte ameliyatlar yapmak mümkün olabilir; herhangi anormallik ortadan kaldırılabilir, vücut içinden parça alınabilir[37] ve bütün bunlar deriyi kesmeksizin yapılabilir.

Çok daha küçük bir cihaz, kanserle savaşan ilaçları belirli bir hedefe götürebilen, kanser tedavisini kökten değiştirebilecek olan nanoparçacıktır. Bu nanoparçacıklar, taşıdıkları kimyasal yük ile belirli bir hedefi vurması için tasarlanmış ve böylece istenmeyen hasarları azaltan, moleküler akıllı bombalarla karşılaştırılabilirler. Kör bir bomba sağlıklı hücreler dahil her şeyi tahrip ederken, akıllı bombalar akıllıdırlar, yalnızca kanser hücrelerini can evlerinden vururlar.

Kemoterapinin[38] ürkütücü yan etkilerini yaşamış herhangi biri, bu nanoparçacıkların insanların çektikleri acıları azaltmaktaki muazzam potansiyeli anlayacaktır. Kemoterapi, tüm vücudun bir takım zehirli maddeler içinde yıkanmasıyla iş görür; bu maddeler normal hücrelerden yalnızca birazcık daha fazla kanserli hücre öldürürler. Kemoterapinin yan etkileri alabildiğine geniş çaplıdır. Yan etkiler –bulantı ve kusma, saç kaybı, güç kaybı vb. gibi– şiddetlidir ki bazı hastalar bu işkenceyi çekmektense kanserden ölmeyi tercih ederler.

Nanoparçacıklar bütün bunları değiştirebilir. İlaçlar, kemoterapide kullanılanlar gibi, kapsül şeklindeki bir molekül içine yerleştirilecek; sonra, nanoparçacık kan dolaşım sistemi içine sokularak vücut içinde deveran etmesi sağlanacak; belirli bir hedefi bulunca da taşıdığı ilacı bırakacak.

---

[35] *the smart pill*
[36] *polyp*
[37] *biopsy*
[38] *chemotherapy*: (kanserin) ilaçla tedavi(si). (ç.n.)

Bu nanoparçacıkların püf noktası büyüklükleridir: 10 ile 100 nanometre[39] arasındadırlar ve bu değerler onların bir kan hücresine nüfuz edemeyecekleri kadar büyüktür. Bu nedenle, nanoparçacıklar normal kan hücrelerine zararsızca değerler ve sekerler. Ancak, kanser hücreleri farklıdır; onların hücre duvarları düzensiz gözeneklerle delik deşiktir. Nanoparçacıklar serbestçe bu gözeneklerden kanser hücrelerine girebilirler ama sağlıklı dokulara bir şey yapmazlar. Dolayısıyla, doktorların bu nanoparçacıkları hedeflerine yöneltmeleri için karışık güdüm sistemlerine ihtiyaçları olmaz. Nanoparçacıklar doğal olarak belirli tiplerdeki kanserli tümörlerde birikeceklerdir.

Bunun güzelliği, ciddi yan etkileri olan karışık ve tehlikeli yöntemlere gereksinim duymamasıdır. Bu nanoparçacıklar tam olması gereken büyüklüktedirler: Normal hücrelere hücum edemeyecekleri kadar büyük, ama bir kanser hücresine nüfuz edebilecek kadar da küçüktürler.

Bir diğer örnek, Massachusetts, Cambridge'deki BIND Biyolojik Bilimler'deki[40] bilim insanlarının yarattıkları nanoparçacıklardır. Bunlar, moleküler örgüleri içinde ilaç tutabilen polilaktik asit ve ko-polilaktik asit/glikolik asitlerden[41] yapılmışlardır. Bu nanoparçacığın yok edici gücünü oluşturur. Nanoparçacığın güdüm sistemi ise parçacığı kaplayan ve onu özellikle hedef hücreye yönelten peptidlerdir.[42] Bu çalışmayı özellikle çekici kılan, bu nanoparçacıkların, karışık fabrikalar ve kimyasal tesisler olmaksızın, kendi kendilerine oluşmalarıdır. Çeşitli kimyasal maddeler, çok kontrollü koşullar altında ve doğru bir sırada, bir araya getirilir ve yavaşça karıştırılırlar ve nanoparçacıklar kendi kendilerini birleştirirler.

"Kendiliğinden oluşma, karışık birçok kimyasal adımın takibini gerektirmediğinden, parçacıkları üretmek çok kolaydır. ... Bizler, hiç kimsenin yapmadığını yapıyor, kilogram ölçeğinde nanoparçacık üretebiliyoruz." diye konuşuyor Harvard Tıp

---

[39] nanometre, metrenin milyarda biridir. (ç.n.)

[40] *BIND Biosciences*: yeni isimleri *BIND Therapeutics*. (ç.n.)

[41] *(co)polylactic/glycolic acids*

[42] *peptides*

Okulu'nda[43] bir hekim ve bir BIND çalışanı Omid Farokhzad. Bu nanoparçacıklar şimdiden sıçanlardaki prostat, göğüs ve akciğer kanseri tümörlerine karşı değerlerini kanıtlamışlardır. Renkli boyalar kullanılarak, bu nanoparçacıkların söz konusu organda toplandıkları ve orada yüklerini istenilen şekilde boşalttıkları gösterilmiştir. İnsan hastalar üzerinde klinik testler birkaç yıl içinde başlayacaktır.

Kanser Hücrelerini Öldürmek

Bu nanoparçacıklar yalnızca kanser hücrelerini arayıp bulma ve öldürücü kimyasalları onlara atma yeteneğine sahip degildirler, kanser hücrelerini hemen oracıkta, buldukları yerde öldürme yeteneklerine de sahip olabilirler. Bunun arkasındaki ilke basittir. Bu nanoparçacıklar belirli bir frekanstaki ışığı soğurabilirler/absorbe edebilirler. Üzerlerine lazer ışığı odaklanırsa nanoparçacıklar ısınırlar, yani titreşmeye başlarlar, böylece kanser hücrelerinin duvarlarını parçalayarak onları yok ederler. Öyleyse buradaki kilit nokta nanoparçacıkları kanser hücrelerinin yeterince yakınına getirmektir.

Birkaç grup şimdiden bunun ön modellerini geliştirdi. Argonne Ulusal Laboratuvarı[44] ve Chicago Üniversitesi'ndeki[45] bilim insanları titanyum dioksit nanoparçacıkları yarattılar (titanyum dioksit güneş kremlerinde bulunan yaygın bir kimyasaldır). Bu grup, bu nanoparçacıkları, glioblastoma multiform[46] (GBM) denilen belirli kanser hücrelerini doğal olarak arayıp bulan bir antikora[47] bağlayabileceklerini buldu. Yani, bu nanoparçacıklar bu antikora bağlanarak kanser hücrelerine taşınırlar. Sonra, beş dakika süreyle beyaz bir ışık tutulur, nanoparçacıklar ısınır ve en sonunda kanser hücrelerini öldürürler. Çalışmalar, kanser hücrelerinin %80'inin bu yolla yok edilebildiklerini gösteriyor.

---

[43] *Harvard Medical School*

[44] *the Argonne National Laboratory*

[45] *the University of Chicago*

[46] insanlarda en çok görülen, en yayılmacı, kötü huylu beyin tümörü. (ç.n.)

[47] *antibody:* Y şeklinde, büyük, bağışıklık sisteminin bakteri ve virüs gibi vücuda yabancı maddeleri tespit ve yok etmede kullandığı protein. (ç.n.)

Bu bilim insanları kanser hücrelerini öldürmenin ikinci bir yolunu da tasarladılar. Çok hızlı titreşebilen ufacık manyetik diskler yarattılar. Bu diskler kanser hücrelerine yönlendirildiklerinde, ufak şiddette harici bir manyetik alan üzerlerine yönlendiriliyor, çok hızlı bir şekilde titreşmeye başlıyorlar ve böylece kanserin hücre duvarlarını parçalıyorlar. Testlerde, yalnızca 10 dakikalık bir titreşim sonunda kanser hücrelerinin %90'ını öldürülüyor.

Bu sonuç bir rastlantı değildir. Santa Cruz'da bulunan California Üniversitesi'ndeki[48] bilim insanları, benzer bir sistemi altın nanoparçacıkları kullanarak tasarladılar. Bu parçacıklar, çaprazlamasına 20 ila 70 nanometre uzunluğunda ve yalnızca birkaç atom kalınlığındadırlar ve bir küre şeklinde düzenlenmişlerdir. Bilim insanları, deri kanseri hücrelerince çekildikleri bilinen bir peptid kullanıyorlar. Bu peptid altın nanoparçacıklarına bağlanıyor ve böylece farelerdeki kanserli hücrelere taşınıyorlar. Bir kızılötesi lazer ışığı altında, bu altın parçacıkları tümör hücrelerini ısıtıp yok ediyorlar. "Bu, temelde, bir kanser hücresini kaynayan suya koyup, ölene dek kaynatmaya benziyor. Metal nanoküre ne kadar çok ısı üretirse o kadar iyi." diye konuşuyor, araştırmacılardan biri olan Jin Zhang.

Sonuç olarak, gelecekte, nanoteknoloji kanser kolonilerini daha tümör oluşturamadan onlarca yıl önce tespit edecek ve kanımızda dolaşan nanoparçacıklar bu [kanserli] hücreleri yok etmek için kullanılabilecekler. Bunun için gereken temel bilim halihazırda yapılmaktadır.

Kanımızdaki Nanoarabalar

Nanoparçacığın bir adım ötesi nanoarabadır; bu vücut içindeki yolculuğunda yönlendirilebilen bir cihazdır. Nanoparçacıklar kan dolaşımı içinde serbestçe dolaşırlarken, bu nanoarabalar uzaktan kumandalı insansız hava araçları gibi yönlendirilebilirler.

Rice Üniversitesi'ndeki[49] James Tour ve meslektaşları böyle bir nanoaraba yaptılar. Bu arabada tekerler yerine dört tane

---

[48] *the University of California*
[49] *Rice University*

bucky topu[50] vardır. Bu araştırmanın gelecek için bir hedefi, kan dolaşımı içine ufacık bir robot sevkeden/indiren moleküler bir araba tasarlamaktır; bu minik robot, yolu üzerindeki kanser hücrelerini öldürecek ya da hayat kurtaran ilaçları vücutta tam yerlerine taşıyacak.

Moleküler arabanın bir problemi, bir motora sahip olmamasıdır. Bilim insanları gitgide çok daha gelişmiş moleküler makineler yaratmaktalar, ama moleküler bir güç kaynağı yaratmak bu araştırmalardaki en büyük engellerden biri oldu. Doğa Ana bu problemi adenozin trifosfat[51] (ATP) molekülünü enerji kaynağı olarak kullanmakla çözmüş. ATP enerjisi hayatı mümkün kılar; kas hareketlerimizin her saniyesine enerji sağlar. ATP'deki bu enerji, atomları arasındaki atomik bir bağ içinde depolanır. Ne var ki, ATP'nin sentetik bir alternatifini yaratmanın çok zor olduğu görüldü.

Pennsylvania Devlet Üniversitesi'nden[52] Thomas Mallouk ve Ayusman Sen, bu probleme potansiyel bir çözüm buldu. Saniyede onlarca mikron[53] hareket edebilen bir nanoaraba yarattılar; bu çoğu bakterinin süratidir. (Bu araştırmacılar önce altın ve platinden, bir bakteri büyüklüğünde bir nanoçubuk yaptılar. Nanoçubuk, bir su[54] ve hidrojen peroksit[55] karışımının içine yerleştirildi. Bu, nanoçubuğun her iki ucunda kimyasal bir tepkime yarattı, çubuğun bir ucundan diğer ucuna protonların hareket etmesine neden oldu. Protonlar su molekülünün elektrik yüklerini ittiklerinden, bu nanoçubuğu ileri doğru harekete geçirdi. Suda hidrojen peroksit olduğu sürece, çubuk ileri doğru hareketine devam eder.)

Manyetizma kullanarak bu çubukları yönlendirmek de mümkündür. Bilim insanları bu nanoçubuklar içine nikel diskler gömdüler ve bunlar böylece pusula iğnesi gibi davrandılar. Sıradan bir buzdolabı mıknatısını bu nanoçubukların yakınında

---

[50] *buckyball*
[51] *adenosine triphosphate*
[52] *Pennsylvania State University*
[53] *micron*: metrenin milyonda biri. (ç.n.)
[54] H_2O. (ç.n.)
[55] H_2O_2. (ç.n.)

hareket ettirerek, onları istediğiniz herhangi bir doğrultuda yönlendirebilirsiniz.

Bir moleküler makineyi yönlendirmenin bir diğer yolu ışık kullanmaktır. Işık, molekülleri pozitif ve negatif iyonlara ayırabilir. Bu iki tip iyon, ortam içinde farklı iki hızda yayılır ve böylece bir elektrik alanı oluşur. Moleküler makineler bu elektrik alan tarafından çekilirler. Sonuçta, ışık doğrultarak, moleküler makineler o doğrultuda yönlendirilebilirler.

Bunun bir gösterimine, Sylvain Martel'in Kanada'da bulunan Montréal Politeknik Okulu'ndaki[56] laboratuvarında şahit oldum. Martel'in fikri, sıradan bakterilerin kuyruklarını, ufacık bir çipi kan dolaşımı içinde ileri doğru ittirmek için kullanmaktı. Bilim insanları şimdiye kadar, bakterilerin kuyruklarında bulunan gibi, atomik bir motor üretemediler. Martel kendi kendine sormuş: Madem nanoteknoloji bu minnacık kuyrukları yapamıyor, neden canlı bakterilerin kuyruklarını kullanmayalım ki?

Martel ilk önce bu cümlenin sonundaki noktadan daha küçük bir çip yaratır. Sonra bir yığın bakteri üretir. Bu bakterilerden sekiz tanesini çipin arkasına yerleştirmeyi başarır, bakteriler böylece çipi ileri doğru ittiren bir pervane gibi davranırlar. Bu bakteriler az da olsa manyetik olduklarından, Martel bunları istediği herhangi bir yere yöneltmek için harici mıknatıslar kullanır.

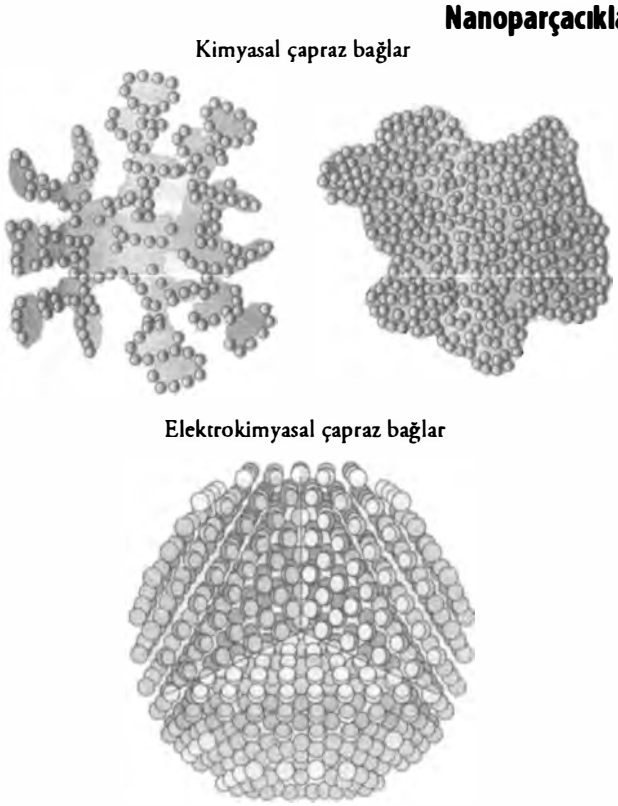
Bu bakteri-sürümlü çipleri bizzat kullanma şansım oldu. Bir mikroskoba baktım ve birkaç bakteri tarafından itilmekte olan minik bir bilgisayar çipi gördüm. Bir butona basınca, bir mıknatıs aktif hale geldi ve çip sağa doğru hareket etti. Butonu serbest bırakınca, çip durdu ve rastgele hareket etmeye başladı. Bu yolla, çipi gerçekten de idare edebildim. Bunu yaparken, bir doktorun bir gün benzer bir düğmeye basacağını, ama bu kez bir nanorobotu bir hastanın damarları içinde yönlendirebileceğini hayal ettim.

Kan dolaşımı içinde hareket eden, mıknatıslarla yönlendirilen, hastalıklı bir organa hedeflenen ve sonra taşıdığı ilacı bıra-

---

[56] *l'École Polytechnique de Montréal*

kan ya da orada operasyon yapan moleküler makinelerle günümüz ameliyatlarının tamamen yer değiştirdiği bir geleceği hayal edebiliriz. Bu, deriyi keserek ameliyat yapmayı tamamen demode hale getirebilir. Ya da mıknatıslar bu nanomakineleri, damarlardaki bir tıkanmayı ortadan kaldırmak için kalbe yönlendirebilirler.



Moleküler robotlar kan dolaşımımız içinde devriye gezecekler, kanser hücrelerini ve diğer hastalık yapıcıları tespit edip öldürecekler. Tıp bilimini kökten değiştirebilirler.

DNA Çipleri

3. Bölüm'de de bahsettiğimiz gibi, gelecekte elbiselerimizde, bedenimizde ve banyomuzda ufacık alıcılar olacak, bunlar devamlı olarak sağlığımızı gözlem altında tutacaklar, kanser gibi hastalıkları bir tehlike haline dönüşmeden yıllar önce tespit edecekler. Bunun kilit noktası, "çip içinde bir laboratuvar" gibi olacak DNA çipidir. Bu minik alıcılar, *Uzay Yolu*[57] dizisindeki "tricorder" gibi, tıbbi bir analizi bize dakikalar içinde yapıp verecek.

Günümüzde, kanser incelemesi uzun, pahalı ve meşakkatli bir işlemdir, çoğu zaman haftalar sürer. Bu, yapılabilecek kanser analizi sayısını ciddi bir şekilde kısıtlar. Lakin, bilgisayar teknolojisi tüm bunları değiştiriyor. Bilim insanları halihazırda, kanser hücrelerinde üretilen belirli biyo-işaretçileri[58] arayarak, kanseri hızlı ve ucuz bir şekilde tespit edebilen cihazlar yaratıyorlar.

Bilgisayar çiplerinde kullanılan oyma[59] teknolojisinin aynısı kullanılarak, üzerinde belirli DNA dizilimlerini ya da kanser hücrelerini tespit edebilen mikroskobik bölgeler olan çiplerin üretilmesi mümkündür.

DNA parçaları, oyma teknolojisi kullanılarak, bir çip içine gömülür. Sıvılar bu çip üzerinden geçerken, bu DNA parçaları belirli gen dizilimlerine bağlanabilirler. Sonra, bir lazer ışını yardımıyla, tüm bölge süratle taranır ve genler tespit edilir. Bu yolla, genler daha önce olduğu gibi bir bir okunmak zorunda kalınmaz, binlercesi bir anda taranabilir.

Affymetrix şirketi 1997 yılında, 50.000 DNA dizisini hızlıca analiz edebilen ilk ticari DNA çipini piyasaya sürdü. 2000 yılına gelindiğinde, 400.000 DNA algılayıcısı[60] birkaç bin dolara piyasada mevcuttu. 2002 yılında, çok daha güçlü çiplerin fiyatları 200 dolara kadar düşmüştü. Moore kuralı nedeniyle fiyatlar birkaç dolara kadar düşmeye devam edecek.

---

[57] *Star Trek*
[58] *biomarkers*
[59] *etching*
[60] *DNA probes*

Toronto Üniversitesi'nin[61] tıp okulundan Shana Kelly şunları söylemişti: "Günümüzde klinik bir kanser biyo-işaretçi örneğinin değerlendirmesini yapmak için bir oda dolusu bilgisayara ihtiyaç duyuluyor, üstelik sonuçlar da hızlı alınmıyor. Ekibimiz ise parmak ucunuz boyutundaki bir elektronik çip üzerindeki biyo-moleküllerin ölçümünü yapabiliyor." Kelly ayrıca, bu çipi analiz edecek tüm donanımın bir cep telefonu boyutuna ineceği günü de tasavvur ediyor. Bir çip üzerindeki bu laboratuvar, bir hastane ya da üniversitede bulunan bir kimya laboratuvarının, banyolarımızda kullanabileceğimiz tek bir çip boyutuna indirgeneceği anlamına gelir.

Massachusetts Genel Hastanesi'ndeki[62] doktorlar, bugün piyasada bulunanlardan en az 100 kat daha güçlü olan kendi özel yapım biyo-çiplerini yarattılar. Kan dolaşımımızdaki tümör hücrelerinin (CTC)[63] normal kan hücrelerine oranı genelde bir milyonda birden daha düşüktür, ama bu CTC'ler çoğalırlarsa en sonunda bizi öldürürler. Bu yeni biyo-çipler, kanda dolaşan bir milyarda bir oranındaki CTC'leri bulmaya yetecek kadar hassastırlar. Sonuç olarak bu çipin, bir çay kaşığı kadar az bir kanı analiz ederek akciğer, prostat, pankreas ve rektum[64] kanser hücrelerini tespit edebildiği gösterilmiştir.

Standart oyma teknolojisi ile her biri 100 mikron[65] uzunluğunda, 78.000 mikroskobik kazık/kanca[66] içeren çipler yapılabiliyor. Bunlar bir elektron mikroskobu altında bir yuvarlak kanca ormanına benzerler. Her bir kanca, EpCAM[67] molekülünün bir antikoru[68] ile kaplıdır. Normal hücrelerde olmayan EpCAM birçok tip kanser hücresinde bulunur; kanser hücrelerinin tümör oluşturma aşamasındaki haberleşmeleri için çok gereklidir.

---

[61] *the University of Toronto*

[62] *Massachusetts General Hospital*

[63] *circulating tumor cells (CTS)*: kan dolaşımındaki [biyo-işaretçi] tümör hücreleri. (ç.n.)

[64] *colorectal cancer*: rectum (makat) kanseri. (ç.n.)

[65] *micron*: metrenin milyonda biri. (ç.n.)

[66] *peg*

[67] *the epithelial cell adhesion molecule*: *epitel hücre tutunma molekülü* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[68] *antibody*: Y şeklinde, büyük, bağışıklık sisteminin bakteri ve virüs gibi vücuda yabancı maddeleri tespit ve yok etmede kullandığı protein. (ç.n.)

Kan çip içinden geçirilirse CTC hücreleri yuvarlak kancalara takılırlar. Bu çip, klinik testlerde 116 hastanın 115'indeki kanser vakasını başarıyla tespit etti.

Bir çip üzerindeki bu laboratuvarların artması hastalık teşhis maliyetlerini de kökünden etkileyecektir. Halihazırda, bir doku analizi[69] ya da kimyasal analiz bir-iki bin liraya mal olabiliyor, üstelik birkaç hafta sürebiliyor. Gelecekte ise birkaç kuruşa mal olabilecek ve bir-iki dakika alacak. Bu, kanser tanılarındaki hızı ve kolaylığı kökten değiştirebilir. Dişlerimizi her fırçaladığımızda, kanser de dahil olmak üzere, birçok çeşit hastalığa karşı kapsamlı bir sağlık taraması yapmış olacağız.

Washington Üniversitesi'nden[70] Leroy Hood ve meslektaşları, 4 santimetre kadar bir genişliği olan, tek bir kan damlasında bulunan belirli proteinleri test edebilen bir çip yarattılar. Proteinler hayatın yapı taşlarıdır. Kaslarımız, derimiz, saçımız, hormonlarımız ve enzimlerimiz, istisnasız hepsi proteinlerden yapılmışlardır. Kanser gibi hastalıklardan kaynaklanan proteinleri tespit etmek vücudumuz için bir erken uyarı sistemi sonucunu doğurabilir. Bu çip halihazırda yirmi kuruşa mal oluyor ve belirli bir proteini on dakika içinde tespit edebiliyor ve sonuçta bir önceki sistemden birkaç milyon kez daha etkilidir. Hood, bir çipin yüzbinlerce proteini süratle analiz edebileceği, bizleri birçok çeşit hastalığa karşı, ciddi bir hal almadan çok daha önce uyaracağı günleri tasavvur ediyor.

Karbon Nanotüpler

Karbon nanotüpler, nanoteknoloji gücünün bir ön gösterimidir. Prensipte, karbon nanotüpler çelikten daha sağlamdırlar ve ayrıca elektriği de iletebilirler, dolayısıyla karbon-tabanlı bilgisayarlar bir olasılıktır. Çok kuvvetli olmalarına karşın, yapısal olarak saf olmak zorunluluğu bu nanotüplerin ciddi bir problemidir ve üstelik en uzun saf karbon fiber ancak birkaç santimetre uzunluğundadır. Ancak bir gün, tüm bilgisayarlar karbon nanotüplerden ve diğer moleküler yapılardan oluşabilir.

---

[69] *biopsy*
[70] *the University of Washington*

Karbon nanotüpler, bir tüp şekli oluşturacak biçimde bağ yapan tekil karbon atomlarından oluşur. Her bir ek yerinin bir karbon atomu olduğu bir kümes teli hayal edin. Şimdi de kümes telini bir tüp şeklini alacak şekilde yuvarlayın, elde ettiğiniz bir karbon nanotüp geometrisidir. Bacanızdaki her kurum oluşumunda, karbon nanotüpler de ortaya çıkarlar, ama bilim insanları karbon atomlarının böyle yeni bir şekilde bağ yapabildiklerini daha önce hiç fark etmemişlerdi.

Karbon nanotüpler neredeyse mucize özelliklerini atomik yapılarının gücüne borçludurlar. Kaya ya da odun gibi katı bir madde parçasını analiz ettiğinizde, asıl incelediğiniz devasa bir içiçe geçmiş yapılar bileşimidir. Bu bileşim içinde, onun kırılmasına neden olacak küçük çatlatlar yaratmak kolaydır. Yani, bir maddenin dayanıklılığı onun moleküler yapısındaki bozukluklara bağlıdır. Örneğin, grafit saf karbondan meydana gelmiştir, ama birbiri üzerinden kayabilen katmanlardan oluştuğundan, had safhada yumuşaktır. Her bir katman karbon atomlarından oluşur ve her bir karbon atomu üç başka karbon atomuyla bağ yapar.

Elmaslar da saf karbondan oluşurlar, ama doğal olarak meydana gelen en güçlü mineraldirler. Elmaslardaki karbon atomları, birbirine sıkıca kenetli kristal yapılar halinde düzenlenmişlerdir; onları olağanüstü dayanıklı kılan bu özel yapılarıdır. Benzer şekilde, karbon nanotüpler de o harika özelliklerini düzenli atom yapılarına borçludurlar.

Karbon nanotüpler şimdiden endüstride kendilerine yer açıyorlar. İletkenlikleri nedeniyle, büyük miktarlarda elektrik gücü taşıyabilecek kablolar yapılmasında kullanılabilirler. Dayanıklılıkları sayesinde, Kevlar'dan[71] daha güçlü maddelerin üretilmesinde kullanılabilirler.

Ancak, karbonun belki de en önemli uygulaması bilgisayar alanında olacak. Karbon, en nihayetinde bilgisayar teknolojisinin temeli olarak silikonun yerini alacak birkaç adaydan biridir. Dünya ekonomisinin geleceği en sonunda şu soruya bağlı olacak: Silikonun yerine ne geçecek?

---

[71] *Kevlar*: miğfer, çelik yelek, yanmayan giysi, zırh, güçlü hâlât yapımlarında kullanılan, karbon-bazlı, çok dayanıklı liflerden meydana gelen özel bir malzeme. (ç.n.)

Silikon Sonrası Dönem

Daha önce bahsettiğimiz gibi, bilgi devriminin temellerinden biri olan Moore yasası sonsuza kadar geçerli olamaz. Dünya ekonomisinin geleceği ve ulusların kaderi, eninde sonunda hangi ulusun ilk olarak silikonun yerine geçecek uygun bir malzeme bulacağına bağlı olabilir.

"Moore yasası ne zaman çökecek?" sorusu bile tüm dünya ekonomisinin tüylerinin diken diken olmasına yetiyor. 2007'de Gordon Moore'a, kendi adını taşıyan bu ünlü yasanın sonsuza kadar geçerli olup olmayacağı soruldu. Elbette hayır dedi ve on ila onbeş yıl içinde geçerliliğini yitireceğini tahmin etti.

Bu kaba değerlendirme, Intel'in tüm dış araştırmalarından sorumlu Paolo Gargini'nin daha önce yaptığı tahminle uyuşuyordu. Intel Şirketi[72] tüm yarı-iletken endüstrisinin temposunu belirlediğinden, Gargini'nin sözleri can kulağıyla dinlenirdi. 2004'teki yıllık Semicon West[73] konferansında şöyle demişti: "En az bir onbeş-yirmi yıl daha Moore yasası ile kalmaya devam edebileceğimizi düşünüyoruz."

Silikon tabanlı bilgisayarlardaki şu anki devrimin arkasındaki en önemli güç, mor ötesi ışığın bir silikon levha üzerinde gittikçe küçülen transistörler oyabilme yeteneğidir. Bugün bir Pentium çip, başparmağınızın tırnağı boyutundaki bir levha üzerinde birkaç yüz milyon transistöre sahiptir. Mor ötesi ışığın dalga boyu 10 nanometre[74] kadar küçük olabileceğinden, oyma teknikleriyle ancak otuz atom boyutunda bileşenler yapabilmek mümkündür. Ancak bu süreç sonsuza dek süremez. Er ya da geç, birkaç nedenle, bu süreç çökecektir.

İlk neden, güçlü çiplerin yarattığı ısının onları eritecek olmasıdır. Gerçekçi olmayan bir çözüm, çip pullarını üst üste yığarak küp şeklinde bir çip üretmektir. Bu, çipin işlem yapma gücünü, daha çok ısı üretme pahasına, arttıracaktır. Bu kübik çiplerin ısısı o kadar aşırıdır ki, üzerlerinde yumurta pişirebilir-

---

[72] *the Intel Corporation*

[73] 1971'den beri düzenlenen, çok meşhur, yarı-iletken teknolojiler üzerine yapılan konferanslar. (ç.n.)

[74] naonometre, metrenin milyarda biridir. (ç.n.)

siniz. Problem basit: Kübik çiplerde onları soğutmaya yetecek bir yüzey alanının olmaması. Genelde, sıcak bir çip üzerinden soğuk su ya da hava geçirirseniz, çipin yüzey teması ne kadar fazlaysa o kadar büyük soğutma etkisi elde edersiniz. Ancak, kübik bir çipiniz varsa yüzey alanı bunun için yeterli değildir. Örneğin, bir kübik çipin büyüklüğünü ikiye katlarsanız, ürettiği ısı sekiz kat yukarı çıkar (çünkü küp sekiz kat fazla elektriksel bileşen içerir), kübün yüzey alanı yalnızca dört kat artar. Yani, kübik bir çipte ortaya çıkan ısı, çipin soğutabilme yeteneğinden daha hızlı artar. Kübik çip ne kadar büyükse onu soğutmak o kadar zordur. Sonuç olarak, kübik çipler probleme kısmi ve geçici bir çözüm sağlarlar.

Bazıları devreleri oymak için mor ötesi ışık yerine X-ışınları kullanmayı önerdiler. Prensipte bu çalışabilir; çünkü X-ışınlarının dalga boyları mor ötesi ışığın dalga boyundan 100 kat daha az olabilir. Ancak, bunun için başka bir şeyden vazgeçmek gerekir. Mor ötesi ışıktan X-ışınına geçiş yaparsanız, ışık demetinin enerjisini de 100 kat kadar arttırırsınız. Bu ise X-ışınları ile oyma yaparken, şekillendirmeye çalıştığınız silikon yongasına zarar verebilirsiniz anlamına gelir. X-ışını ile baskı yapmak,[75] narin bir heykeli bir alev/pürmüz lambası ile yapmaya çalışan bir sanatçıyla karşılaştırılabilir. X-ışını ile baskı çok kontrollü yapılmak zorundadır ve bu nedenle X-ışını ile baskı yapmak yalnızca kısa vadeli bir çözüm olabilir.

İkinci neden, kuantum kuramının ortaya koyduğu temel bir problemin olmasıdır: Bu, bir atomun ya da parçacığın konumunu *ve* hızını *aynı anda* kesin olarak bilemezsiniz diyen belirsizlik ilkesidir.[76] Bugünün Pentium çipinde otuz atom civarı bir kalınlığa sahip bir katman olabilir. 2020'ye gelindiğinde, bu katman beş atom boyunda olabilir, böylece elektronun yeri belirsizleşir ve katman dışına sızmaya başlar ve bu da kısa devreye neden olur. Bu nedenle, silikon bir transistörün ne kadar küçük olabileceğine ilişkin bir kuantum sınırı vardır.

Daha önce bahsettiğim gibi, bir defasında Seattle'daki genel merkezlerinde, Microsoft'un 3000 üst düzey mühendisine yöne-

---

[75] *X-ray lithography*

[76] *the uncertainty principle*

lik büyük bir konferansın açılış konuşmasını yapmış, Moore yasasının yavaşlaması problemine dikkat çekmiştim. Bu üst düzey yazılım mühendisleri, artık bu problemi çok ciddiye aldıklarını söylemişlerdi; paralel işlem yapma[77] yönteminin, bilgisayar işlem yapma gücünü arttırma çareleri arasında en öne çıkanlardan biri olduğunu bana aktarmışlardı. Bu problemi çözmenin en kolay yolu, bir seri çipi paralel olarak bağlamaktır; böylece, bir bilgisayar problemi önce parçalara bölünür ve en sonunda tekrar bir araya getirilir.

Paralel işlem yapma, kendi beynimizin çalışma şeklinin anahtar noktalarından biridir. Beyin düşünürken onun bir MRI[78] taramasını yaparsanız, beynin çeşitli bölgelerinin aynı anda aydınlandığını görürsünüz; bu, beynin bir işi ufak parçalara ayırdığı ve her bir parçayı aynı anda işlediği anlamına gelir. Bu, elektrik mesajlarını saatte 320 kilometre gibi çıldırtıcı bir yavaşlıkta taşıyan nöronların, mesajların neredeyse ışık hızında[79] hareket ettiği bir süperbilgisayardan daha üstün olma nedenini açıklar. Beynimiz hızdan yoksundur ama milyarlarca ufak işlemi aynı anda yapar ve en sonunda onları üst üste ekler.

Paralel işlem yapmaktaki zorluk her problemin ufak parçalara ayrılma zorunluluğudur. Her bir parça farklı çipler tarafından işlenir ve en sonunda problem tekrar bir araya getirilir. Bu parçalara ayırma işinin koordinasyonu, problemin kendisine bağlı olarak, muazzam derecede karışık olabilir, bu da genel bir yöntem bulunmasını çok zorlaştırır. İnsan beyni bunu hiçbir çaba göstermeden yapar, ama Doğa Ana'nın bu problemi çözmesi için milyonlarca yıllık bir zamanı olmuştu. Yazılım mühendislerininse ancak bir onyıl kadar zamanları var.

Atomik Transistörler

Tekil atomlardan yapılmış transistörler, silikon çiplerin yerine geçmesi mümkün olan yapılardan biridir. Çip içindeki teller ve katmanlar atom boyutlarına düşünce, silikon transistörler çu-

---

[77] *parallel processing*

[78] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.).

[79] ışığın hızı *saniyede* 300.000 kilometredir! (ç.n.)

vallayacaklarsa neden her şeye sıfırdan başlayıp atomlarla hesap yapmayalım ki?

Bunu gèrçekleştirmenin bir yolu moleküler transistörlerdir. Bir transistör, bir tel boyunca akan elektriği kontrol etmenize olanak sağlayan bir anahtardır. Bir silikon transistörü, *rotaxane*[80] ve *benzenethiol* gibi kimyasallardan yapılmış, tek bir molekül ile değiştirmek mümkündür. Bir benzenethiol molekülüne baktığınızda, bir ucunda bir "kolu" ya da vanası olan, orta kısmı atomlardan meydana gelmiş uzun bir tüp gibi bir yapı görürsünüz. Elektrik normalde tüpten aşağı doğru akar, bu onu iletken yapar. Öte yandan elektrik akışını kesen "kolu" çevirmek de mümkündür. Bu yolla tüm molekül, elektrik akışını kontrol edebilen anahtar gibi davranır. Bir konumda, kol elektriğin akışına izin verir ve bu "1" sayısını temsil edebilir. Kol çevrilir de elektrik akışı durdurulursa bu "0" sayısını temsil eder. Böylelikle, bu moleküller kullanılarak dijital/sayısal mesajlar gönderilebilir.

Moleküler transistörler halihazırda mevcutturlar. Birkaç kuruluş tekil moleküllerden yapılma transistörler yarattıklarını ilan etmiş durumdalar. Bunların ticari hale gelebilmeleri için, bunların birbirlerine doğru bir şekilde bağlanabilmeleri ve seri olarak üretilebilmeleri gerekir.

Moleküler transistör için gelecek vaat eden bir aday, Manchester Üniversitesi'nden[81] Andre Geim ve Kostya Novoselov tarafından 2004 yılında grafitten[82] ilk defa izole edilen, grafen[83] olarak bilinen bir maddeden gelir. Bu araştırmacılar bu çalışmaları için Nobel Ödülü kazanmışlardır. Grafen, grafitin tek bir tabakası gibidir. Yuvarlanarak uzun, dar tüpler haline getirilmiş karbon tabakalarından ibaret karbon nanotüplerin aksine, grafen, kalınlığı bir atomdan fazla olmayan, *tek* bir karbon tabakasından oluşur. Karbon nanotüpler gibi, grafen de maddenin yeni bir durumu, fazıdır ve bu nedenle bilim insanları,

---

[80] halter şeklinde bir molekül ile yüzük şeklindeki başka bir molekülün içiçe geçtiği bir yapı. (ç.n.)

[81] *the University of Manchester*

[82] *graphite*

[83] *graphene*

elektriği iletme dâhil, onun olağanüstü özelliklerini en küçük ayrıntısına kadar öğrenmeye çalışıyorlar. "Fizikçinin bakış açısından, grafen bir altın madenidir. Onu asırlarca çalışabilirsiniz." diye söylüyor Novoselov. (Grafen aynı zamanda, bilimde şimdiye dek test edilmiş en dayanıklı malzemedir. Bir fili bir kalem üzerine yerleştirseydiniz ve kalemi tek bir grafen tabakası üzerinde dengeye getirseydiniz, grafenin yırtılmadığını görürdünüz.)

Novoselov'un ekibi, şimdiye kadar yapılmış en küçük transistörleri yapabilmek için bilgisayar endüstrisindeki standart teknikleri uyguladı. Dar elektron demetleri grafende kanallar oyabiliyorlar ve bir atom kalınlığında ve on atom genişliğinde, dünyanın en küçük transistörünü yapıyorlar. (Şu anda, en küçük transistörler 30 nanometre civarı bir büyüklüğe sahiptirler. Novoselov'un en küçük transistörü bundan otuz defa daha küçüktür.)

Bu grafen transistörleri çok küçüktürler ve aslında, moleküler transistörler için mümkün olan en son limiti temsil ederler. Daha da ufağına inilirse belirsizlik ilkesi[84] devreye girecek, elektronlar transistörden dışarı sızacaklar ve özelliklerini kaybedecekler. "Elde edebileceğiniz en küçük [transistör] budur." diye konuşur Novoselov.

Moleküler transistörler için birkaç gelecek vaat eden aday olmasına karşın, gerçek problem biraz daha dünyevidir, sıradandır: Bunları birbirlerine nasıl bağlayacağız ve ticari bir ürün haline gelebilmeleri için bunları nasıl bir araya getireceğiz? Tek bir moleküler transistör yaratmak yeterli değildir. Bir insan saçından binlerce kez daha ince olabildiklerinden, moleküler transistörlere müdahale edebilmek, herkesin bildiği üzere, çok zordur. Onları seri olarak üretme yolları hakkında düşünmek kâbus gibi bir şeydir. Halihazırda, böyle bir teknoloji hâlâ mevcut değildir.

Örneğin, grafen o kadar yeni bir malzemedir ki, bilim insanları henüz bundan nasıl büyük miktarlarda üretebileceklerini bilmiyorlar. Bilim insanları ancak 0,1 milimetrelik saf grafen üretebiliyorlar, bu miktar ticari kullanım için çok küçüktür.

---

[84] *the uncertainty principle*

Grafen transistör için bir umut, onun kendi kendini oluşturabileceği bir yöntemin bulunabilmesidir. Bazen doğada, sanki sihirli bir el tarafından kusursuz bir desen halinde bir araya getirilmiş molekül dizileri görürüz. Şimdiye kadar, hiç kimse bu sihiri güvenilir bir şekilde tekrar yaratamadı.

Kuantum Bilgisayarlar

Gerçekleşmesi en çok arzulanan tasarı kuantum bilgisayarlarını kullanabilmektir. Böyle bir bilgisayar aslında tekil atomlara dayanarak hesap yapar. Atom, üzerine hesap yapılabilecek en küçük birim olduğundan, bazıları kuantum bilgisayarların üretebileceğimiz nihai bilgisayarlar olacağını iddia ediyorlar.

Atom [kendi etrafında] dönen bir fırıldağa[85] benzer. Fırıldakları kullanarak normal bir şekilde sayısal bilgi depolayabilirsiniz; fırıldağın baş yukarı dönmesini "0" sayısı ile baş aşağı dönmesini "1" sayısı ile temsil edebilirsiniz. Eğer fırıldağı ters çevirirseniz, "0" sayısını "1" sayısına çevirmiş olursunuz ve sonuçta bir hesap yapmış olursunuz.

Ama kuantumun tuhaf dünyasında, bir atom, bir bakıma, *aynı anda* hem baş yukarı hem de baş aşağı döner. (Kuantum dünyasında aynı anda ayrı yerlerde olmak sık rastlanılan bir durumdur.) Dolayısıyla, bir atom 0 ve 1'den daha fazla bilgiyi ihtiva edebilir; 0 ve 1'in bir karışımını ifade edebilir. Yani, kuantum bilgisayarlar bit[86] yerine qubit[87] kullanırlar. Bir qubit, örneğin, %25 baş yukarı dönmeyi, %75 de baş aşağı dönmeyi temsil edebilir. Bu yolla, [kendi etrafında] dönen bir atom[88] tek bir bitten çok daha fazla bilgiyi depolayabilir.

Kuantum bilgisayarlar o kadar güçlüdürler ki, CIA[89] bunların şifre çözümleme potansiyelleriyle yakından ilgilenmektedir.

---

[85] *spinning top*

[86] bir bit, ya 1 ya da 0 olmak *zorundadır*. (ç.n.)

[87] *qubit, quantum bit*; bir qubit, 1 *olabilir*, 0 *olabilir*, ya da *aynı anda* 1 ve 0'ın bir karışımı *olabilir*. (ç.n.)

[88] aslında "dönen" bir şey yoktur; buradaki anlatım, anlamayı kolaylaştıran "klasik" fizik terimleri yoluyla yapılıyor. (ç.n.)

[89] *the Central Intelligence Agency*: [Amerika Birleşik Devletleri] Merkezi İstihbarat Teşkilatı. (ç.n.)

CIA başka bir devletin şifresini çözmeye çalışırken, önce şifrenin anahtarını arar. Devletler mesajlarını şifreleyecek anahtarı oluşturmak için çok yaratıcı yöntemler geliştirmişlerdir. Örnek vermek gerekirse şifre anahtarı büyük bir sayıyı çarpanlarına ayırmaya dayanabilir. 21 sayısını 3 ve 7'nin çarpımı olarak çarpanlarına ayırmak kolaydır. Şimdi de, elimizde 100 rakamlık bir tam sayı olduğunu farz edelim ve bir bilgisayardan bu sayıyı herhangi iki tam sayının çarpımı olarak yazmasını isteyelim. Sayısal bir bilgisayarın bu sayıyı çarpanlarına ayırabilmesi bir yüzyıl sürebilir. Öte yandan bir kuantum bilgisayar o kadar güçlüdür ki, prensipte böyle bir şifreyi hiçbir çaba harcamadan kırabilir. Böylesine devasa işlerde, bir kuantum bilgisayar standart bir bilgisayarı çabucak geride bırakır.

Kuantum bilgisayarlar bilimkurgu değillerdir, aksine günümüzde bilfiil mevcutturlar. İşin doğrusu, bu alandaki öncülerden biri olan Seth Lloyd'u MIT'deki[90] laboratuvarında ziyaret ettiğimde bir kuantum bilgisayarı kendi gözlerimle görme şansım oldu. Laboratuvarı bilgisayarlarla, vakum pompalarıyla ve alıcılarla doludur, ama deneyinin kalbi, standart bir MRI[91] cihazına benzeyen makinedir, yalnızca çok daha küçüktür. Bir MRI cihazında olduğu gibi, onun cihazında da, aralarındaki boşlukta düzgün bir manyetik alan yaratan iki büyük tel bobin vardır. Bu düzgün manyetik alan içine örnek malzeme yerleştirilir. Malzeme içindeki atomlar dönen fırıldaklar gibi aynı doğrultuda hizalanırlar. Atomun baş yukarı olması "0" sayısına karşılık gelir. Eğer baş aşağıysa bu da "1" sayısına karşılık gelir. Sonra malzeme içine, atomların dizilimini değiştiren elektromanyetik bir darbe dalgası gönderilir. Bazı atomlar ters çevrilirler, böylece bir "1" sayısı bir "0" sayısına döner. Bu yolla, makine bir hesap yapmış olur.

Öyleyse neden masalarımızın üzerinde, evrenin sırlarını çözen kuantum bilgisayarlarımız yok? Lloyd bana, kuantum bilgisayarlar üzerine yapılan araştırmaların yoluna taş koyan gerçek problemin dış dünyadan gelen ve bu atomların hassas özelliklerini alt üst eden parazitler/bozulmalar olduğunu itiraf etti.

---

[90] *the Massachusetts Institute of Technology*

[91] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

Atomlar "ahenkli"[92] olduklarında, yani birbirleriyle aynı fazda titreştiklerinde ("eş-fazlı" olduklarında), dış dünyadan gelen en ufak bir parazit bu nazik dengeyi ortadan kaldırır ve atomların "ahengini bozar"[93] atomlar daha fazla aynı fazda titreşemezler. Kozmik bir ışının geçişi ya da laboratuvar dışındaki bir kamyonun gürültüsü bile, bu atomların hassas dönme dizilimini bozabilir ve bu da yapılmakta olan hesabı mahveder.

Bu aynı fazda titreşememe problemi, tek başına, kuantum bilgisayarların yaratılmasının önündeki en büyük engeldir. Bu problemi çözebilen herhangi bir kişi Nobel Ödülü'nü kazanmakla kalmaz, Dünya üzerindeki en zengin adam olur.

Sizin de kafanızda canlandırabileceğiniz gibi, tekil eş-fazlı atomlardan kuantum bilgisayar yaratmak çok meşakkatli bir süreçtir; çünkü bu atomlar süratle eş-fazlı durumdan çıkacaklar, "faz-dışı"[94] olacaklardır. Bir kuantum bilgisayarın şimdiye kadar yaptığı dünyanın en karışık hesabı 3x5=15 işlemidir. Bu, göze çok bir şeymiş gibi gelmeyebilir, ama bu hesabın tekil atomlar kullanılarak yapıldığını göz önüne alırsanız, yapılan işin ne kadar değerli olduğunu kolaylıkla takdir edebilirsiniz.

Buna ek olarak, kuantum kuramından gelen ve yine belirsizlik ilkesine[95] dayanan, tuhaf bir karışıklık var. Bir kuantum bilgisayarda yapılan tüm işlem sonuçları belirsizdir, dolayısıyla işlemi defalarca tekrarlamak zorundasınız. Yani, 2+2 işleminin sonucu en azından *bazen* 4'tür. Eğer 2+2 işlemini birkaç kez tekrarlarsanız, cevabı *ortalama olarak* 4 bulursunuz. Sonuç olarak, bir kuantum bilgisayarda sıradan aritmetik işlemi bile bulanıklaşır.[96]

Faz-dışı kalma probleminin ne zaman çözülebileceğini hiç kimse bilmiyor. İnternetin ilk yaratıcılarından biri olan Vint Cerf, "2050'ye geldiğimizde, oda sıcaklığında çalışan kuantum bilgisayarını yapabilmenin yollarını muhakkak bulmuş olacağız." diye tahmin yürütüyor.

---

[92] *coherent*
[93] *decoherence*
[94] *decoherent*
[95] *the uncertainty principle*
[96] *fuzzy*

Kuantum bilgisayar işi çok risklidir ve sonuçları ağır olabilir, bu nedenle bilim insanlarının çeşitli bilgisayar tasarımları üzerine de çalıştıklarını ifade etmeliyiz. Rekabet halindeki bazı tasarımlar şunlardır:

- **optik bilgisayarlar:** Bu bilgisayarlar, hesaplarını elektronlara değil, ışık demetlerine dayandırırlar. Işık demetleri birbirlerinin içinden geçebildiklerinden, optik bilgisayarlar, arada bağlantı telleri olmadan, kübik olabilme avantajına sahiptirler. Öte yandan, lazerler, sıradan transistörlerin üretiminde kullanılan baskı tekniklerinin[97] aynısı kullanılarak üretilebilirler, dolayısıyla bir çip içine, teoride, milyonlarca lazer istiflenebilir.
- **kuantum-nokta[98] bilgisayarları:** Çiplerde kullanılan yarı-iletkenler, halihazırdaki oyma teknikleriyle, muhtemelen 100 kadar atom içeren, çok küçük noktalar haline getirilebilirler. Tam bu aşamada, bu atomlar hep birlikte hareket etmeye başlarlar. Dünya'nın en küçük kuantum noktası 2009 yılında tek bir elektrondan meydana getirildi. Bu kuantum noktaları şimdiden LED'lerde[99] ve bilgisayar ekranlarında değerlerini kanıtlamışlardır. Gelecekte, bu kuantum noktaları doğru bir şekilde düzenlenebilirlerse bir kuantum bilgisayarı bile yaratabilirler.
- **DNA bilgisayarları:** DNA moleküllerinden yapılan ilk bilgisayar 1994 yılında Southern California Üniversitesi'nde[100] yaratıldı. DNA'nın bir kordonu, bilgiyi 0'lar ve 1'ler yerine A,T,C,G harfleriyle temsil edilen amino asitlerle şifrelediğinden, DNA, daha çok bilgi depolayabilmesi haricinde, sıradan bir bilgisayar kasedi gibi görülebilir. Nasıl bir bilgisayar büyük bir dijital sayıyı manipüle edebiliyor ve onu yeniden düzenleyebiliyorsa aynı şekilde, benzer işlemler (çeşitli şekillerde kesilip birbirine eklenebilen) DNA içeren sıvı tüplerinin karıştırılmasıyla da

---

[97] *lithography*
[98] quantum dot
[99] *light-emitting diode*: ışık yayan diyot. (ç.n.)
[100] *the University of Southern California*

yerine getirilebilir. Bunda süreç yavaştır, ama aynı anda hareket eden trilyonlarca DNA molekülü vardır; bu nedenle bir DNA bilgisayarı, bazı hesaplamaları sayısal bir bilgisayardan daha rahat sonuca ulaştırabilir. Sayısal bir bilgisayar oldukça kullanışlıdır ve cep telefonunuzun içine yerleştirilebilir; DNA içeren sıvı tüpleriyle karmakarışık olan DNA bilgisayarları ise çok daha hantaldırlar.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Şekil Değiştirmek

Terminator 2: Judgment Day[101] filminde, Arnold Schwarzenegger'e, T-1000 denilen, sıvı metalden yapılma, gelecekten gelen gelişmiş bir robot saldırır. Kıpır kıpır bir civa kütlesine benziyordu; şeklini değiştirebiliyor, herhangi bir engelin içinden kayıp geçebiliyordu. En ufak çatlaklardan sızabiliyor, ellerini ve ayaklarını yeniden şekillendirerek, ölümcül bir silah haline gelebiliyordu. Birden orijinal şekline geri dönüyor, caniliğine kaldığı yerden devam ediyordu. T-1000 durdurulamaz görünüyordu, mükemmel bir ölüm makinesiydi.

Bunun hepsi bilimkurguydu, elbette. Bugünün teknolojisi, size katı bir nesneyi canınız istediği zaman değiştirme olanağı tanımaz. Ancak, yüzyıl ortasına geldiğimizde, bu şekil değiştirme teknolojisinin bir formu rutin hale gelmiş olabilir. Aslına bakılırsa bu teknolojinin peşinde olan başlıca şirketlerden biri Intel'dir.

İşin ilginç yanı, 2050 yılına geldiğimizde, nanoteknolojinin çoğu ürünü her yerde olacak, ama gözlerden ırak bir şekilde. Neredeyse her ürün, moleküler üretim teknikleriyle geliştirilecek, dolayısıyla süper güçlü, dayanıklı, iletken ve esnek olacak. Nanoteknoloji bizi alıcılarla donatacak; bunlar çevreye dağılmış olacaklar, görünmeyecekler, bilinçaltımızda olacaklar, devamlı olarak bizi koruyacaklar ve bize yardım edecekler. Sokaktan aşağı yürüyeceğiz ve her şey bize aynı görünecek, o kadar ki,

---

[101] ülkemizde *Terminatör 2: Kıyamet Günü* adıyla gösterildi. (ç.n.)

nanoteknolojinin etrafımızdaki dünyayı nasıl bu kadar değiştirmiş olduğunu hiçbir zaman bilmeyeceğiz.

Ama nanoteknolojinin bir sonucu olacak ve biz onun farkında olacağız.

Yok Edici[102] katil robot T-1000, programlanabilen madde[103] olarak adlandırılan alanın muhtemelen en çarpıcı örneğidir. Bu alan, bir nesnenin şeklini, rengini ve fiziksel formunu bir düğmeye basarak değiştirmemize olanak sağlayabilir. Temel düzeyde, bir neon lambası bile programlanabilen maddenin bir formudur; çünkü bir düğmeye basarsınız ve bir gaz tüpünün içinden elektrik geçirirsiniz. Elektrik, gaz atomlarını [yüksek enerji seviyelerine] uyarır ve bu atomlar normal durumlarına geri dönerlerken ışık yayarlar. Bunun çok daha ileri bir çeşidi, bilgisayarlarda bulunan LCD[104] ekranlardır. LCD, ufak bir elektrik akımı uygulandığında ışık geçirmez (opak) olan bir sıvı kristal içerir. Bir düğmeye basılarak, sıvı kristal içinden akan elektrik akımı değiştirilebilir ve böylece ekranda renkler ve şekiller yaratılabilir.

Intel'deki bilim insanları çok daha hırslılar. Programlanabilir madde fikrini katı bir nesnenin şeklini, bilimkurgunun aksine, gerçekten değiştirmek için kullanmayı düşünüyorlar. Fikirleri basit: Küçük bir kum tanesi şeklinde bir bilgisayar çipi yaratmak. Bu akıllı kum taneleri, yüzeylerindeki elektrik yükünün değiştirilmesine olanak tanıyacaklar, böylece bu tanecikler birbirlerini çekebilecek ve itebilecekler. Bir grup yükle, bu taneler belirli bir düzende dizilebilecekler. Ancak, bu tanecikleri yeniden programlayabilecek ve elektrik yüklerini değiştirebileceksiniz. Bu tanecikler kendilerini derhal yeniden düzenleyecekler ve tamamen farklı bir şekil alacaklar. Bu tanecikler "catoms"[105] olarak adlandırılıyorlar; çünkü bunlar, atomlar gibi, yalnızca yüklerini değiştirerek çok çeşitli nesneler meydana getirebilir-

---

[102] *the Terminator*

[103] *programmable matter*

[104] *liquid crystal display*: sıvı kristal ekran. (ç.n.)

[105] *catoms, claytronic atoms*: bunu dilimize çevirmek zor, yine de *kil-tronik atomlar* ya da *toprak-tronik atomlar* diye zorlama karşılıklar bulunabilir; "catom" sözcüğünü "katom" olarak okuyabilirsiniz. (ç.n.)

ler. (Programlanabilir maddeler ile 2. Bölüm'de gördüğümüz modüler[106] robotlar arasında birçok benzerlik vardır. Modüler robotlar kendilerini yeniden düzenleyebilen, 5 santimetre civarında akıllı bloklar içerirler; programlanabilir maddelerde ise bu yapı taşları milimetre altına ve ötesine indirgenmiştir.)

Bu teknolojinin başlatıcılarından biri, Intel'de kıdemli bir araştırmacı olan Jason Campbell'dir. Diyor ki, "Taşınabilir bir cihaz düşünün. Benim cep telefonum cebime rahatça sığmayacak kadar büyük ama parmaklarım için çok küçük. Bu durum, film seyretmeye ya da e-posta atmaya çalışırsam daha da kötüleşiyor. Oysa 200-300 mililitre catoma sahip olsaydım, onları o an ihtiyacım olan cihaz şekline dönüştürebilirdim." Bir an için, elimde bir cep telefonu var. Bir sonraki anda ise telefon başka bir şeye dönüşüyor. Böylelikle çok fazla elektronik eşya taşımak zorunda kalmıyorum. Intel şimdiden laboratuvarlarında 2,5 santimetre civarında bir catom dizisine sahiptir. Catom, yüzeylerine düzgünce dağılmış çok fazla sayıda minik elektrodu olan bir küpe benzer. Catomu eşsiz kılan, her bir elektrodun yükünü değiştirebilmeniz ve böylece onları farklı konumlarda birbirlerine bağlayabilmenizdir. Belirli bir yük grubu için, bu küpler çok daha büyük bir küpü yaratmak için bir araya gelebilirler. Her bir küpün elektrodlarındaki yükü değiştirin, catomlar parçalara ayrılacaklar ve hızlıca tamamen farklı bir şekle, örneğin bir kayık şekline, bürüneceklerdir.

Burada bütün sorun, her bir catomu kum tanesi büyüklüğüne ve hatta ötesine, küçültebilmektir. Silikon-oyma teknikleri bir gün bize, bir hücre kadar küçük catomlar yaratabilme olanağı tanırlarsa işte o zaman yalnızca bir düğmeye basarak, bir şekli bir diğerine gerçekten dönüştürebiliriz. Intel'de kıdemli bir araştırmacı olan Justin Rattner, "Önümüzdeki kırk yıl içinde, bu sıradan bir teknoloji olacak" diyor. Bunun doğrudan uygulaması, otomobil tasarımcıları, hava mühendisleri, sanatçılar, mimarlar ve projelerinin üç boyutlu modellerini tasarlamak ve sürekli olarak bu modellerde değişiklik yapmak zorunda olan herkes için mümkün olacak.

---

[106] *modular*: birimsel, yapılacak işe özel. (ç.n.)

Dört kapılı bir sedan araba modeliniz varsa örneğin, kalıbı tutacak ve biraz sıkıştıracaksınız, kalıp aniden bir kısa kasa hatchback'e dönüşecek. Kalıbı biraz uzatınca, bir spor arabaya dönüşecek. Bu, hiçbir hafızası ya da zekâsı olmayan kil kalıptan çok daha üstündür. Programlanabilir maddenin zekâsı vardır, önceki şekillerini hatırlayabilir, yeni fikirlere adapte olabilir ve tasarımcının arzularına yanıt verebilir. Kalıp tamamlanır tamamlanmaz, tasarım diğer tasarımcıların binlercesine e-postayla gönderilebilir, onlar da kalıbın tastamam özdeş kopyalarını yaratabilirler.

Bunun tüketici ürünleri üzerinde çok derin etkileri olabilir. Örneğin, oyuncaklar, yeni bir yazılım eklenerek şekil değiştirmeye programlanabilirler. Böylece, Noel'de yalnızca yeni bir oyuncağın yazılımını [internetten] indirmeniz yeterli olacak; eski oyuncağı yeniden programlayacaksınız ve tamamen yeni bir oyuncak ortaya çıkacak. Çocuklar Noel'i ağaç altında hediyelerini açarak değil, Noel Baba'nın onlara favori oyuncakları için e-postayla gönderdiği yazılımı indirerek kutlayacaklar; catomlar da geçen yılın oyuncağını, piyasadaki en janjanlı oyuncak haline sokacaklar. Bu, envai çeşit tüketici ürününün en sonunda internet üzerinden gönderilen yazılım programlarına indirgenecekleri anlamına gelir. Yeni mobilyalarınızın ve eşyalarınızın teslim edilmesi için bir nakliye şirketiyle anlaşmak yerine, internetten basitçe yazılım indirebilir ve eski ürünlerinizi dönüştürerek geri kazanabilirsiniz. Evleri ve apartman dairelerini yenilemek, programlanabilir maddelerle angarya olmaktan çıkacaklar. Mutfağınızdaki çinileri, masa üstlerini, cihazları ve dolapları bir düğmeye basarak basitçe değiştirebilirsiniz.

Bu ayrıca, evdeki atıkları da azaltacaktır. İstemediğiniz bir sürü eşyayı atmak zorunda değilsiniz, tek yapacağınız onları tekrar programlamak. Bir cihaz bozulursa ya da bir mobilya kırılırsa yalnızca onları tekrar programlamak zorundasınız, tekrar gıcır gıcır, yeni olacaklar.

Muazzam bir umut vaat etmesine karşın, Intel ekibinin yüz yüze kaldığı birçok problem de vardır. Bir tanesi, bu milyonlarca catomun hareketlerini nasıl organize edeceğimizdir. Tüm bu

bilgiyi programlanabilir maddeye yüklemeye çalıştığımızda, bant genişliği[107] problemleri olacaktır. Ancak, kestirmeden gidilecek yollar da vardır.

Örneğin, bilimkurgu filmlerinde bir "dönüşüm" görmek, yani, bir insanın ansızın canavara dönüştüğünü görmek, sıradan bir şeydir. Böyle bir şeyi bir film üzerinde yaratmak, çok karışık ve meşakkatli bir işlemdi, ama şimdi bilgisayarlarca kolaylıkla yapılabiliyor. Önce, hem insan hem canavar için, burun ve gözler gibi yüzdeki farklı kilit noktaları işaretleyen belli başlı vektörleri[108] tespit edersiniz. Bir vektör her hareket ettirilişinde, yüz yavaşça değişir. Sonra, bilgisayarlar bu vektörleri bir yüzden diğerine hareket ettirmek için programlanır, böylece bir yüz diğerine yavaşça değişir. Tamamen aynı yolla, üç boyutlu şekil değiştirme yapılırken kestirme yollar kullanmak mümkündür.

Bir başka problem, catomlar arasındaki statik kuvvetlerin çoğu katı maddeyi bir arada tutan atomlar arası kuvvetlere nazaran zayıf olmalarıdır. Daha önce gördüğümüz gibi, kuantum kuvvetler oldukça kuvvetli olabilirler; bunlar metallerin katı özelliklerinden ve plastiğin esnek özelliklerinden sorumludurlar. Bu kuantum kuvvetleri statik elektrik kuvvetlerle kopyalamak ve böylece bu ürünleri kararlı kılmaya çalışmak gelecekte ciddi bir sorun olacaktır.

Programlanabilir madde konusundaki hızlı ve dikkate değer gelişmelere ilk elden tanıklık edebilme şansım oldu. Science Channel[109] set ekibiyle Seth Goldstein'i Carnegie Mellon Üniversitesi'nde[110] ziyaret etmiştim. Laboratuvarında, bir masa üzerine dağılmış, çeşitli boyutlarda, içinde çipler olan büyük küp yığınları görebilirdiniz. Bu küplerden iki tanesinin elektrik kuvvetleriyle birbirlerine sıkıca bağlandıklarını gördüm; Golstein benden onları elimle ayırmaya çalışmamı istedi. Şaşırtıcıydı ama ayıramadım. Bu iki küpü bir arada tutan elektriksel kuv-

---

[107] *bandwidth*

[108] *vector*: nokta, şekil, görüntü taşıyıcı. (ç.n.)

[109] bir bilim kanalı. (ç.n.)

[110] *Carnegie Mellon University*

vetlerin oldukça güçlü olduklarını gördüm. Goldstein, bu elektriksel kuvvetlerin küplerin küçülmesine paralel olarak daha da artacağını belirtti. Beni başka bir laboratuvara götürdü ve orada, bu catomların ne kadar küçük olabileceklerini bana gösterdi. Silikon yongalar üzerine milyonlarca transistörü oymak için kullanılan tekniğin aynısını uygulayarak, milimetreler boyutunda mikroskobik catomlar yapmıştı. Doğrusu o kadar küçüktüler ki, onları net bir şekilde görebilmek için mikroskop kullanmak zorunda kalmıştım. Goldstein en sonunda, neredeyse bir büyücünün aklına gelen herhangi bir şeyi ortaya çıkarıvermesi gibi, catomların elektriksel kuvvetlerini kontrol etmek suretiyle, yalnızca bir düğmeye basarak, onları istediği herhangi bir şekle dönüştürebileceğini umuyor.

Bunun üstüne ona, milyarlarca catoma nasıl ayrıntılı komut verebileceğini ve böylece örneğin bir buzdolabını, bir anda bir fırına dönüştürebileceğini sordum. Bunun bir programcılık kâbusuna benzediğini söyledi. Öte yandan, her bir catoma detaylı bir komutun verilmesine gerek olmadığını ekledi. Her bir catomun yalnızca hangi komşulara bağlanacağını bilmesinin yeterli olduğunu söyledi. Eğer her bir catoma, çok küçük sayıda bir komşu catom grubuna bağlanması talimatı verilirse catomlar kendilerini sihirli bir şekilde karmaşık yapılar halinde düzenleyebilirler. (Bu, bebek beynindeki nöronların, büyüme evresinde, yalnızca kendilerini komşu nöronlara nasıl bağlayacaklarını bilmelerine çok benzer.)

Programlama ve kararlılık problemlerinin çözülebildiğini farz edersek, bu yüzyılın sonunda tüm binaların ve hatta şehirlerin bir düğmeye basılarak ortaya çıkma olasılığı var. Yalnızca binaların yerlerinin planlanması, temellerinin kazılması ve trilyonlarca catomun şehirleri tümden, çöl ya da orman içinde, yaratmalarına geçit verilmesi yeterli olacak.

Öte yandan, Intel mühendisleri, catomların insan şekli alacağı zamanı da tasavvur ediyorlar. "Neden olmasın? Üzerinde düşünmeye değer ilginç bir konu." diyor Rattner. (Bu durumda, belki T-1000 robotu da gerçekleşebilir.)

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Bir Kutsal Kâse:[111] Çoğaltıcı[112]

Nanoteknolojinin taraftarları, 2100 yılına kadar çok daha güçlü bir makine tasavvur ediyorlar: Her şeyi yaratma yeteneğine sahip bir moleküler birleştirici ya da "çoğaltıcı." Muhtemelen bir bulaşık makinesi büyüklüğünde olacak bu makineye temel hammaddeleri atacaksınız ve bir düğmeye basacaksınız. Trilyonlarca nanorobot hammadde üzerinde çalışmaya başlayacak; her biri, hammaddeyi molekül molekül ayırmaya ve sonra tekrar bir araya getirip tamamen yeni bir ürünü ortaya çıkarmaya programlı olacak. Bu makine her şeyi üretebilecek. Çoğaltıcı, mühendisliğin ve bilimin en parlak başarısı, tarih öncesi zamanda elimize aldığımız ilk aletten bu yana giriştiğimiz tüm mücadelelerin nihai doruk noktası olacak.

Çoğaltıcının bir problemi, bir nesneyi kopyalamak için yeniden düzenlenmesi gereken atomların çok, ama çok sayıda olmalarıdır. Örnek vermek gerekirse bir insan bedeninde 50 trilyonun üzerinde hücre ve 10^{26}'yı geçen bir sayıda da atom vardır. Bunlar, insanın hayal bile edemeyeceği kadar büyük sayılardır; yalnızca bu atomların yerlerini depolamak için bile devasa miktarda bir hafıza alanı gerekir.

Ancak, bu problemi aşmanın bir yolu bir nanorobot, hâlâ varsayımsal olan bir moleküler robot, yaratmaktır. Bu nanorobotların birkaç temel özelliği olacak. Birincisi, prensip olarak, eğer bir defa çoğalabilirlerse kendilerinin sınırsız bir sayıda kopyasını yapabilecekler. İşin püf noktası, dolayısıyla, yalnızca ilk nanorobotu yaratabilmektir. İkincisi, molekülleri tanıyabilecekler ve onları tam doğru yerlerinden kesebilecekler. Üçüncüsü, temel bir kodu/kılavuzu esas alarak, bu atomları değişik şekillerde yeniden bir araya getirebilecekler. Sonuçta, 10^{26} atomu yeniden düzenleme işi, her biri atomları tek tek manipüle edecek şekilde tasarlanmış, benzer bir sayıda nanorobotu yap-

---

[111] *the Holy Grail*: "elde etmek ya da başarmak için çok uğraş verilen amaç" anlamında bir deyim. (ç.n.)

[112] *the replicator*

maya indirgeniyor. Bu yolla, insan bedeninde bulunan atomların o çok büyük olan sayısı, göz korkutucu bir engel olmaktan çıkacak. Gerçek problem, yalnızca bu efsanevi robotlardan ilkini yaratmak ve kendi kendine çoğalmasına izin vermektir.

Gelgelim bilim camiasında, bu çok gelişmiş nanofabrikatör hayalinin fiziksel olarak mümkün olup olamayacağı sorusu üzerinde bir ayrışma var. Nanoteknolojinin bir öncüsü ve *The Engines of Creation*[113] kitabının yazarı olan Eric Drexler gibi az sayıda bilim insanı, tüm ürünlerin moleküler seviyede üretildiği, bunun ise bugün yalnızca rüyamızda görebileceğimiz bir mamül bolluğu yaratacağı bir geleceği tasavvur ediyor. Bu insanlar, istenilen her şeyi yaratabilen bir makinenin yaratılmasıyla, toplumun tüm yönleriyle altüst olacağına inanıyorlar. Diğer bilim insanları ise kuşku içindeler.

Örneğin, Nobel ödüllü, şimdi hayatta olmayan Richard Smalley, 2001 yılındaki *Scientific American*[114] dergisindeki bir makalesinde, "yapış yapış parmaklar"[115] ve "kocaman parmaklar"[116] problemini ortaya atmıştı. Kilit soru şuydu: Molekülleri istediği an tekrar tekrar düzenleyebilecek kadar marifetli bir moleküler nanorobot yapabilmek mümkün mü? Smalley cevabın hayır olduğunu söylemişti.

Bu tartışma, Smalley'in Drexler ile kozlarını paylaştığı bir dizi mektupta ortaya çıktı; bu mektuplar daha sonra *Chemical and Engineering News*[117] dergisinde, 2003-2004 yıllarında yayınlandı. Bu tartışmanın yankıları bugün bile hissedilmektedir. Smalley'in düşüncesi moleküler bir makine "parmaklarının" bu çok hassas işi iki nedenden ötürü yerine getiremeyeceğiydi.

İlk neden, "parmakların" çok küçük çekici kuvvetlerle karşı karşıya kalmaları, bu nedenle de diğer moleküllere yapışabilecekleri gerçeğiydi. Atomlar birbirlerini çekerler, bunun nedeni,

---

[113] *Yaratılışın Motorları/Lokomotifleri* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[114] Amerika Birleşik Devletleri'nde neredeyse 170 yıldır yayınlanan popüler bir bilim dergisi. (ç.n.)

[115] *"sticky fingers"*

[116] *"fat fingers"*

[117] Amerika Birleşik Devletleri'nde haftalık yayınlanan bilimsel bir dergi; derginin ismi dilimize *Kimya ve Mühendislik Haberleri* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

kısmen, *van der Waals kuvveti*[118] gibi, elektronları arasındaki çok küçük çekim kuvvetleridir. Cımbızınız bala bulanmış, bozuk bir saati tamir etmeye çalıştığınızı düşünün. Bu cımbızla saatin o çok hassas bileşenlerini bir araya getirmeniz olanaksızdır. Şimdi de saatten çok daha karışık olan, devamlı olarak parmaklarınıza yapışıp duran bir molekülü bir araya getirmeye çalıştığınızı hayal edin.

İkinci neden ise bu parmakların atomları manipüle edemeyecek kadar "kocaman" olmaları. Bozuk saati elinize giydiğiniz kalın yün eldivenlerle tamir etmeye çalıştığınızı düşünün. Nanorobotun "parmakları" ve manipüle edilecek nesneler aynı büyüklükteki tekil atomlardan oluştuklarından, parmaklar, ihtiyaç duyulan hassas operasyonları gerçekleştiremeyecek kadar kalın olacaklardır.

Smalley tartışmaya noktayı şöyle koymuştu: "Nasıl bir delikanlıyı ve bir kızı birbirlerine ittirerek âşık edemezseniz, basit mekanik hareketlerle, iki moleküler nesne arasında arzu edilen kimyayı kusursuz bir şekilde ortaya çıkaramazsınız. ... Kimya aşk gibidir, çok daha fazla incelik isteyen bir iştir."

Bu tartışmanın boyutu, bir çoğaltıcının, bir gün toplumu dönüştürüp dönüştürmeyeceği ya da yalnızca bir merak konusu olarak görülüp teknolojinin çöp sepetine atılıp atılmayacağı noktasına kadar uzanıyor. Daha önce gördüğümüz gibi, fiziğin bizim dünyamızdaki kuralları nanodünyanın fiziğine kolayca çevrilmiyorlar. Yüzey gerilimi, van der Waals kuvveti, belirsizlik ilkesi, Pauli dışarlama ilkesi[119] gibi [günlük hayatta] ihmal edebildiğimiz etkiler, nanodünyada baskın hale geliyorlar.

Bu problemi daha iyi anlayabilmek için, atomun bir bilye büyüklüğünde olduğunu ve bu atomlarla dolu bir yüzme havuzunuzun olduğunu hayal edin. Olur da bu yüzme havuzuna düşerseniz, bu su dolu bir yüzme havuzuna düşmekten oldukça farklı olacaktır. Brown hareketi[120] nedeniyle, bu "bilyeler" devamlı olarak titreşiyor ve her yönden size vuruyor olacaklar. Bu nedenle yüzmeye çalışmak neredeyse olanaksızdır; çünkü

---

[118] *the van der Waals force*
[119] *the Pauli exclusion principle*
[120] *Brownian motion*

zift içinde yüzmeye çalışmaya benzer. Bilyelerden birini tutmaya her yeltendiğinizde, kuvvetlerin karışık bir bileşimi nedeniyle, bilye ya elinizden kaçacak ya da parmağınıza yapışacaktır.

En sonunda, iki bilim insanı anlaşamamakta anlaştılar. Smalley moleküler çoğaltıcıya karşı nakavt edici yumruğu indirememiş olmasına karşın, toz dumanı kalktıktan sonra birkaç şey netlik kazanmıştı. Birincisi, iki bilim insanı da, molekülleri kesip yapıştırabilen[121] moleküler cımbızlarla donanmış bir nanorobot fikrinin çok naif olduğu, dolayısıyla üzerinde değişiklik yapılmasının zorunluluğu konusunda aynı fikirdeydiler. Atomik ölçekte yeni kuantum kuvvetleri baskın hale gelirler.

İkincisi, bu çoğaltıcı, ya da evrensel fabrikatör,[122] bugün bir bilimkurgu olmasına karşın, onun bir çeşidi halihazırda mevcuttur. Örneğin Doğa Ana, hamburgerleri ve sebzeleri alır ve onları yalnızca dokuz ay içinde bir bebeğe dönüştürür. Bu işlem, bebeğin planlarını kodlamış olan DNA tarafından yerine getirilir; DNA yiyeceklerinizin içinde bulunan proteinleri ve amino asitleri kullanarak, moleküllcri kesip doğru sırada birbirine ekleyen ribozomların faaliyetlerini yönlendirir.

Üçüncüsü, bir moleküler derleyici[123] çalışabilir, ama çok daha gelişmiş bir versiyonda. Örneğin, Smalley'in de işaret ettiği gibi, iki atomu yanyana getirmek, ikisi arasında bir tepkimeyi garanti kılmaz. Doğa Ana çoğunlukla bu problemin etrafından dolaşır, işin içine üçüncü bir taraf sokar; kimyasal bir tepkimeyi kolaylaştırmak için bir su çözeltisi içine bir enzim karıştırır. Smalley, bilgisayar ve elektronik endüstrisinde kullanılan çoğu kimyasalın su içinde çözünemediğine dikkat çeker. Drexler buna, tüm kimyasal tepkimelerin su ve enzim içermediğini söyleyerek karşılık verir.

Bir olasılık, örneğin, kendiliğinden-toplanma[124] ya da aşağıdan-yukarı yaklaşımdır.[125] İnsanlar çok eski zamanlardan beri yapı işlerinde yukarıdan-aşağı yaklaşımı[126] kullanmaktalar. Çe-

---

121 *copying and pasting*
122 *universal fabricator*
123 *molecular assembler*
124 *self-assembly*
125 *the bottom-up approach*
126 *the top-down approach*

kiç ve testere gibi aletlerle, keresteler kesilerek işe başlanır ve sonra tahtalar bir araya getirilerek, ev gibi daha büyük yapılar, bir plana göre inşa edilirler. Bu süreci daha en baştan itibaren, her aşamada dikkatlice takip etmeniz gerekir.

Aşağıdan yukarı yaklaşımda, nesneler kendi kendilerine bir araya gelirler. Doğada, örneğin, o çok güzel kar taneleri fırtınalar içinde kendi kendilerine kristalleşirler. Trilyonlarca atom yeni formlar yaratmak için yeniden düzenlenirler. Hiç kimse bir kar tanesini tasarlamak zorunda değildir. Bu çoğu zaman biyolojik sistemlerde de meydana gelir. En az elli beş farklı protein molekülü ve birkaç RNA molekülü içeren karmaşık moleküler sistemlere sahip bakteri ribozomları, bir test tüpü içinde kendi kendilerine bir araya gelebilirler.

Kendiliğinden-toplanma yarı-iletken endüstrisinde de kullanılır. Transistörlerde kullanılan bileşenler bazen kendi kendilerine bir araya gelirler. Su verme,[127] kristalleştirme, polimerleştirme, buhar çökeltme[128] gibi, çeşitli kompleks teknikleri ve işlemleri kesin bir sırada uygulayarak, ticari olarak değerli çok çeşitli bilgisayar bileşenleri üretilebilir. Daha önce gördüğümüz gibi, kanser hücrelerine karşı kullanılan belirli bir tipte nanoparçacık bu yöntem kullanılarak üretilebilir.

Ama yine de, çoğu nesne kendini yaratamaz. Genel olarak, nanomalzemelerin yalnızca çok ufak bir kısmının düzgün bir şekilde kendi kendilerine bir araya gelebildikleri gösterilmiş durumda. Bir menüden sipariş verir gibi, bir nanomakineden kendiliğinden-toplanma sipariş edilemez. Sonuç olarak, bu yolla nanomakineler yaratma çabaları devam edecek ama ilerleme yavaş olacak.

Sözü toparlamak gerekirse moleküler derleyiciler görünüşe göre fizik kurallarını ihlal etmiyorlar, ama onları yapıp ortaya koyabilmek son derece zor olacak. Nanorobotlar şimdi yoklar, yakın gelecekte de olmayacaklar, ama olur da ilk nanorobot başarılı bir şekilde üretilebilirse bugün bildiğimiz toplumu çok değiştirebilir.

---

[127] *quenching*
[128] *vapor deposition*

Bir Çoğaltıcı Yapmak

Bir çoğaltıcı neye benzeyebilir? Hiç kimse tam olarak bilmiyor; çünkü gerçek bir çoğaltıcı yapmaktan onyıllarca, belki de bir yüzyıl uzağız. Ben bir çoğaltıcının nasıl görünebileceğine ilişkin bir ipucunu, başımı muayene ettirdiğimde buldum. Bir Science Channel[129] programı için, bir lazer ışınını yüzüm boyunca yatay bir biçimde taratarak, yüzümün gerçekçi bir 3D kopyasını plastikten yaptılar. Işın yüzümden sektikçe, yansıma, bir alıcı tarafından kaydedildi ve görüntü bir bilgisayara gönderildi. Lazer ışını daha sonra bir sonraki geçişini yaptı, ama bu kez biraz aşağıdan. En sonunda, lazer, tüm yüzümü birçok yatay dilime ayırarak taramış oldu. Bir bilgisayar ekranına bakarak, yüz yüzeyimin yatay dilimlerden oluşan bir 3D görüntüsünün ortaya çıkışını, muhtemelen milimetrenin onda biri doğrulukta, görebilirdiniz.

Sonra bu veriler, neredeyse her şeyin bir 3D görüntüsünü yaratabilen, buzdolabı büyüklüğündeki bir cihaza aktarıldı. Bu cihazın, yatay olarak hareket eden, ardarda birçok geçiş yapan çok küçük bir başlığı vardı. Her geçişte, çok az bir miktarda erimiş plastik püskürtüyor, yüzümün orijinal lazer görüntüsünü kopyalıyordu. Yaklaşık on dakika sonra ve sayısız geçişin ardından, yüzümün kalıbı makineden çıktı, ürkütücü bir şekilde yüzüme benziyordu.

Bu teknolojinin muazzam sayıda ticari uygulaması vardır; çünkü birkaç dakika içinde, makine parçaları gibi karmaşık birçok 3D nesnenin gerçekçi kopyalarını yaratabilirsiniz. Gerçekten de, bundan onlarca, belki de yüzlerce yıl sonra, herhangi bir nesnenin hücre ve atom düzeyinde, gerçek bir 3D kopyasını yaratabilecek bir cihaz da hayal edilebilir.

Bir sonraki aşamada, bu 3D tarayıcıyı, insan vücudunun canlı organlarını yaratmak amacıyla kullanmak mümkündür. Wake Forest Üniversitesi'ndeki[130] bilim insanları, bir mürekkep-püskürtmeli yazıcıyla, canlı bir kalp dokusu yaratabilmenin yeni bir yoluna öncülük ettiler. İlk olarak, yazıcı başlığının

---

129 (televizyonda bir) Bilim Kanalı. (ç.n.)

130 *Wake Forest University*

her geçişinde, canlı kalp hücrelerini ardarda püskürtmesini sağlayan bir yazılımı, dikkatlice yazmaları gerekti. Bunun için, sıradan bir mürekkep-püskürtmeli yazıcı kullandılar, ama bu yazıcının kartuşu, canlı kalp hücreleri içeren bir sıvı karışımıyla doluydu. Bu yöntemle, her bir hücrenin, üç boyutlu olarak, kusursuz bir şekilde yerleştirilmesini kontrol altına alabildiler. Birçok geçişten sonra, gerçek kalp dokusu katmanlarını yaratabildiler.

Bugün, bedenimizdeki her bir atomun konumunu kaydedebilecek başka bir alet daha var: MRI tarayıcısı.[131] Daha önce gördüğümüz gibi, bir MRI taramasının hassasiyeti milimetrenin onda biri kadardır. Bu, hassas bir MRI taramasının her bir pikselinin binlerce hücre içerdiği anlamına gelir. MRI tarayıcısının arkasındaki fiziği incelerseniz görüntü hassasiyetinin makine içindeki manyetik alanın düzgünlüğü ile ilgili olduğunu görürsünüz. Bu nedenle, manyetik alan giderek artan bir şekilde düzgün yapılarak, milimetrenin onda biri olan hassasiyetin çok altına ulaşılabilir.

Bilim insanları şimdiden, hücre boyutuna indirgenmiş ve hatta daha da küçük, bir çözünürlüğü olan, tekil molekül ve atomları tarayabilen, MRI tipinde bir makineyi tasavvur ediyorlar.

Özetlersek, bir çoğaltıcı fizik kurallarını ihlal etmez, ama bunu kendi-kendini toplama yöntemiyle yaratmak zordur. Bu yüzyılın sonlarına doğru, kendi-kendini toplama teknikleri tamamen öğrenildiğinde, çoğaltıcıların ticari uygulamaları hakkında düşünebiliriz.

Gri Kusmuk?[132]

Sun Microsystems[133] adlı şirketin kurucularından Bill Joy gibi bazı insanlar, nanoteknoloji hakkındaki çekincelerini ifade etmişlerdi; teknolojinin yoldan çıkıp kontrolsüzce büyümesinin

---

[131] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.).

[132] *gray goo*

[133] Amerika Birleşik Devletleri'nde meşhur bir bilgisayar ve veri teknolojileri şirketi; Java program dilinin yaratıcısı. (ç.n.)

yalnızca bir zaman sorunu olduğunu, Dünya'nın tüm minerallerini yiyip bitireceğini ve işine yaramaz şeyleri "gri bir kusmuk" olarak tüküreceğini yazdılar. İngiltere'den Prens Charles bile nanoteknolojinin ve gri-kusmuk senaryosunun aleyhinde konuşmuştu.

Tehlike bu nano(ro)botların[134] bir kilit özelliğinde yatar: Bunlar kendi kendilerine çoğalabilirler. Bir virüs gibidirler, ortamda serbest bırakıldıkları andan itibaren üzerlerindeki kontrol kaybolur. En sonunda, inanılmaz bir hızla çoğalabilirler, çevrelerine egemen olurlar ve Dünya'yı yok ederler.

Benim kişisel inancım, bu teknolojinin bir çoğaltıcı yapabilecek bir olgunluğa ulaşması için önümüzde daha onlarca, belki de yüzlerce yıl olduğu yönünde, dolayısıyla bu gri-kusmuk hakkındaki endişeler için daha çok erken. Onyıllar geçtikçe, çıldırmış nanorobotlara karşı tedbirler tasarlamak için çok zamanımız olacak. Örneğin, arızaya karşı bir emniyet sistemi geliştirilebilir ve bir panik düğmesine basılarak ortamdaki tüm robotlar etkisiz hale getirilebilir. Ya da kontrolden çıkmış nanorobotları arayıp bulmaları ve yok etmeleri için özel olarak tasarlanmış "öldürücü (ro)botlar"[135] yapılabilir.

Bununla ilgilenmenin bir diğer yolu da, bu problem ile milyarlarca yıllık bir deneyimi olan Doğa Ana'dan ders almaktır. Dünyamız, virüs ve bakteri diye adlandırdığımız, kendi kendisinin kopyasını yapan, kontrolsüz bir biçimde hızla çoğalabilen ve mutasyon geçirebilen moleküler yaşam formlarıyla doludur. Buna karşılık, vücudumuz da kendi "nanorobotlarını" yaratmıştır; bunlar bağışıklık sistemimizde yer alan, yabancı yaşam formlarını arayıp bulan ve yok eden antikorlar[136] ve alyuvarlardır. Bu sistem elbette mükemmel değildir, ama bu kontrolden çıkmış nanorobot probleminin hakkından gelebilmek adına bir modeldir.

---

[134] *nanobots*

[135] *bot*: birçok bilgisayar/bilişim işini yarı-otomatik olarak gerçekleştirebilen *robot* anlamında kullanılan bir terim. (ç.n.)

[136] *antibody*: Y şeklinde, büyük, bağışıklık sisteminin bakteri ve virüs gibi vücuda yabancı maddeleri tespit ve yok etmede kullandığı protein. (ç.n.)

Çoğaltıcıların Sosyal Etkileri

Bir zamanlar sunuculuğunu yaptığım BBC/Discovery Channel programında, *Radical Evolution*[137] adlı kitabın yazarı olan Joel Garreau şöyle demişti: "Olur da kendi kendine toplanan bir makine bir gün mümkün olursa bu tarihin büyük 'vay canına!'[138] anlarından biri olacak. İşte o zaman, Dünya, daha önce hiç farkında olmadığımız bir şeye evrilecek."

Neyi istediğine dikkat et; çünkü gerçekleşebilir diyen eski bir deyiş vardır. Nanoteknolojinin kutsal kâsesi moleküler toplayıcıyı, ya da çoğaltıcıyı, yaratmaktır; ama icat edilir edilmez, toplumun temellerini kökünden değiştirebilir. Tüm filozofiler ve sosyal sistemler en nihayetinde yokluğa ve yoksulluğa dayanırlar. Bu, insan tarihi boyunca toplum içindeki en baskın fikir oldu, kültürleri, felsefeyi ve dini şekillendirdi. Bazı dinlerde, bolluk ilahi bir ödül, kıtlık ise bir ceza olarak görülür. Budizm, tam tersine, acının/eziyetin evrensel doğasına ve bununla nasıl mücadele ettiğimize dayanır. Hristiyanlıkta ise İncil'de[139] şöyle yazılıdır: "Bir devenin bir iğne deliğinden geçmesi, zengin bir adamın Tanrı'nın krallığına girmesinden daha kolaydır."

Zenginliğin dağılımı toplumun kendisini de tanımlar. Feodalizm[140] bir avuç aristokratın zenginliğinin, köylülerin fakirliğinden korunmasına dayanır. Kapitalizm ise enerjik ve üretici insanların emeklerinin karşılığı olarak ödüllendirilmesi fikrine dayanır; insanlar şirket kurarlar ve zenginleşirler. Ancak, tembel ve üretken olmayan bireyler, bir düğmeye basarak, neredeyse bedavaya, istedikleri kadarını sistemden alırlarsa kapitalizm sekteye uğrar. Bir çoğaltıcı[141] bu anlamda bir çuval inciri berbat eder, insan ilişkilerini altüst eder. Sahip olmayla sahip-olmama arasındaki çizgi kaybolabilir; bu çizgiyle beraber statü ve politik güç kavramları da ortadan kaybolabilir.

---

[137] dilimize *Radikal Evrim* olarak çevrilebilir. (ç.n.)
[138] *holy shit!*
[139] *the New Testament*: Yeni Ahit, İncil. (ç.n.)
[140] *feudalism*: derebeylik. (ç.n.)
[141] *replicator*

Bu açmaz, *Uzay Yolu: Yeni Nesil*[142] adlı televizyon dizisinin bir bölümünde ele alınmıştı: Yirminci yüzyıldan kalma bir kapsül dış uzayda başıboş dolaşırken bulunur. Kapsülün içinde, ilkel zamanların tedavi edilemez hastalıklarından muzdarip, gelecekte hayata döndürülmeyi umut eden insanların dondurulmuş bedenleri vardır. Yıldız gemisi *Enterprise'ın* doktorları, bu kişilerin hastalıklarını hemen tedavi ederler ve onları tekrar hayata döndürürler. Bu şanslı insanlar oynadıkları kumarı kazanmalarına şaşırırlar, ama içlerinden bir tanesi açıkgöz bir kapitalisttir. İlk olarak şunu sorar: Hangi zamandayız? Şu an yaşadığını ve yirmi dördüncü yüzyılda olduğunu öğrenince, geçmişteki yatırımlarının bugün bir servet değerinde olması gerektiğinin farkına varır. Hemen dünyadaki bankeriyle bir irtibat kurulmasını talep eder. Ancak, *Enterprise'ın* mürettebatı afallamıştır. Para? Yatırım? Bunlar gelecekte yokturlar. Yirmi dördüncü yüzyılda, siz yalnızca bir şey istersiniz, o da size verilir.

Bu ayrıca, mükemmel toplum, ya da ütopya, arayışının doğruluğunu sorgulanır hale getirir. Ütopya sözcüğü, Thomas More'un 1516'da yazdığı *Utopia* adlı romanından gelir. Etrafında gördüğü ızdırap ve sefalet dolu yaşamdan dehşete düşen More, Atlantik Okyanusu'ndaki hayali bir ada üzerinde bir cennet tasavvur etmişti. On dokuzuncu yüzyıl Avrupası'nda, ütopyanın çeşitli formları peşinde koşturan birçok sosyal hareket vardı. Bunlardan birçoğu cenneti, kaçtıkları Amerika Birleşik Devletleri'nde buldu; bunun kanıtlarını bugün bile buradaki yerleşim alanlarında görüyoruz.

Bir taraftan, bir çoğaltıcı bize, bir zamanlar ondokuzuncu yüzyıl hayalperestlerince tasavvur edilen o düşler ülkesi ütopyayı verebilir. Ütopyanın önceki denemeleri yokluk yüzünden başarısızlığa uğradı; yokluk eşitsizliğe, sonra didişme ve münakaşalara, en nihayetinde de toplumun çöküşüne neden oluyordu. Ancak çoğaltıcılar yokluk problemini çözerlerse belki o zaman ütopyaya ulaşabiliriz. Sanat, müzik ve şiir gelişecek ve insanlar tutkunu oldukları hayallerinin ve arzularının peşlerinde özgür olacaklar.

---

[142] *Star Trek: The Next Generation*

Diğer taraftan, yokluğun ve paranın motive edici etkisi olmadan, bir çoğaltıcı, arzularına düşkün, yoz bir topluma da neden olabilir. Sanatsal açıdan en çok motive olmuş, yalnızca bir avuç insan şiir yazmakla uğraşacaktır. Geri kalanımız, yorumcuların iddiasına göre, beş para etmez, aylak aylak dolaşan miskinler haline gelecek.

Ütopik insanlarca kullanılan tanımlar bile sorgulanır hale gelecek. Örnek vermek gerekirse "Herkesten yeteneğine göre, herkese katkısına göre" cümlesi sosyalizmin mantrasıdır;[143] "Herkesten yeteneğine göre, herkese ihtiyacına göre" cümlesi ise komünizmin mantrasıdır.

Ama çoğaltıcılar mümkün olursa bu iki mantra da basitçe "Herkese arzusuna göre" cümlesine indirgenecek.

Yine de bu soruna bakmanın üçüncü bir yolu daha var. Mağara Adamı İlkesi'ne[144] göre, insanların temel kişilik özellikleri geçmiş 100.000 yıl içinde çok da değişmedi. Bu geçmiş zamanlarda meslek ya da iş gibi bir şey yoktu. Antropologlar ilkel toplumların büyük ölçüde komünal olduklarını, malı, mülkü ve tüm sıkıntıları eşit olarak paylaştıklarını söylüyorlar. Günlük yaşayış düzenleri iş ve ücret ile yönlendirilmiyordu; çünkü bu iki kavram da mevcut değildi.

Ama ilkel zamanlardaki bu insanlar, birkaç nedenden dolayı aylak aylak gezen miskinler değillerdi. Bunlardan ilki, eğer tembellik yapsalardı açlıktan ölürlerdi. Paylarına düşen çalışmayı yapmayan insanlar hemen kabile dışına kovulurlar ve kısa süre içinde yok olurlardı. İkinci neden, insanların yaptıkları çalışmalarıyla gurur duymaları, hatta görevlerine anlam yüklemeleriydi. Üçüncüsü ise insanların toplumun üretken bir üyesi olarak kalmaları için muazzam bir toplumsal baskı vardı. Üretken bireyler, genlerini bir sonraki nesle geçirmek için evlenebiliyorlardı, aylak miskinlerin genleri kendileriyle beraber ölüyordu.

Bu durumda, çoğaltıcılar icat edildiğinde ve herkes istediği her şeye sahip olabildiğinde, neden insanlar üretken bir hayat

---

143 *mantra*: düstur, ilke, motto, parola, slogan. (ç.n.)

144 *the Cave Man Principle*

yaşayacaklar? Her şeyden önce, çoğaltıcılar hiç kimsenin açlıktan ölmeyeceğini garantileyecekler. İkincisi, insanlar muhtemelen çalışmaya devam edecekler; çünkü yetenekleriyle gurur duyacaklar ve çabalarında bir anlam görecekler. Ancak, üçüncü neden olan sosyal baskıyı, insanların özgürlüklerini kısıtlamadan devam ettirmek oldukça zor olacak. Sosyal baskı yerine, muhtemelen eğitimde köklü bir değişim olacak, insanların çalışmaya ve ödüllendirmeye bakışları değişecek ve böylece çoğaltıcılar istismar edilmeyecekler.

Şükür ki, süreç yavaş işleyecek ve çoğaltıcı bizden hâlâ bir yüzyıl kadar uzak; toplumun bu teknolojinin yararlarını ve etkilerini tartışmak ve bu yeni ayak gerçekliğe uydurmak için önünde çok zamanı olacak ve böylece toplumun bütünlüğü bozulmayacak.

İlk çoğaltıcılar büyük olasılıkla pahalı olacaklar. MIT'de[145] robot bilimleri uzmanı Rodney Brooks, "Nanoteknoloji, fotolitografinin[146] geliştiği gibi gelişecek – çok pahalı olacak ve kontrollü bir şekilde ortaya çıkacak; serbest piyasada toplu olarak alınıp satılan bir teknoloji olarak gelişmeyecek." demişti. Her şeyin sınırsız ve bedava olması çok da büyük bir problem olmayacak. Bu makinelerin çok ileri derecedeki gelişmişlikleri düşünülürse fiyatlarının düşmesi için ilk icat edildikleri andan itibaren onlarca yıl zaman geçmesi gerekecek.

Bir defasında, geleceğin ana hatları üzerinde dikkatlice tahminler yaparak kariyer yapmış, gelecek-bilim alanının ileri gelenlerinden biri olan Jamais Cascio ile ilginç bir konuşma yapmıştım. Bana ilk olarak 2. Bölüm'de bahsettiğimiz tekillik kuramından[147] kuşku duyduğunu söylemişti; insan doğası ve sosyal dinamikler o kadar dağınık, karışık ve tahmin edilemez boyutlardadır ki, onları tek bir kurama sığdırmak mümkün değildir diye konuşmuştu. Diğer yandan da, nanoteknolojideki muazzam gelişmelerin en sonunda, her şeyin aşırı miktarlarda olduğu, çoğaltıcıların ve robotların etrafta cirit attığı bir toplu-

---

[145] *Massachusetts Institute of Technology*

[146] *photolithography*: ışıkla oyma, şekil verme, hakketme. (ç.n.)

[147] *the singularity theory*

mun ortaya çıkmasına neden olacağını da kabul etmişti. Bu durumda ona şöyle bir soru yöneltmiştim: Her şeyin neredeyse bedava olduğu ve toplumun çalışma gereksinimi olmayacağı kadar zenginleştiği böyle bir zamanda, toplum nasıl davranacak?

İki şeyin olacağını söylemişti. İlk olarak, çalışmıyor olsalar bile, herkesin doğru düzgün, minimum bir gelirinin olmasını garanti altına almaya yetecek bir zenginlik olacağını söylemişti. Dolayısıyla, nüfusun bir kesimi, muhtemelen sürekli olarak aylak ve miskin bir hayat süren bireylerden oluşacak. Toplum için devamlı bir güvenlik ağı olacağını da öngörmüştü. Ne kadar hoşa gitmese de, özellikle çoğaltıcılar ve robotların tüm maddi ihtiyaçlarımızı karşıladığı böyle bir gelecekte, güvenlik ağı kaçınılmaz olacaktır. İkinci olarak, bütün bunların, girişimci ruhlarda köklü bir değişikliğin önü açılarak telafi edileceğini düşünüyordu Cascio. Yokluğa ve perişan bir duruma düşme korkusu olmayan, daha gayretli ve üretken bireyler, başkaları için yeni endüstriler, yeni fırsatlar yaratma adına daha girişken olacaklar ve ekstra riskler alabilecekler. Cascio, iflas endişesi olmayan yaratıcı ruhların önü açılacağından, toplumda yeni bir rönesans öngörüyordu.

Kendi alanım olan fizikte, pek çoğumuzun para için değil de, daha çok keşifler ve yeniliklerden alınan zevk için fizikle meşgul olduğunu görüyorum. Çoğu zaman, başka alanlardaki bol kazançlı iş fırsatlarını teptik; paranın değil, bir hayalin peşinde olmayı istedik. Benim tanıdığım sanatçılar ve entelektüeller de aynı şekilde hissediyorlar – amaçları mümkün olduğunca büyük bir banka hesabını bir araya getirmek değil, aksine, yaratıcı olmak ve insan ruhunu yüceltmek.

Kişisel olarak ben de, eğer 2100 toplumu, etrafımız maddesel zenginlikle çevrilecek kadar zenginleşmiş olursa toplumun benzer bir şekilde tepki vereceğini hissediyorum. Nüfusun bir bölümünü, çalışmayı reddeden, daimî bir insan sınıfı oluşturacak. Diğerleri ise yokluğun yarattığı kısıtlamalardan kurtulmuş olacaklar ve yaratıcı bilimsel ve sanatsal başarılar peşinde koşturacaklar. Onlar için yaratıcı, yenilik getirici ve sanatçı bir ruha sahip olmanın keyfi, maddiyatçı dünyanın cazibeleri karşısında

her zaman ağır basacaktır. Yine de, büyük bir çoğunluk çalışmaya ve yararlı olmaya devam edecek; çünkü bu bizim genetik mirasımızın bir parçasıdır, içimizdeki Mağara Adamı İlkesi'nin bir gereğidir.

Ama çoğaltıcıların bile çözemeyeceği bir problem var. Bu enerji problemidir. Tüm bu mucizevi teknolojilerin arkasında çok büyük miktarlarda enerji olması gerekir. Nereden gelecek bu enerji?

Taş Devri taş yokluğundan bitmedi. Petrol Çağı da Dünya'nın petrolsüz kalmasından çok daha önce sona erecek.

—JAMES CANTON

(Füzyon) benim gözümde, tarih öncesinin sisli zamanlarındaki o ilk çok kıymetli ateş hediyesiyle[1] aynıdır.

—BEN BOVA

5
Enerjinin Geleceği

Yıldızlardan Gelen Enerji

YILDIZLAR TANRILARIN enerji kaynaklarıydı. Apollo, ateş soluyan atlarla çekilen savaş arabasını gökyüzünde sürdüğünde, Güneş'in sonsuz gücüyle gökleri ve Dünya'yı aydınlatırdı. Onun gücüyle yalnızca Zeus'un gücü rekabet edebilirdi. Bir defasında, Zeus'un birçok ölümlü sevgilisinden biri olan Semele, onun gerçek halini görmek için yalvardı, o da isteksizce kabul etti. Oluşan kör edici kozmik enerji parlaması Semele'yi yakıp kül etti.

Bu yüzyılda, tanrıların enerji kaynağı yıldızların gücünden yararlanacağız. Bu kısa vadede, fosil yakıtların yerine geçecek,

---

[1] *the gift of fire*, ateş hediyesi: Yunan mitolojisinde, *Prometheus*, tanrısal düzene karşı gelerek göklerden bir kıvılcım çalar ve onu yeni yarattığı insanoğluna verir; bu ateş hediyesiyle, insanlığa bilimi ve uygarlığı da vermiş olur. (ç.n.)

yeni bir Güneş/hidrojen gücü çağının açılması anlamına gelir. Uzun vadede ise füzyondan ve hatta dış uzaydan gelen güneş enerjisinden yararlanacağız anlamına gelir. Fizikte devam eden gelişmeler manyetizma çağının öncüsü olabilir, arabalar, trenler ve hatta kaykaylar manyetik yastık üzerinde havada yol alabilirler. Enerji tüketimimiz bu sayede büyük ölçüde azaltılabilir; çünkü arabalarda ve trenlerde kullanılan enerjinin hemen hemen hepsi yolun sürtünmesinin üstesinden gelmek için kullanılır.

Petrolün Sonu mu?

Bugün Dünyamız petrol, doğal gaz ve kömür formundaki fosil yakıtlarına tamamen bağımlı durumdadır. Dünya toplamda 14 trilyon watt'lık bir güç harcamaktadır; bunun %33'ü petrolden, %25'i kömürden, %20'si gazdan, %7'si nükleer enerjiden, %15'i biyoyakıtlar ve hidroelektrikten ve çok az kısmı olan %0,5'i de güneş ve yenilenebilir enerji kaynaklarından gelir.

Fosil yakıtlar olmazsa dünya ekonomisi zınk diye durur.

Shell'de petrol mühendisi olan M. King Hubbert, petrol çağının sonunu açıkça gören bir adamdı. Hubbert 1956'da Amerikan Petrol Enstitüsü'nde[2] kapsamlı bir konuşma yaptı; burada, o dönemlerdeki tüm meslektaşlarınca alaya alınan, rahatsız edici bir öngörüde bulundu. Amerika Birleşik Devletleri'nin petrol rezervlerinin hızla tükendiğini, çok yakında tüm mevcut petrolün %50'sinin çıkartılmış olacağını ve bunun da 1965 ile 1971 arası başlayacak, geri döndürülemez bir inişe geçiş dönemini tetikleyeceğini tahmin etti. Amerika Birleşik Devletleri'nde çıkarılan toplam petrol miktarının bir çan eğrisi gibi çizilebileceğini ve Amerika Birleşik Devletleri'nin o zamanlar bu eğrinin neredeyse zirvesinde olduğunu gördü. O zamandan itibaren gidişatın yokuş aşağı olacağını tahmin etti. Bu, petrol çıkartmanın giderek zorlaşacağı ve sonuçta akla hayale sığmayacak bir şeyin gerçekleşeceği anlamına geliyordu: Amerika Birleşik Devletleri petrol ithal etmeye başlayacaktı.

Amerika Birleşik Devletleri, Teksas ve ülkedeki başka yerlerden hâlâ muazzam miktarlarda petrol pompaladığından,

---

[2] *the American Petroleum Institute*

Hubbert'in görüşleri düşüncesizce, hatta sorumsuzca yapılmış saçma tahminler olarak görünmüştü. Ancak, petrol mühendisleri artık gülmüyorlar. Hubbert'ın tahminleri kesinlikle doğruydu. 1970'e gelindiğinde, Amerika Birleşik Devletleri petrol üretimi günde 10,2 milyon varille zirve yaptı ve sonra düşmeye başladı. Gidişat bir daha tersine çevrilemedi. Amerika Birleşik Devletleri bugün petrolünün %59'unu ithal etmekte. Esasen Hubbert'ın onyıllar önce yaptığı tahminin grafiği ile Amerika Birleşik Devletleri'nin 2005'e kadar olan gerçek petrol üretiminin grafiği karşılaştırılırsa iki eğrinin de hemen hemen aynı olduğu görülür.

Şu an petrol mühendislerinin yüzleştiği temel soru şudur: Dünya petrol rezervlerinde Hubbert'ın bahsettiği zirveye ulaştık mı? 1956'da Hubbert, global petrol üretiminin aşağı yukarı elli yıl içerisinde zirve yapacağını da tahmin etmişti. Yine haklı olabilirdi. Çocuklarımız bu döneme geri baktıklarında, fosil yakıtını, bizim bugün balina yağını gördüğümüz gibi, uzak geçmişin talihsiz bir kalıntısı olarak mı görecekler?

Suudi Arabistan ve Orta Doğu'nun her tarafında bilim, enerji ve gelecek hakkında pek çok konferans verdim. Bir taraftan, Suudi Arabistan 267 milyar varil petrole sahiptir, öyle ki bu ülke, ham petrolden oluşma devasa bir yeraltı gölü üzerinde yüzüyor gibidir. Suudi Arabistan ve Basra Körfezi ülkeleri boyunca seyahat ederken, aşırı derecede bir enerji israfına şahit oldum; çölün ortasında fışkıran devasa fıskiyeler, dev gibi yapay havuzlar ve göller yaratmışlardı. Dubai'de, dışarıdaki cehennem sıcağına inat, binlerce ton yapay kardan yapılmış kapalı bir kayak alanı bile bulunur.

Ancak, şimdi petrol bakanları endişeli. Önümüzdeki onyıllar boyunca bol miktarda petrolümüzün olacağına bizi inandırmaya çalışan, "[varlığı] kanıtlanmış petrol rezervleri" söyleminin ardındaki otoriter petrol rakamlarının pek çoğunun, uydurulmuş sahte rakamlar olduğu anlaşılıyor. Rezerv rakamlarının çoğunlukla yerel petrol bakanlarının hayallerinin ve politik baskıların bir ürünü olduğunun farkına varana kadar, "kanıtlanmış petrol rezervleri" söylemi, kulağa rahatlatıcı bir şekilde inandırıcı ve doğru gelir.

Enerji uzmanlarıyla konuşunca, takribi bir fikir birliğinin ortaya çıkmakta olduğunu gördüm: Dünya petrol üretiminde ya Hubbert eğrisinin zirvesindeyiz, ya da o kaçınılmaz noktadan muhtemelen bir on yıl uzaktayız. Bu ise yakın gelecekte geri dönülmez bir gerileme dönemine girebiliriz anlamına gelir.

Petrol elbette hiçbir zaman tamamen bitmeyecek. Her zaman yeni kuyular bulunuyor olacak. Fakat bunları çıkartma ve rafine etme masrafları çok yükselecek. Örneğin, Kanada'nın dünya petrol ihtiyacını önümüzdeki onyıllar boyunca karşılamaya yetecek, devasa büyüklükte katranlı kum havzaları var, ama bunları çıkartmak ve rafine etmek hiç de uygun maliyetli değildir. Amerika Birleşik Devletleri, muhtemelen 300 yıl yetecek kömür rezervlerine sahip; fakat yasal koşullar nedeniyle, çevre kirliliğine yol açan partikül ve gaz halindeki maddelerin *tümünün* ayıklanma masrafı çok külfetlidir.

Ayrıca, petrol dünyanın politik açıdan dengesiz bölgelerinde bulunmaya devam ediyor ve bu da yurtdışı kaynaklı istikrarsızlığa katkı yapıyor. Onyıllar üzerinden grafiğe döküldüğünde, petrol fiyatlarının, lunaparklardaki hız trenleri gibi, inişli çıkışlı bir yol izlediği görülür; 2008'de varil başına 140 dolar gibi dudak uçuklatan bir zirve yapar (bu, Amerika'da, galon başına 4 dolardan fazla bir pompa fiyatı demektir) ve sonra, büyük durgunluk nedeniyle, büyük bir hızla düşer. Siyasi huzursuzluk, spekülasyonlar, söylentiler vb. nedenlerle sert iniş-çıkışlar olmasına karşın, bir şey açıktır: Petrol ortalama fiyatı uzun vadede yükselmeye devam edecektir.

Bunun dünya ekonomisinde derin etkileri olacaktır. Modern uygarlığın yirminci yüzyıldaki hızlı yükselişi iki şey ile beslendi: Ucuz petrol ve Moore yasası. Enerji fiyatlarının yükselişiyle, dünyanın gıda kaynakları ve kirlilik kontrolü üzerinde baskı oluşur. Roman yazarı Jerry Pournelle'nin söylemiş olduğu gibi, "Gıda ve kirlilik birincil sorunlar değildir: Bunlar enerji problemleridir. Yeterli enerji olduğunda, istediğimiz kadar çok gıda üretebiliriz; ihtiyaç olursa seralarda ve su içinde bitki yetiştirmek[3] gibi yollarla, üretim miktarını istediğimiz kadar arttırabi-

[3] *hydroponics*

liriz. Kirlilik problemi de benzer şekilde çözülür: Yeterli enerji olduğunda, çevre kirliliğine yol açan maddeler, üstesinden gelinebilir sıkılaştırılmış ürünler haline dönüştürülebilir; ihtiyaç halinde, bu ürünler tekrara bileşenlerine ayrıştırılabilir."

Yüzleşeçek bir başka sorunumuz daha var: Çin ve Hindistan'da bir orta sınıfın yükselişi. Bu, savaş sonrası dönemin büyük nüfus değişikliklerinden biridir ve petrol ve ticari eşya fiyatları üzerinde muazzam bir baskı yaratmaktadır. Hollywood filmlerinde McDonald's hamburgerlerini ve iki arabalı garajları gören bu insanlar da, enerjinin büyük bir savurganlıkla tüketildiği Amerikan rüyasını yaşamak istiyorlar.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

Güneş/Hidrojen Enerjisi Ekonomisi

Bu bağlamda, tarih tekerrür ediyor gibi görünüyor. 1900'lerde, iki eski dost olan Henry Ford ve Thomas Edison, hangi enerji formunun geleceğin yakıtı olacağına ilişkin bahse girdi. Henry Ford'a göre, buhar makinelerinin yerini içten yanmalı motorlar alacaktı ve kömürün yerini petrolün alacağı üzerine bahse girdi. Thomas Edison elektrikli araba üzerine bahse girdi. Bu çok önemli bir bahisti, sonucunun Dünya tarihi üzerinde derin etkileri olacaktı. Balina yağını elde etmek çok zor olduğundan, bir süre için Edison bahsi kazanacak gibi göründü. Ancak, Orta Doğu ve başka yerlerdeki ucuz petrol yataklarının çabucak keşfedilmesi, Ford'u kısa süre içinde galip çıkarttı. O zamandan beri, Dünya bir daha asla aynı olmadı. Piller, benzinin olağanüstü başarısına yetişemedi. (Bugün bile, eşit koşullarda karşılaştırıldığında, benzin, bir pilden 40 kat kadar daha fazla enerji içerir.)

Ama şimdi, vaziyet yavaş yavaş tersine dönüyor. Belki de Edison, bir yüzyıl sonra da olsa bahsi kazanacak.

Hükümetlerin ve şirketlerin toplantı salonlarında sorulan soru şudur: Petrolün yerini ne alacak? Net bir yanıt yoktur. Yakın vadede, doğrudan doğruya fosil yakıtların yerine geçecek

bir enerji formu yoktur ve büyük olasılıkla, bir enerji çeşidinin diğerlerine baskın olmadığı bir enerji karması olacak.

Ama yine de, petrolün yerini almakta en umut vaat edeni, (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji ve hidrojen gibi yenilenebilir teknolojilere dayanan) güneş/hidrojen enerjisidir.

Şu anda, güneş pillerinden üretilen elektriğin maliyeti, kömürden üretilen elektriğin fiyatının birkaç katıdır. Ancak, güneş/hidrojen enerjisinin maliyeti, devam eden teknolojik gelişmeler nedeniyle, devamlı olarak düşerken, fosil yakıtların maliyeti yavaş yükselişini sürdürmektedir. On ila on beş yıl içinde, iki maliyet eğrisinin kesişeceği tahmin edilmektedir. Bundan sonrasında piyasa güçleri devreye girecek.

Rüzgâr Enerjisi

Kısa vadede, rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları ipi önde göğüsleyecekler. 2000 yılında, tüm dünyadaki rüzgârdan enerji üretme kapasitesi 17 milyar watt idi; bu rakam 2008 yılında 121 milyar watt oldu. Bir zamanlar küçük bir oyuncu olarak görülen rüzgâr enerjisi, giderek daha ön plana çıkıyor. Rüzgâr türbini teknolojisindeki son gelişmeler, bugün enerji piyasasının en hızlı büyüyen sektörlerinden biri olan rüzgâr çiftliklerinin verimlilik ve üretkenliklerini arttırdı.

Günümüz rüzgâr çiftlikleri, 1800'lerin sonlarında çiftliklere ve değirmenlere güç sağlamakta kullanılan eski yel değirmenlerinden çok farklıdır. Rüzgâr enerjisi *jeneratörleri* çevre kirliliğine yol açmazlar ve güvenlidirler; tek bir jeneratör, küçük bir köy için yeterli 5 megawatt'lık[4] güç üretebilir. Bir rüzgâr *türbini* ise neredeyse sürtünmesiz dönen, devasa yaklaşık 100 metre uzunluğunda, pürüzsüz kanatlara sahiptir. Rüzgâr türbinleri, hidroelektrik barajları ve bisiklet dinamoları ile aynı şekilde elektrik üretirler. Dönme hareketi, bir bobin içindeki mıknatısı çevirir. Dönen manyetik alan, bobin telinin içindeki elektronları iter ve bu da net bir elektrik akımı yaratır. 100 yel değirmeninden oluşan büyük bir rüzgâr çiftliği 500 megawatt'lık bir güç

[4] 1 megawatt, 1 milyon watt'a eşittir. (ç,n,)

üretebilir, bu rakam tek bir kömür yakan ya da nükleer santral ile üretilen 1000 megawatt'lık bir güç ile rahatlıkla karşılaştırılabilir.

Geride bıraktığımız birkaç onyıl içinde, Avrupa rüzgâr teknolojisinde dünya lideri olmuştur. Son zamanlarda, Amerika Birleşik Devletleri, rüzgârdan elektrik üretmede, Avrupa'yı geçti. Amerika Birleşik Devletleri 2009 yılında rüzgâr enerjisinden yalnızca 28 milyar watt'lık bir güç üretti. Ancak bugün, Teksas tek başına rüzgâr enerjisinden 8 milyar watt'lık bir güç üretmekte ve 1 milyar watt kapasiteli tesislerin inşası sürmektedir. Üstelik daha fazlası da planlanmaktadır. Her şey planlandığı gibi giderse Teksas rüzgârdan 50 milyar watt'lık elektrik gücü üretecek, bu rakam, eyaletin 24 milyon insanı için fazlasıyla yeterlidir.

Çin yakında rüzgâr enerjisi üretiminde Amerika Birleşik Devletleri'ni geçecek. Çin, Rüzgâr Üssü programı[5] dâhilinde 127 milyar watt'lık üretim kapasitesi olan altı rüzgâr çiftliği yapacak.

Rüzgâr enerjisi giderek daha çekici görünüyor ve kuşkusuz gelecekte daha da büyüyecek, ama Dünya için gereken tüm enerjiyi tek başına sağlayamaz; en iyi olasılıkla, daha büyük bir enerji karmasının ayrılmaz bir parçası olacak. Rüzgâr enerjisi birkaç sorunla karşı karşıyadır. Rüzgâr enerjisi, yalnızca rüzgâr eserken ve Dünya'nın birkaç kilit bölgesinde, o da ancak aralıklı bir biçimde üretilebilir. Ayrıca, elektrik iletimindeki kayıplar nedeniyle, rüzgâr çiftlikleri şehirlere yakın olmak zorundadır, bu ise kullanışlılıklarını daha da sınırlandırır.

Güneş Devrede

En nihayetinde, tüm enerji Güneş'ten gelir. Petrol ve kömür bile, bir anlamda, güneş ışığının yoğunlaşmış halleridir, milyonlarca yıl önce bitki ve hayvanların üzerine düşen enerjiyi temsil ederler. Bu gerçeğin sonucu olarak, bir varil benzin içinde depolanan yoğunlaşmış güneş enerjisi miktarı, bir pilin içinde depolayabileceğimiz enerjiden çok daha büyüktür. Edison'un ge-

[5] *Wind Base program*

çen yüzyılda karşılaştığı temel problem buydu ve bugün de problem aynıdır.

Güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürerek çalışır. (Bu işlem 1905 yılında Einstein tarafından açıklanmıştır. Bir ışık parçacığı ya da bir foton, bir metale çarptığında, bir elektron koparıp atar, böylece bir akım yaratır.)

Gelgelelim, güneş pilleri verimli değildir. Mühendisler ve bilim insanlarının onyıllarca süren sıkı çalışmalarının sonrasında bile, güneş pili verimliliği %15 civarında gezinir. Bu yüzden araştırmalar iki yönde ilerledi. Bunlardan ilki, güneş pillerinin verimliliğini arttırmaktır, ki bu oldukça zor bir teknik problemdir. Diğeri ise güneş parklarının[6] üretim, montaj ve inşa maliyetlerini azaltmaktır.

Örneğin, Arizona'nın tamamı güneş pilleri ile kaplanarak Amerika Birleşik Devletleri'nin elektrik ihtiyacı sağlanabilir, ama bu pratikte mümkün değildir. Bununla birlikte, Sahra Çölü'nün uçsuz bucaksız toprakları aniden sıcak bir gündem maddesi haline geldi ve yatırımcılar şimdiden Avrupalı müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılamak için bu çölde devasa güneş parkları inşa etmekteler.

Şehirlerde ise evleri ve binaları güneş pilleri ile kaplamak suretiyle, güneş enerjisi maliyeti azaltılabilir. Bunun, merkezi bir santralden enerji iletimi sırasında meydana gelen kayıpların ortadan kaldırılması da dahil olmak üzere, birçok avantajı vardır. Problem, maliyeti azaltmaktır. Hızlı bir hesaplama, bu tür girişimlerin kârlı olabilmesi için her bir kuruşun hesabının yapılması gerektiğini gösterir.

Güneş pilleri şimdilik beklentilere tam bir karşılık veremese de, petrol fiyatlarındaki son istikrarsızlıklar, en sonunda güneş enerjisini piyasaya sokma çabalarını kamçıladı. Güneş enerjisi için işler yoluna giriyor gibi. Her birkaç ayda bir rekorlar kırılıyor. Güneş paneli üretimi, her iki yılda bir neredeyse ikiye katlanarak, yılda %45 oranında büyüyor. Dünya genelinde, 15 milyar watt'lık güneş paneli kurulumu gerçekleştirilmiş durumda; yalnızca 2008'de kaydedilen gelişme 5,6 milyar watt idi.

---

[6] *solar parks*

2008 yılında, Florida Power & Light Şirketi,[7] Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük güneş santrali projesini duyurdu. 25 megawatt'lık bir güç üretmeyi planlayan sözleşme, SunPower Şirketi[8] tarafından verildi. (Amerika Birleşik Devletleri'nde mevcut rekoru, 15 megawatt'lık güç üreten bir güneş santraline sahip, Nevada'daki Nellis Hava Kuvvetleri Üssü[9] elinde tutmaktadır.)

2009 yılında, California, Oakland merkezli BrightSource Enerji Şirketi,[10] California, Nevada ve Arizona arasında, her biri 2,6 milyar watt'lık bir güç üretecek on dört güneş santrali inşa etme planlarını açıkladı, bu yeni bir rekordu.

BrightSource'un projelerinden biri, Güney California'da kurulacak, her biri 440 megawatt'lık güç üretecek, üç güneş termik santralinden oluşan Ivanpah güneş santralidir. Pacifik Gas and Electric Şirketi[11] ile ortak yürütülecek bir projede, BrightSource, Mojave Çölü'nde 1,3 milyar watt'lık bir santrali kurmayı planlamaktadır.

2009 yılında, Dünya'nın en büyük güneş pili üreticisi First Solar,[12] Çin Seddi'nin hemen kuzeyinde, Dünya'nın en büyük güneş santralini inşa edeceğini açıkladı. Ayrıntıları hâlâ tartışılmakta olan bu on yıllık sözleşme, 2 milyar watt'lık güç üretecek 27 milyon ince-film güneş paneli içeren, devasa bir güneş kompleksi öngörüyor; bu, kömürle çalışan iki santrale eşdeğerdir ve 3 milyon evin enerji ihtiyacını sağlamak için yeterlidir. İç Moğolistan'da inşa edilecek ve altmış beş kilometre karelik bir alanı kaplayacak bu santral, aslında çok daha büyük bir enerji parkının bir parçasıdır. Çinli yetkililer, bu güneş santralinin, en nihayetinde rüzgâr, güneş, biyoyakıt ve hidroelektrikten toplamda 12 milyar watt'lık bir güç üretecek tesislerin yalnızca bir parçası olacağını ifade ediyorlar.

---

[7] *Florida Power & Light Company*: *Florida Güç ve Işık Şirketi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[8] *SunPower Corporation*: *GüneşGücü Şirketi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[9] *Nellis Air Force Base*

[10] *BrightSource Energy Company*

[11] *Pacific Gas and Electric Company*: *Pasifik Gaz ve Elektrik Şirketi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[12] *First Solar, Inc.*

Bu iddialı projenin sonunda çevresel denetimin işkencesinden ve maliyet aşımlarından geçip geçemeyeceği görülecek. Burada önemli olan nokta, büyük güneş enerjisi şirketlerinin fosil yakıt santralleri ile rekabet eden güneş santrallerini ciddiye alması ve güneş enerjisi ekonomisinin yavaş yavaş köklü bir değişim geçirmekte oluşudur.

Elektrikli Arabalar

Dünya petrolünün neredeyse yarısı arabalarda, kamyonlarda, trenlerde ve uçaklarda kullanıldığı için, ekonominin bu sektöründe yapılan reformlara çok büyük bir ilgi vardır. Devletler şimdilerde fosil yakıtlardan elektriğe tarihî bir geçiş yapmaktalar ve otomotivin geleceğine kimin egemen olacağını görmek için bir yarış var. Bu geçişin birçok aşaması var. Bunlardan ilki, halihazırda piyasada bulunan, benzini ve bir bataryadan aldığı elektriği bir arada kullanan hibrid arabalardır. Bu tasarımda, çoktandır var olan batarya sorunlarını çözmek için küçük, içten yanmalı bir motor kullanılır; çünkü uzun mesafeler boyunca enerji verebilmenin yanı sıra anlık ivme sağlayabilecek bir batarya yapmak çok zordur.

Ancak hibrid ilk adımdır. Örneğin, elektrikli hibrid araba, benzinli motora geçiş yapmak zorunda kalmadan önce, aracı elektrik enerjisi ile seksen kilometre kadar götürmeye yetecek güçlü bir bataryaya sahiptir. Bu, çoğu insan işe gidiş gelişini ve alışverişini en fazla elli kilometre içerisinde yaptığından, arabaların bu zaman süresince yalnızca elektrikle çalıştığı anlamına gelir.

Elektrikli hibrid araba yarışındaki büyük oyunculardan biri General Motors tarafından üretilen Chevy Volt'tur. Bu araba, (yalnızca bir lityum-iyon batarya ile) 65 kilometrelik bir menzile ve küçük benzinli motorunu kullanırsa 480 kilometrelik bir menzile sahiptir.

Bir de benzinli motoru olmayan Tesla Roadster var. Bu araba, bir Silikon Vadisi[13] şirketi olan Tesla Motors tarafından üre-

[13] *Silicon Valley*

tilmiştir. Tesla Motors, tamamen elektrikli arabaları seri olarak üreten ve satan Kuzey Amerika'daki tek şirkettir. Roadster, benzin yakıtlı bir araba ile başa baş gidebilen gösterişli bir spor arabadır ve böylelikle lityum-iyon bataryalarının benzinli motorlarla rekabet edip edemeyeceği tartışmasına son noktayı koymuştur.

Discovery Channel'ın ana şirketi Discovery Communications'ın kurucusu John Hendricks'e ait iki kişilik bir Tesla'yı kullanma şansım oldu. Sürücü koltuğuna oturur oturmaz, Bay Hendricks arabasını test etmem için bütün gücümle gaz pedalına basmam için beni kışkırttı. İsteğine uyarak tam gaz verdim. Güçteki o muazzam artışı anında hissettim. Yalnızca 3,9 saniye içinde ulaştığım saatte 95 kilometrelik bir hız bedenimi koltuğa yapıştırmıştı. Bir mühendisin tamamen elektrikli arabaların performansı hakkında övündüğünü duymak bir şeydir, gaza basıp bunu sizin bizzat hissetmeniz ise tamamen başka bir şeydir.

Elektrikli arabaların tahmininden onlarca yıl sonra gelen Tesla'nın bu piyasa başarısı, büyük otomobil üreticilerini, arayı kapatmaları için, sıkı bir çalışmaya zorlamıştır. Robert Lutz, General Motors'un başkan yardımcısı iken şunları söylemişti: "Burada General Motors'ta, tüm dahiler lityum iyon teknolojisinin daha bir on yıl uzakta olduğunu söyleyip durmuşlardı ve Toyota da bizimle aynı fikirdeydi—ve birden bir gümbürtü koptu, Tesla çıktı ortaya. 'Nasıl oluyor da, araba işi hakkında hiçbir şey bilmeyen gençlerin idaresindeki minik bir California işletmesi bunu yapabiliyor ve biz yapamıyoruz?' diye söylenmiştim kendi kendime."

Nissan Motors, ortalama tüketiciye hitap eden, tamamen elektrikli arabayı tanıtma görevini üstlenmiş durumda. Nissan'ın 160 kilometrelik bir menzile sahip arabasının ismi Leaf'tir,[14] saatteki maksimum hızı 145 kilometredir ve tamamen elektriklidir.

Tamamen elektrikli arabadan sonra, en nihayetinde sergileme alanlarında boy gösterecek bir diğer araba, yakıt hücreli[15]

---

[14] *yaprak* anlamına gelir. (ç.n.)
[15] *fuel cell*

arabadır. Buna bazen geleceğin arabası da denir. Honda Motor Şirketi,[16] 2008 yılının haziran ayında, dünyada ilk defa ticari olarak satışa sunulacak yakıt hücreli arabasının, FCX Clarity'nin haberini verdi. Bu araç 385 kilometrelik bir menzile, saatte 160 kilometrelik maksimum bir hıza ve dört kapılı standart bir sedanın sağladığı tüm olanaklara sahiptir. Yakıt olarak yalnızca hidrojen kullanır, benzine ve elektrik şarjına ihtiyaç duymaz. Ancak bu araba, hidrojen için kurulmuş bir altyapı henüz bulunmadığından, Amerika Birleşik Devletleri'nde yalnızca Güney California'da kiralanarak kullanılabiliyor. Honda aynı zamanda, FC Sport olarak adlandırdığı, yakıt hücreli arabasının bir spor versiyonunun da reklamını yapıyor.

Daha sonra, 2009 yılında, eski yönetimini (kısa ve öz bir biçimde söylersek) kovduktan sonra iflastan çıkan General Motors, yakıt hücreli arabası Chevy Equinox'un, 1 milyon mil'lik[17] bir test aşamasını geçmiş olduğunu açıkladı. Son yirmi beş ay boyunca, 5000 kişi bu yakıt hücreli arabaların 100 tanesini test etmekteydi. Küçük araba teknolojisini ve hibrit arabaları piyasaya sürmekte devamlı olarak Japonya'nın gerisinde kalan Detroit,[18] gelecekte tutunacak bir yer edinmeye çalışıyor.

Görünüşte, yakıt hücreli araç mükemmel bir araba. Hidrojen ve oksijeni bir araya getirerek elde ettiği elektrik enerjisini kullanarak çalışır, atık ürün olarak yalnızca su bırakır. Tek bir gram olsun kirli duman oluşturmaz. Bir yakıt hücreli arabanın egzoz borusunun ürkütücü bir görünüme sahip olduğu söylenebilir. Arkadan buram buram çıkan boğucu zehirli gazların yerine, tüm görünen renksiz, kokusuz su damlacıklarıdır.

On gün için Equinox'u test eden Mike Schwabl, "Elinizi egzoz borusuna koyuyorsunuz ve çıkan tek şey su. Öylesine hoş bir duyguydu." demişti.

---

[16] *Honda Motor Company*

[17] 1,6 milyon kilometre. (ç.n.)

[18] *Detroit*, bünyesinde barındırdığı Ford, Chrysler ve General Motors gibi dev otomotiv şirketleri nedeniyle dünyanın otomotiv başkenti olarak anılırdı. Araba endüstrisinde, son zamanlarda hep Japonya, Almanya, ve Güney Kore'nin arkasında kalmaya başladı, ve en sonunda 18 Haziran 2013'te iflasını ilan etti. (ç.n.)

Yakıt hücresi teknolojisi yeni bir şey değil. Temel çalışma ilkesinin ilk gösterimi 1839'lara kadar geri gider. NASA, uzayda araçlarına güç sağlamak için onyıllarca yakıt hücreleri kullandı. Yeni olan, araba üreticilerinin üretimi arttırma ve maliyeti düşürme kararlılığıdır.

Yakıt hücreli arabaların karşı karşıya olduğu bir başka problem, Henry Ford'un T modelini[19] piyasaya sürerken bir türlü peşini bırakmayan problemle aynıdır. O zamanın eleştirmenleri, benzinin tehlikeli olduğunu, insanların korkunç araba kazalarında hayatlarını kaybedeceğini, bir çarpışmada canlı canlı yanarak öleceğini iddia etmişlerdi. Ayrıca, neredeyse her köşe başında bir benzin pompasının olması gerekecekti. Eleştirmenler bu hususların hepsinde haklıydılar. Gerçekten de her yıl, binlerce insan tüyler ürpertici araba kazalarında yaşamlarını yitiriyor ve her yerde benzin istasyonları görüyoruz. Fakat arabaların hayatımızı kolaylaştıran faydaları o kadar fazladır ki insanlar bu gerçekleri dikkate almazlar.

Şimdi aynı itirazlar yakıt hücreli arabalara karşı gündeme gelmektedir. Hidrojen yakıtı uçucu ve patlayıcıdır ve her köşe başında hidrojen pompaları inşa edilmesi gerekecek. Büyük olasılıkla, eleştirmenler yine haklı çıkacaklar. Ancak hidrojen için bir altyapı kurulur kurulmaz, çevre kirliliğine neden olmayan bu yakıt hücreli arabalar insanlara o kadar uygun gelecekler ki, tüm bu gerçekler yine dikkate alınmayacak. Günümüzde, Amerika Birleşik Devletleri'nin tümünde, yakıt hücreli arabalar için yalnızca yetmiş tane yakıt ikmal istasyonu var. Yakıt hücreli bir araba, bir depo yakıtla 275 kilometre kadar bir yol alabilir, dolayısıyla bu arabayı kullanırken yakıt ibresini çok dikkatli takip etmek zorunda kalacaksınız. Ancak bu durum, özellikle seri üretim ve teknolojik gelişmelere paralel olarak yakıt hücreli arabaların fiyatları düşmeye başlayınca, yavaş yavaş değişecektir.

Ama elektrikli arabaların temel sorunu, elektrik bataryasının *yoktan* enerji yaratmamasıdır. Her şeyden önce bataryayı şarj etmeniz gerekir ve bu elektrik genellikle kömür yakan santrallerden gelir. Bu nedenle, elektrikli arabalar kirliliğe yol açmasalar da, sonuçta onların da enerji kaynağı fosil yakıtlardır.

---

[19] *the Model T*

Hidrojen net bir enerji üreticisi değildir. Daha çok, bir enerji taşıyıcısıdır. Her şeyden önce hidrojen gazı elde etmek zorundasınız. Örneğin, suyu hidrojen ve oksijene ayrıştırmak için elektrik kullanmak zorundasınız. Böyle olunca, her ne kadar elektrikli ve yakıt hücreli arabalar dumansız bir gelecek vaat etseler de, kullandıkları enerjinin büyük bir kısmı kömürün yakılmasıyla elde edilir ve bu hâlâ büyük bir problemdir. En nihayetinde hep termodinamiğin birinci yasasına çarpıyoruz: Toplam madde ve enerji miktarı yok edilemez ya da yoktan var edilemez. Hiçbir şeyden bir şey elde edemezsiniz.

Bu ise benzinden elektriğe geçiş yaparken, kömür yakan santrallerin bizzat kendilerinin de tamamen yeni bir enerji formuyla değiştirilmeleri gerektiği anlamına gelir.

Nükleer Fisyon[20]

Enerjiyi transfer etmek yerine onu yaratmanın olası bir yolu, uranyum atomunu bölmektir. Bunun üstünlük sağlayan tarafı, nükleer enerjinin kömür ve petrol yakan santraller gibi bol miktarda sera gazı üretmemesidir. Ancak, teknik ve politik problemler, onyıllardır nükleer enerji konusunu düğümlemiş durumda. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en son nükleer santral 1977 yılında inşa edilmeye başlanmıştı; bu, nükleer enerjinin ticari geleceğini felce uğratan Three Mile Adası'nda[21] 1979 yılında meydana gelen o kaçınılmaz kazanın öncesine denk gelir. Çernobil'de 1986'da gerçekleşen o meşum yıkıcı kaza, nükleer gücün kaderini yaklaşık bir otuz yıl mühürlemiş durumda. Nükleer enerji projelerine, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avrupa'da son verildi; Fransa, Japonya ve Rusya'da hükümetler, sağladıkları cömert sübvansiyonlarla, nükleer santrallere yaşam desteği vermeye devam ediyorlar.

Nükleer enerjideki problem, uranyum atomu parçalandığı zaman, çok büyük miktarlarda, binlerce hatta on milyonlarca yıl boyunca radyoaktif kalan, nükleer atık üretilmesidir. 1000

---

[20] *nuclear fission*: çekirdek bölünmesi/parçalanması. (ç.n.)

[21] *Three Mile Island*: Amerika Birleşik Devletleri'nde, Pennsylvania Eyaleti'nde bulunan, Susquehanna Nehri içinde, nükleer bir reaktörün bulunduğu küçük bir adacık. (ç.n.)

megawatt'lık[22] tipik bir reaktör, bir yıl içinde yaklaşık otuz ton en-üst-düzeyde-nükleer atık üretir. Bu atık o kadar radyoaktiftir ki, sözcüğün tam anlamıyla karanlıkta parlar ve özel soğutma havuzlarında saklanmak zorundadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 100 kadar ticari reaktör olduğu düşünülürse bir yıl içinde ortaya çıkan en-üst-düzeyde-nükleer atık miktarı binlerce tonu bulur.

Bu nükleer atık iki nedenden dolayı problemlere yol açar. İlk olarak, reaktör kapatıldıktan sonra bile atık sıcak kalır. Eğer soğutma suyu, Three Mile Adası'nda olduğu gibi kaza ile kapanırsa reaktörün çekirdeği erimeye başlar. Bu erimiş metal, su ile temas ederse reaktörü paramparça edebilecek bir buhar patlamasına ve tonlarca en-üst-düzeyde-radyoaktif yıkıntının havaya püskürmesine neden olabilir. 9. dereceden bir nükleer kazada, ki bu en kötüsüdür, muhtemelen milyonlarca insanın, reaktörden 15 ila 80 kilometre dışarıya hemen tahliye edilmesi gerekir. Indian Point reaktörü,[23] New York'un yalnızca 40 kilometre kuzeyindedir. Bir hükümet çalışması, Indian Point'te meydana gelebilecek bir kazanın, muhtemelen yüzlerce milyar dolarlık bir hasara neden olabileceğini tahmin etti. Three Mile Adası'nda, reaktör, kıtanın tüm kuzeydoğusunu felce uğratabilecek kadar büyük bir facia yaşanmadan birkaç dakika önce tekrar çalışmaya başladı. Reaktörün çekirdek sıcaklığı, uranyum dioksitin erime noktasına ulaşmadan 30 dakika kadar önce, işçiler soğutma suyunu tekrar reaktör çekirdeğine başarıyla yönlendirebildiler; felaket çok ucuz atlatılmıştı.

Kiev dışındaki Çernobil'de durum çok daha kötüydü. Güvenlik mekanizması (kontrol çubukları), işçiler tarafından elle devre dışı bırakılmıştı. Reaktörü kontrolden çıkaran küçük bir güç dalgalanması meydana geldi. Soğuk su birdenbire erimiş metalle temas edince, reaktörün üstünü tamamen havaya uçuran bir buhar patlaması meydana geldi, reaktör çekirdeğinin çok büyük bir kısmı havaya püskürdü. Kazayı kontrol altına almak için gönderilen işçilerin çoğu, radyasyon yanıkları nedeniyle en nihayetinde korkunç bir şekilde yaşamlarını yitirdiler.

---

[22] 1 megawatt, 1 milyon watt'a eşittir. (ç.n.)

[23] *the Indian Point reactor*

Reaktör yangınının kontrol altına alınamaması nedeniyle, son çare olarak Kızıl Hava Kuvvetleri[24] göreve çağrılmak zorunda kalındı. Özel korumalı helikopterler, alev alev yanan reaktörün üzerine boratlanmış su sıkmak için gönderildi. Nihayetinde, reaktör çekirdeğini katı betonla kaplamak zorunda kalmışlardı. Reaktör çekirdeği bugün bile hâlâ kararsız durumunu sürdürmekte, ısı ve radyasyon üretmeye devam etmektedir.

Erime ve patlama sorunlarına ek olarak, bir de atık sorunu vardır. Onları nereye koyacağız? Utanç vericidir ki, atom çağı içinde geçirdiğimiz elli yılın sonunda hâlâ hiçbir yanıt yoktur. Geçmişte, atıkların kalıcı bertarafı ile ilgili bir dizi hatalar yapılmıştır ve bunlar çok pahalıya patlamıştır. Başlangıçta, bir miktar atık, Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya tarafından basitçe okyanuslara atılmış ya da sığ çukurlara gömülmüştü. 1957 yılında, Ural Dağları'ndaki bir plütonyum atık alanı korkunç bir şekilde patlamıştı; bu olay, büyük çapta bir tahliye gerektirmiş ve Sverdlovsk ve Chelyabinsk arasındaki 1000 kilometre karelik bir alanda radyolojik zarara neden olmuştu.

İlk başlarda, 1970'lerde, Amerika Birleşik Devletleri en-üstdüzeyde-nükleer atıkları, Kansas, Lyons'daki tuz madenlerine gömmeye çalıştı. Ancak daha sonra, tuz madenlerinin kullanılamaz olduğu ortaya çıktı; çünkü buraları petrol ve gaz araştırmacılarınca açılan çok sayıda çukur nedeniyle zaten delik deşikti. Amerika Birleşik Devletleri, Lyons sahasını kapatmak zorunda kalmıştı, bu utanç verici bir aksamaydı.

Amerika Birleşik Devletleri, sonraki yirmi beş yıl içinde, Nevada'da bulunan devasa Yucca Dağı atık imha merkezinin[25] araştırma ve inşası için dokuz milyar dolar harcadı, ama Başkan Barack Obama projeyi 2009 yılında iptal etmek zorunda kaldı. Jeologlar, Yucca Dağı tesisinin 10.000 yıl boyunca nükleer atık depolamakta yetersiz olabileceğine ilişkin görüş belirtmişlerdi. Yucca Dağı tesisi asla açılmayacak ve sonuçta nükleer enerji santrallerinin ticari işleticilerinin kalıcı bir atık depolama tesisi de olmayacak.

---

[24] *the Red Air Force*

[25] *the Yucca Mountain waste-disposal center*

İçinde bulunduğumuz zamanda, nükleer enerjinin geleceği belirsizdir. Wall Street,[26] her bir yeni nükleer enerji santraline birkaç milyar dolar yatırım yapmak konusunda ürkek kalmaya devam ediyor. Ancak endüstri, en son nesil santrallerin daha öncekilerden daha güvenli olduğunu iddia ediyor. Bu arada, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı,[27] kapısını nükleer enerjiye açık tutmaya devam ediyor.

Nükleer Gücün Yaygınlaşması

Büyük güç beraberinde büyük tehlike getiriyor. Örneğin İskandinav mitolojisinde, Vikingler bilgelik ve adalet ile Asgard'a hükmeden Odin'e taparlardı. Odin, her savaşçıda olması gereken onurun ve cesaretin timsali olan kahraman Thor'un da dahil olduğu bir grup tanrıya başkanlık ederdi. Gel gör ki, kıskançlık ve nefretle kendini yiyip bitirmiş, kötülük tanrısı Loki de vardı. Her zaman entrikacıydı, aldatma ve hile konularında uzmandı. Loki en sonunda, karanlık ve aydınlık arasındaki son bir savaşa, destansı Ragnarök[28] savaşına, tanrıların şafağına,[29] neden olmak için devlerle işbirliği yaptı.

Bugünün problemi, devletler arasındaki kıskançlık ve düşmanlıkların, nükleer bir Ragnarök'a neden olma olasılığıdır. Tarih bize, ticari teknolojide uzmanlaşan bir devletin, buna isteği ve siyasi iradesi varsa nükleer silaha geçiş yapabileceğini gösteriyor. Nükleer silah teknolojisinin giderek Dünya'nın en kararsız bölgelerine doğru yaygınlaşması tehlike arz ediyor.

İkinci Dünya Savaşı sırasında, yeryüzünde yalnızca en büyük ülkelerin bir atom bombası yapabilmek için kaynakları, teknik bilgileri ve yetenekleri vardı. Ancak, gelecekte, bu eşik çarpıcı bir şekilde düşebilir; çünkü devam eden yeni teknolojiler uranyum zenginleştirme maliyetini oldukça azaltabilir. Sonuç olarak karşı karşıya kaldığımız tehlike şu: Daha yeni ve

---

[26] New York'ta, dünyanın büyük finans kuruluşlarının merkezlerini barındıran sokak. (ç.n.)

[27] *the Department of Energy*

[28] bu sözcük İskandinav mitolojisinde *kıyamet* anlamına da gelir. (ç.n.)

[29] *the twilight of the gods*

daha ucuz teknolojiler, atom bombasını kararsız ellere bırakabilir.

Atom bombası yapmanın anahtarı, büyük miktarda uranyum cevheri elde etmek ve sonra onu saflaştırmaktır. Bu ise (doğal olarak oluşan uranyumun %99,3'ünü meydana getiren) uranyum 238'i, (atom bombası için uygun olan fakat yalnızca geri kalan %0,7'yi oluşturan) uranyum 235'ten ayırmak anlamına gelir. Bu iki izotop kimyasal olarak aynıdır, bu nedenle ikisini birbirinden ayırmanın tek güvenilir yolu, uranyum 235'in kuzenine göre yaklaşık %1 daha az ağırlıkta olduğu gerçeğini kullanmaktır.

İkinci Dünya Savaşı sırasında, uranyumun iki izotopunu birbirinden ayırmanın tek yolu, gaz difüzyonu denilen zahmetli bir süreçti: Uranyum bir gaza (uranyum heksaflorid'e[30]) dönüştürülür ve yüzlerce kilometrelik boru sistemlerinden ve membranlardan[31] geçmeye zorlanırdı. Bu uzun yolculuğun sonunda, daha hızlı (yani, daha hafif) olan uranyum 235 daha ağır uranyum 238'i arkasında bırakarak yarışı kazanırdı. Uranyum 235 içeren gaz çıkartıldıktan sonra, uranyum 235'in zenginleştirme seviyesi %0,7'den, bomba yapmak için gerekli %90'a yükselene kadar bu işlem tekrar edilirdi. Ancak, gazın itilmesi için çok büyük miktarlarda elektrik gerekirdi. Savaş sırasında, Amerika Birleşik Devletleri'nin toplam elektrik kaynağının önemli bir kısmı bu amaçla Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'na[32] yönlendirilmişti. Bu zenginleştirme tesisi çok büyük bir yerdi, 186.000 metre karelik bir alanı kaplıyordu ve 12.000 çalışanı vardı.

Savaştan sonra yalnızca iki süper güç, Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği, büyük miktarlarda nükleer silah stokları (her biri 30.000 kadar) biriktirebildi; çünkü onlar gaz difüzyon sanatında ustalaşmışlardı. Ancak bugün, tüm dünyadaki zenginleştirilmiş uranyum miktarının yalnızca %33'ü gaz difüzyonundan geliyor.

---

[30] *uranium hexafluoride*

[31] *membrane*: membran, (ince) zar. (ç.n.)

[32] *Oak Ridge National Laboratory*

İkinci nesil zenginleştirme tesisleri, daha ileri ve daha ucuz bir teknolojiye sahip ultrasantrifüjleri[33] kullanır. Bu ayırıcıların kullanımı, dünya siyasetinde köklü bir değişim yaratmıştır. Ultrasantrifüjler, uranyum içeren bir kapsülü dakikada 100.000 devire çıkan hızlarda çevirebilirler. Bu hız, uranyum 235 ve uranyum 238 arasındaki %1'lik kütle farkını ayırmaya yeter. Nihayetinde, uranyum 238 dibe batar. Birçok devirden sonra, uranyum 235 tüpün üstünden ayırılabilir.

Harcanan enerji söz konusu olduğunda, ultrasantrifüjler gaz difüzyonundan elli kez daha verimlidir. Dünya uranyumunun aşağı yukarı %54'ü bu şekilde saflaştırılır.

Ultrasantrifüj teknolojisi ile bir yılda bir atom bombasına yetecek kadar zenginleştirilmiş uranyum üretmek için, sürekli çalışan 1000 ultrasantrifüj olması yeterlidir. Ultrasantrifüj teknolojisi kolayca çalınabilir. Tarihteki en kötü nükleer güvenlik olaylarından birinde, pek az tanınan bir atom mühendisi, A.Q. Khan, ultrasantrifüj ve atom bombası bileşenlerinin detaylı planlarını çalmayı başardı ve bunları para karşılığında sattı. A.Q. Khan, 1975'te Amsterdam'da, Avrupa reaktörlerine uranyum sağlamak için, İngiltere, Batı Almanya ve Hollanda tarafından kurulan URENCO için çalışırken, bu gizli planları Pakistan hükümetine verdi ve ulusal kahraman ilan edildi. Ayrıca, onun bu çok gizli bilgileri Saddam Hüseyin'e ve İran, Kuzey Kore ve Libya hükümetlerine sattığından kuşkulanılmaktadır.

Pakistan, bu çalıntı teknolojiyi kullanarak, küçük bir nükleer silah stoğu yaratmayı başardı ve bunları 1998'de test etmeye başladı. Pakistan ve Hindistan arasındaki bitmek tükenmek bilmeyen nükleer rekabet nedeniyle, her ikisi de [test amaçlı] bir seri atom bombası patlatmıştı, bu iki rakip ülke arasında neredeyse bir nükleer çatışma çıkıyordu.

Söylentilere bakılırsa İran, muhtemelen A.Q. Khan'dan satın aldığı teknoloji sayesinde, nükleer programını hızlandırdı, 2010 yılına kadar 8.000 ultrasantrifüj inşa etti, bunlara 30.000 daha ekleme niyeti var. İran'ın bu çabaları, diğer Orta Doğu devletle-

[33] *ultracentrifuge*: çok yüksek hızlı merkezkaç ayırıcı. (ç.n.)

ri üzerinde kendi atom bombalarını yapmaları için bir baskı oluşturarak, bölgede süregelen istikrarsızlığı daha da arttırdı.

Yirmi birinci yüzyılın jeopolitiğini değiştirebilecek ikinci neden, ultrasantrifüjlerden bile daha ucuz olma potansiyeli taşıyan, bir başka nesil zenginleştirme teknolojisinin -lazerli zenginleştirmenin[34]- devreye giriyor olmasıdır.

Eğer uranyumun bu iki izotopunun elektron kabuklarını incelerseniz, görünüşte aynı olduklarını düşünürsünüz; çünkü her ikisinin çekirdeği de aynı elektrik yüküne sahiptir. Fakat, elektron kabuklarının denklemlerini çok dikkatli analiz ederseniz, uranyum 235 ve uranyum 238'in elektron kabukları arasında çok küçük bir enerji farkının olduğunu görürsünüz. Son derece hassas ayarlanmış bir lazer ışınını uranyum örneklerine yöneltirseniz, uranyum 235'in kabuğundan elektronlar koparabilirken, uranyum 238'in kabuklarından elektron koparamazsınız. Uranyum 235 atomları iyonize oldukları zaman, bir elektrik alan ile uranyum 238'den kolayca ayrıştırılabilirler.

Ama iki izotop arasındaki enerji farkı o kadar küçüktür ki, birçok ülke bu [bilimsel] gerçekten yararlanmaya çalıştıysa da, hepsi başarısız oldu. 1980'li ve 1990'lı yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, İngiltere, Almanya, Güney Afrika ve Japonya bu zor teknolojide ustalaşmaya çalıştılar ve başarısız oldular. Amerika Birleşik Devletleri'nde, böylesine bir girişim 500 bilim insanı ve 2 milyar dolar içeriyordu.

Ama 2006 yılında, Avustralyalı bilim insanları yalnızca problemi çözmekle kalmayıp aynı zamanda bunu ticarileştirmek niyetinde olduklarını açıkladılar. Uranyum yakıtının maliyetinin %30'u zenginleştirme işleminden kaynaklandığı için, Avustralya şirketi Silex[35] bu teknolojinin bir pazarı olabileceğini düşündü. Silex, ticarileştirmeyi başlatmak için General Electric (GE)[36] ile bir sözleşme bile imzaladı. En nihayetinde, bu yönte-

---

[34] *laser enrichment* ya da *laser isotope separation* (lazerli izotop ayrıştırıcı). (ç.n.)

[35] *Silex Systems Limited.* "Silex" sözcüğü *separation of isotopes by laser excitation* (lazer tahrikli izotop ayrıştırma) ifadesinin bir kısaltmasıdır. (ç.n.)

[36] *General Electric*: Thomas Edison tarafından 1876'da kurulmuş, uzun yıllar Birleşik Devletler'in elektrik dağıtımını yürütmüş, hâli hazırda dünyanın en büyük ikinci şirketi; faaliyet göstermediği alan yok gibidir. (ç.n.)

mi kullanarak dünya uranyumunun üçte biri kadarını üretmeyi umuyorlar. 2008'de, GE-Hitachi Nükleer Enerji[37] kuruluşu, ilk ticari lazer zenginleştirme tesisini, 2012 yılına kadar, North Carolina, Wilmington'da inşa etme planlarını duyurdu. Bu tesis, 6,5 milyon metre karelik bir arazinin 800 bin metre karelik bir kısmında yer alacak.

Bunlar nükleer güç endüstrisi için iyi haberler; çünkü önümüzdeki birkaç yıl içinde, zenginleştirilmiş uranyum maliyeti aşağı çekilecek. Ancak, bu teknolojinin Dünya'nın istikrarsız bölgelerinde yaygınlaşması yalnızca bir zaman sorunu olduğundan, bazıları endişeli. Diğer bir deyişle, zenginleştirilmiş uranyum akışını sınırlamak ve düzenlemek için anlaşmalar imzalamaya hâlâ bir fırsatımız var. Bu teknolojiyi kontrol etmezsek, bomba yaygınlaşmaya devam edecek, muhtemelen terörist grupların eline de geçecek.

Ahbaplarımdan biri, Pentagon için en büyük ve en küçük nükleer savaş başlıklarını tasarlamanın herkese nasip olmayan ayrıcalığına sahip olmuş, şimdi hayatta olmayan Theodore Taylor'du. Onun tasarımlarından biri, yalnızca 23 kilogram ağırlığında olan, ama düşmana küçük bir atom bombası fırlatma yeteneğine sahip Davy Crockett[38] idi. Taylor öyle hevesli bir nükleer bomba destekçisiydi ki, bir uzay gemisini yakın yıldızlara sevketmek için nükleer bomba kullanılması düşünülen Orion projesi üzerinde bile çalışmıştı. Böyle bir uzay aracının, arka arkaya nükleer bomba bırakması sonucu oluşacak şok dalgalarıyla, ışık hızına yakın hızlarda gideceğini hesaplamıştı.

Bir keresinde ona, neden nükleer bomba tasarlamaktan vazgeçtiğini ve güneş enerjisi üzerinde çalışmaya başladığını sordum. Tekrar tekrar aklına gelen bir kâbusu olduğunu söyledi. Nükleer silahlar üzerine yaptığı çalışmaların, tek bir şeye, üçüncü nesil atomik savaş başlıklarının üretilmesine, neden olduğunu hissetmişti. (1950'lerin birinci nesil savaş başlıkları kocamandı, hedeflerine taşınmaları zordu. 1970'lerin ikinci nesil savaş başlıkları ise küçüklerdi, derli toplulardı, on tanesi bir fü-

---

[37] *General Electric-Hitachi Nuclear Energy*

[38] nükleer silaha bu isim, halk kahramanı, sınır bekçisi bir asker ve politikacı olan *David "Davy" Crockett* (1786-1836) anısına verilmiştir. (ç.n.)

zenin ön kısmına sığabilirdi. Ancak, üçüncü nesil bombalar "tasarlanmış bombalar"dır; orman, çöl ve hatta dış uzay gibi çeşitli ortamlarda çalışmaları için özel olarak uyarlanmışlardır.) Bu üçüncü nesil bombalardan biri, minyatür atom bombasıdır, o kadar küçüktür ki bir terörist onu rahatlıkla bavulunda taşıyabilir ve bütün bir şehri yok etmek için kullanabilir. Ömrünü verdiği çalışmasının bir terörist tarafından bir gün kullanılabileceği fikri, hayatının geri kalanında hep Taylor'ı takip etti.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Küresel Isınma

Yüzyılın ortasına geldiğimizde, fosil yakıt ekonomisi en güçlü etkisini tam kapasite hissettiriyor olacak; bu küresel ısınma[39] problemidir. Bugün, Dünya'nın ısınıyor olduğu gerçeği inkâr edilemez. Geçen yüzyıl içinde, Dünya'nın sıcaklığı 0,72 °C yükseldi ve yükselme hızı artıyor. Bunun işaretleri baktığımız her yerde açıkça görülmektedir:

- Kuzey kutup bölgesindeki Arktik buzul kalınlığı, yalnızca son elli yıl içinde çarpıcı bir şekilde %50 azalmıştır. Bu Arktik buzulun çoğu donma noktasının hemen altında bulunur ve su üzerinde yüzmektedir. Bu nedenle, okyanusların küçük ısı değişimlerine karşı keskin bir şekilde çok duyarlıdırlar; bu bakımdan, bir maden kuyusundaki kanarya gibi erken uyarı sistemi gibi davranırlar. Bugün, Kuzey Kutbu'ndaki buzulların bir kısmı yaz aylarında kaybolmaktalar ve 2015 yazında, [geçici olarak] tamamen gözden kaybolabilir. Kutuplardaki buzul örtüsü bu yüzyılın sonunda, [bir daha oluşmamacasına] temelli yok olabilir; bu, gezegenimiz etrafındaki okyanus ve hava akıntılarında değişim yaratır, Dünya'nın iklimini altüst eder.
- Grönland'ın buzul sahanlığı 2007 yılında 62 kilometre kare küçüldü. Bu sayı 2008 yılında 184 kilometre kareye

[39] *global warming*

fırladı. (Eğer Grönland buzulunun tamamı bir şekilde erirse dünya çapında deniz seviyeleri altı metre kadar artar.)

- Onbinlerce yıldır durağan olan Antarktika buzulu yavaş yavaş kırılıyor, büyük parçalar oluşuyor. 2000 yılında, 11.000 kilometre kare buzul içeren, Connecticut Eyaleti büyüklüğünde bir parça kopup ayrıldı. 2002 yılında, Rhode Adası[40] büyüklüğündeki bir buz parçası, Thwaites Buzulu'ndan[41] kopup ayrıldı. (Eğer tüm Antarktika buzulları eriyecek olursa deniz seviyeleri dünya çapında 55 metre kadar artar.)
- Okyanuslardaki her 30 santimetrelik dikey bir yükseliş için, okyanusun yatay olarak yayılması yaklaşık 30 metre civarındadır. Şimdiden, çoğunlukla ısınan deniz suyunun genişlemesi nedeniyle, deniz seviyeleri son yüzyıl içinde 20 santimetre arttı. Birleşmiş Milletler'e göre, deniz seviyeleri 2100 yılına kadar 18 ila 58 santimetre arası yükselebilir. Bazı bilim insanları, Birleşmiş Milletler raporunun verileri yorumlamada aşırı derecede temkinli olduğunu söyledi. Colorado Üniversitesi'nin[42] Arktik ve Alp Araştırma Enstitüsü'ndeki[43] bilim insanlarına göre, deniz seviyeleri 2100 yılına kadar 8 ila 15 santimetre arası yükselebilir. Öyle ya da böyle, Dünya'nın kıyı haritası yavaş yavaş değişecek.
- Sıcaklıklar ancak 1700'lerin sonlarında güvenilir bir şekilde kaydedilmeye başlanmıştır; 1995, 2005 ve 2010 yılları, şimdiye kadar yaşanmış en sıcak yıllar olarak kaydedildi; 2000 ile 2009 yılları arası en sıcak onyıldı. Aynı şekilde, karbondioksit seviyeleri önemli ölçüde yükselmekte, 100.000 yılın en yüksek düzeylerine ulaşmış durumdalar.
- Dünya ısındıkça, tropikal hastalıklar yavaş yavaş kuzeye göç ediyor. Sivri sineklerce taşınan Batı Nil virüsünün[44]

---

[40] *Rhode Island*
[41] *Thwaites Glacier*
[42] *the University of Colorado*
[43] *Institute of Arctic and Alpine Research*
[44] *the West Nile virus*

son zamanlardaki yayılması, yakında olacak [kötü] şeylerin bir alameti olabilir. Birleşmiş Milletler yetkilileri, özellikle kuzeye doğru yayılmakta olan sıtma hakkında endişeliler. Genellikle, pek çok zararlı böceğin yumurtaları, her kış toprak donduğunda ölür. Bu ise kış sezonunun kısalmasıyla, tehlikeli böceklerin amansızca kuzeye doğru yayılması anlamına gelir.

Karbondioksit – Sera Gazı

Birleşmiş Milletler'in Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne[45] göre, bilim insanları, %90 görüş birliğiyle, küresel ısınmanın insan faaliyetleri nedeniyle, özellikle de petrol ve kömür yakımından kaynaklanan karbondioksit üretimi nedeniyle, meydana geldiği sonucuna vardılar. Güneş ışığı kolayca karbondioksitten geçer. Fakat güneş ışığı Dünya'yı ısıtırken, karbondioksitten kolayca geçip geri dönemeyen kızılötesi bir radyasyona neden olur. Güneş ışığından gelen enerji uzaya geri kaçamaz ve tutulur kalır.

Benzer bir etkiyi seralarda ya da arabalarda da görürüz. Camın kaçmasını engellediği güneş ışığı havayı ısıtır.

Özellikle son yüzyılda üretilen karbondioksit miktarı, kaygı verici bir şekilde katlanarak büyüdü. Sanayi Devrimi'nden[46] önce, havanın karbondioksit içeriği bir milyonda 270 parça (ppm)[47] idi. Bugün 387 ppm değerine fırlamış durumda. (1900 yılında, Dünya 150 milyon varil petrol tüketti. Bu miktar 2000 yılında, 185 katlık bir artışla, 28 milyar varile fırladı. 2008 yılında, fosil yakıtların kullanımı ve ormanların tahribatı nedeniyle, 9,4 milyar ton karbondioksit havaya gönderildi, ama bunun yalnızca 5 milyar tonunu okyanuslar, toprak ve bitkiler geri kazandırdı. Kalanı önümüzdeki onyıllar boyunca havada kalacak, Dünya'yı ısıtacak.)

---

[45] *the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change*
[46] *the Industrial Revolution*
[47] *ppm: parts per million*

İzlanda Ziyareti

Buz çekirdeklerini[48] analiz ederek görebileceğimiz gibi, sıcaklık artışı bir rastlantı değildir. Bilim insanları, Kuzey Kutbu'ndaki çok eski buzulların derinliklerine sondajla ulaşarak, binlerce yıllık hava kabarcıklarını dışarı çıkartabildiler. Bilim insanları, bu kabarcıkların içindeki havayı kimyasal olarak analiz ederek, 600.000 yıldan daha fazla geriye gidebiliyor, o zamanlardaki atmosferin sıcaklık ve karbondioksit içeriğini yeniden oluşturabiliyorlar. Kısa süre içinde, bir milyon yıl öncesinin hava koşullarını belirleyebilecekler.

Bütün bunları ilk elden görme şansım oldu. Bir defasında İzlanda'nın başkenti Reykjavik'te bir konferans vermiş, buz çekirdeklerinin analizlerinin yapıldığı İzlanda Üniversitesi'ni[49] ziyaret etme ayrıcalığına sahip olmuştum. Uçağınız Reykjavik'e indiğinde ilk ve tek göreceğiniz şey, Ay'ın kasvetli manzarasına benzeyen kar ve sivri kayalardan ibaret bir görüntüdür. Çorak ve tehditkâr olmasına karşın, bu arazi Kuzey Kutbu'nu Dünya'nın yüz binlerce yıl önceki iklimini analiz etmek için ideal bir yer yapar.

Donma sıcaklığında tutulan laboratuvarlarını ziyaret ederken, kalın buzdolabı kapılarından geçmek zorunda kaldım. İçerisi metal tüpler içeren raflarla doluydu; her bir tüpün çapı aşağı yukarı 4 santimetre ve uzunluğu 25 santimetre kadardı. Her bir boş tüp, matkap gibi, bir buzulun derinliklerine sokulmuştu. Tüp buzun içine girdiğinde, binlerce yıl önce yağmış kar örneklerini yakalamış/toplamış oluyordu. Tüpler çıkarıldığında, her birinin buzlu içeriğini dikkatlice inceleyebildim. İlk başta tüm görebildiğim uzun beyaz bir buz sütunuydu. Daha yakından incelediğimde, bu buz sütununun farklı renklerde minik bantların bir araya gelmesinden meydana gelmiş çubuklara sahip olduğunu görebildim.

Bilim insanları bunları tarihlemek için çeşitli teknikler kullanmak zorundadır. Buz katmanların bazıları, bir volkanik pat-

---

[48] *ice core*: bir buzul katmanından diklemesine çıkarılan, ince uzun buz örneği; yüz binlerce yıllık bilgi içerir. (ç.n.)

[49] *the University of Iceland*

lamada yayılmış kurum gibi, önemli olayları gösteren işaretler içerir. Bu patlamaların tarihleri büyük bir doğrulukla bilindiğinden, bunları katmanın ne kadar eski olduğunu belirlemekte kullanabilirsiniz.

Daha sonra buz çekirdekleri incelenebilecekleri kalınlıkta dilimler halinde kesildi. Mikroskopta bir dilimin içine dikkatlice bakınca, minik, mikroskobik kabarcıklar gördüm. On binlerce yıl önce, hatta insan uygarlığının yükselişinden bile önce, çökelip kalmış hava kabarcıklarına baktığımı fark ettim, ürperdim.

Her hava kabarcığının içindeki karbondioksit içeriği kolayca ölçülebilir. Ancak, buzun çökeldiği zamanki hava sıcaklığını hesaplamak daha zordur. (Bunu yapmak için, bilim insanları kabarcıktaki suyu analiz ederler. Su molekülleri farklı izotoplar içerebilir. Sıcaklık düştüğünde, ağır su izotopları, tipik su moleküllerinden daha hızlı yoğunlaşırlar. Dolayısıyla, daha ağır izotopların miktarını ölçerek, su moleküllerinin yoğunlaştığı sıcaklığı hesaplayabilirsiniz.)

Binlerce ton buz çekirdeği içeriğinin yorucu analizinden sonra, bu bilim insanları bazı önemli sonuçlara ulaştılar. Sıcaklık ve karbondioksit seviyelerinin, birlikte hareket eden iki hız treni gibi, binlerce yıldır eş zamanlı bir biçimde paralel davrandıklarını buldular. Bir seviye yükseldiğinde ya da alçaldığında, öteki seviye de aynısını yapıyordu.

En önemlisi ise sıcaklık ve karbondioksit içeriğinde tam da son yüzyıl içinde meydana gelen ani bir yükselme bulmaları oldu. Bu oldukça sıradışıdır; çünkü çoğu dalgalanma binlerce yıl boyunca yavaşça meydana gelir. Bilim insanları, bu sıradışı ani yükselmenin doğal ısınma sürecinin bir parçası olmadığını, aksine doğrudan insan faaliyetlerinin bir işareti olduğunu iddia ediyorlar.

Bu ani artışın insan faaliyetlerinden kaynaklandığını, doğal döngülerin bir sonucu olmadığını gösterecek başka yollar da vardır. Günümüzde bilgisayar simülasyonları o kadar gelişti ki, yeryüzü sıcaklığını, insan aktivitesinin varlığında ve yokluğunda, simüle edebiliriz. Karbondioksit üreten bir uygarlığın yokluğunda, nispeten düz bir sıcaklık eğrisi buluruz. Fakat insan aktivitelerinin eklenmesiyle, hem sıcaklıkta ve hem de kar-

bondioksit miktarında ani bir artış olması gerektiğini gösterebiliriz. Tahmin edilen artış ile gerçek artış birbiriyle mükemmel örtüşür.

Son olarak, Dünya yüzeyinin her metrekaresine düşen güneş ışığı miktarını ölçebiliriz. Bilim insanları, Dünya'dan dış uzaya yansıyan ısı miktarını da hesaplayabilirler. Normalde, girdi çıktı eşitliğinden, bu iki miktarın birbirine eşit olmasını bekleriz. Gerçekte ise halihazırda Dünya'yı ısıtan net enerji miktarını buluruz. İnsan faaliyetlerince üretilen enerji miktarını da hesaplarsak mükemmel bir eşleşme buluruz. Sonuç olarak, Dünya'nın mevcut ısınma probleminin nedeni insan faaliyetleridir.

Ne yazık ki, her türlü karbondioksit üretimini hemen durduracak olsak bile daha önce atmosfere salınmış gazın miktarı, küresel ısınmayı önümüzdeki onyıllar boyunca devam ettirmek için yeterlidir.

Sonuç olarak, yüzyılın ortasına geldiğimizde, durum vahim olabilir.

Bilim insanları, deniz seviyeleri yükselmeye devam ederse yüzyıl ortasında ve sonrasında kıyı şehirlerimizin ne şekilde görüneceklerinin resimlerini ortaya çıkarttılar. Kıyı şehirleri ortadan kaybolabilirler. Wall Street su altında kalabilir, Manhattan'ın büyük bir kısmını boşaltmak zorunda kalabiliriz. Hükümetler, büyük şehirlerinin ve başkentlerinin hangilerinin kurtarılmaya değer ve hangilerinin umutsuz olduğuna karar vermek zorunda kalacaklar. Bazı şehirler, hendekler, setler ve bent kapaklarının doğru ve ileri kullanımlarıyla kurtarılabilirler. Bazı şehirlerin durumu umutsuz addedilebilir, okyanus altında kaybolmalarına izin verilebilir; bu ise kitlesel insan göçlerine neden olur. Böyle bir şeyin dünya ekonomisi üzerinde yıkıcı bir etkisi olacaktır; çünkü dünyanın ticaret ve [yoğun] nüfus merkezlerinin çoğu okyanus yakınındadır.

Bazı şehirler kurtarılabilse bile, büyük fırtınaların bir şehrin içine, oradaki alt yapıyı felç edecek dev su dalgaları gönderme tehlikesi her zaman vardır. Örnek vermek gerekirse 1992 yılında dev bir fırtına dalgası Manhattan'ı sular altında bıraktı, New Jersey'e ulaşan metro sistemini ve trenleri felç etti. Ulaşım sistemi sular altında kalırsa ekonomi zınk diye durur.

Bangladeş ve Vietnam Selleri

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli[50] tarafından hazırlanan bir rapor, olası bir felaket için üç sorunlu bölge belirledi: Bangladeş, Vietnam'ın Mekong Deltası ve Mısır'daki Nil Deltası.

En kötüsü, Bangladeş'in durumudur; fırtınalar bu ülkeyi, küresel ısınmadan önce bile, sürekli sular altında bırakıyordu. Ülkenin büyük bir kısmı deniz seviyesindeki ovalardan oluşur. Son birkaç onyıl içindeki önemli kazanımlarına karşın, hâlâ dünyadaki en yoksul ülkelerden biridir. Dünyadaki en yüksek nüfus yoğunluklarından biri bu ülkededir. (Ancak Rusya'nın nüfusu ile karşılaştırılabilen, 161 milyonluk büyükçe bir nüfusa sahiptir, ama sahip olduğu toprak Rusya topraklarının yalnızca 120'de biridir.) Eğer deniz seviyeleri 90 santimetre artacak olursa bu ülkenin yaklaşık %50'lik bir kısmı kalıcı olarak sular altında kalacak. Bangladeş'te neredeyse her yıl doğal felaketler meydana gelir, ancak 1998 Eylül'ünde, tüm dünya [gelecekte] olabileceklere korku içinde tanık oldu. Çok büyük bir sel baskını ülkenin üçte ikisini su altında bıraktı, neredeyse bir gecede 30 milyon insan evsiz kaldı, 1000 kişi yaşamını yitirdi ve yollarının 10.000 kilometresi kullanılmaz hale geldi. Bu modern tarihin gördüğü en kötü doğal afetlerden biriydi.

Deniz seviyesindeki bir artışla harap olacak başka bir ülke de Vietnam'dır; burada özellikle Mekong Deltası savunmasız bir durumdadır. Yüzyıl ortasına geldiğimizde, 87 milyonluk bir nüfusa sahip bu ülkenin belli başlı tarım alanları bir felaketle yüz yüze kalabilir. Vietnam'daki pirincin yarısı, 17 milyon kişiye ev olan Mekong Deltası'nda yetiştirilir; yükselen deniz seviyeleri yüzünden, bu deltanın büyük kısmı temelli sular altında kalacaktır. Dünya Bankası'na[51] göre, deniz seviyeleri yüzyıl ortasına kadar 90 santimetre artarsa tüm nüfusun %11'i yerinden olacaktır. Ayrıca, Mekong Deltası tuzlu sular altında kalacak, bu bölgenin verimli toprakları kalıcı olarak kullanılamaz hale gelecek. Sel, Vietnam'daki milyonları evlerinden ederse çoğu

---

[50] *(the UN's) Intergovernmental Panel on Climate Change*
[51] *the World Bank*

sığınmacı olarak Ho Chi Minh şehrine akın edecektir. Ancak bu şehrin de dörtte biri su altında olacaktır.

2003 yılında Pentagon'un[52] ısmarladığı, Global Bussiness Network[53] tarafından yapılan bir çalışma, bir en-kötü-durum senaryosunda küresel ısınmanın neden olacağı bir kaos ortamının tüm dünyaya yayılabileceğini gösterdi. Milyonlarca mülteci ülke sınırlarını geçebilir, hükümetler tüm otoritelerini kaybedip çökebilir ve böylece ülkeler bir yağma, isyan ve karmaşa kâbusuna düşebilirler. Böylesine vahim bir durumda, çaresiz insanların ülkelerine akın etme olasılığı ile yüz yüze kalan devletler, nükleer silahlara tevessül edebilirler.

Bu raporda, "Sınırlarında mültecilerle çarpışan Pakistan, Hindistan ve Çin'in –tümü nükleer silahlara sahiptir– komşularıyla paylaştıkları nehirleri ve ekilebilir arazileri zaptettiklerini gözünüzün önüne getirin." ifadesi yer aldı. Global Bussiness Network'un kurucusu ve bu Pentagon çalışmasının baş yazarı, bu senaryonun ayrıntılarını bana aktardı. En sorunlu bölgenin Hindistan ve Bangladeş arasındaki sınır olacağını söyledi. Bangladeş'te olması olası büyük bir kriz, insanlık tarihinin en büyük göçlerinden birini kıvılcımlayabilir, 160 milyon kişi evlerinden sürülebilir. Sınırlar ortadan kalkınca gerginlik hızla tırmanabilir, yerel yönetimler felç olur ve toplu isyanlar patlak verir. Schwartz, devletlerin son çare olarak nükleer silah kullanabileceğini düşünüyor.

En-kötü-durum senaryosunda, kendi kendisini besleyen bir sera etkisi altında kalabiliriz. Örneğin, kuzey kutup bölgelerindeki tundraların erimesi nedeniyle, çürüyen bitki örtüsünden milyonlarca ton metan gazı salınabilir. Tundralar, Kuzey Yarımküre'de 23 milyon kilometrekarelik bir alanı kaplar, on binlerce yıl önceki son Buz Çağı'ndan[54] kalma donmuş bir bitki örtüsü içerir. Bu tundralar, atmosferden daha fazla karbondioksit ve metan içerir ve bu, Dünya'nın havası için muazzam bir tehdit oluşturur. Dahası, metan gazı, karbondioksitten çok daha

---

[52] *The Pentagon*: Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı ve Genelkurmay Başkanlığı. (ç.n.)

[53] dilimize *Küresel Ticaret Ağı* diye çevrilebilir. (ç.n.)

[54] *Ice Age*

ölümcül bir sera gazıdır. Uzun süre atmosferde kalmaz, ama karbondioksitten çok daha fazla hasara neden olur. Eriyen tundralardan büyük miktarlarda salınan metan gazı, sıcaklıkların hızla yükselmesine neden olabilir; bu ise daha da çok metan gazı salımına neden olabilir ve sonuçta kontrolsüz bir küresel ısınma döngüsüne girilebilir.

Teknik Düzeltmeler

Durum berbat görünüyor, ama henüz geri dönüşü olmayan noktaya ulaşmadık. Sera gazlarını kontrol etme problemi teknik değil, aksine büyük ölçüde ekonomik ve politiktir. Karbondioksit üretimi, ekonomik faaliyetlerle ve dolayısıyla sermayeyle doğrudan ilişkilidir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Dünya karbondioksiDinin kabaca %25'ini üretir; çünkü bu ülke, Dünya'daki tüm ekonomik faaliyetlerin aşağı yukarı %25'ine ev sahipliği yapar. 2009 yılında, esas olarak ekonomisinin çok hızlı büyümesinden dolayı, Çin sera gazı oluşturmada Amerika Birleşik Devletleri'ni geçti. Bu, devletlerin küresel ısınma ile başa çıkmak için çok isteksiz davranmalarının temel nedenidir: Böylesine bir çaba, ekonomik faaliyetler ve dolayısıyla refah [düşüncesi] ile çatışır.

Küresel ısınma kriziyle başa çıkabilmek için çeşitli tasarılar geliştirilmiştir, ama nihai bir sonuç için hızlı bir düzeltme yeterli olmayabilir. Yalnızca enerjiyi tüketme şeklimizde yapacağımız büyük bir değişim sorunu çözecektir. Bazı teknik tedbirler ciddi bilim insanlarınca savunulsa da hiçbiri geniş kabul görmedi. Öneriler şunlardır:

- **Atmosfere kirleticiler fırlatmak.** İlk öneri, yukarı atmosfere, gelen güneş ışığını uzaya geri yansıtacak, böylece Dünya'yı soğutacak sülfürdioksit gibi kirleticileri serbest bırakacak, roketler göndermektir. Uzaya "kıyamet cihazı" olarak kirlilik fırlatmayı savunan aslında Nobel ödüllü Paul Crutzen'dir; bunu, insanlığın küresel ısınmayı durdurması için son bir çare olarak görüyordu. Bu fikrin kökeni, bilim insanlarının, 10 milyar ton toz ve kirliliği yukarı atmosfere savuran, Filipinler'deki Pinatubo Da-

ğı'nda meydana gelen devasa volkanik patlamayı dikkatlice gözlemledikleri, 1991 yılına dayanır. Bu patlama gökleri kararttı ve ortalama sıcaklığın dünya çapında 0,56 °C düşmesine neden oldu. Bu, Dünya'nın sıcaklığını düşürmek için ne kadar kirletici gerekeceğinin hesabını da mümkün kıldı. Ciddi bir öneri olmasına karşın, bazı yorumcular bunun tek başına sorunu çözebileceğinden kuşkuluydular. Büyük miktarlardaki kirleticilerin Dünya'nın sıcaklığını nasıl etkileyeceği çok az biliniyor. Beklenen faydalar kısa ömürlü olabilir, ya da istenmeyen yan etkiler asıl problemden daha kötü olabilir. Örneğin, Pinatubo Dağı patlamasından sonra, küresel yağışlarda ani bir düşüş oldu; benzer şekilde, ters giden bir deney, çok büyük kuraklıklara neden olabilir. Maliyet tahminleri saha testlerinin yapılması için 100 milyon dolar gerekeceğini gösteriyor. Sülfat aerosollerin etkisi geçici olduğundan, bunlardan atmosfere her yıl düzenli olarak çok büyük miktarlarda enjekte etmek en az 8 milyar dolara mal olacaktır.

- **Deniz yosunları (algler) yaratmak.** Başka bir öneri de okyanuslara demir-bazlı kimyasallar dökmektir. Bu mineral besinler, alglerin[55] okyanuslarda gelişmesine neden olacak, bu da algler tarafından emilen karbondioksit miktarını arttıracaktır. California merkezli bir kurum olan Planktos, Atlas Okyanusu'nun güneyindeki bir bölgeyi, tek taraflı olarak, demir mineralleriyle gübrelemek için özel bir çabaya girişeceğini duyurdu; havadaki karbonsioksiti emecek plankton[56] miktarlarını bilerek arttırmayı umuyorlardı. Ancak, denizlere bırakılabilecek atıklar konusunu düzenleyen Londra Sözleşmesi'ne[57] imza atan ülkeler, Planktos'un bu çabasıyla ilgili bir "endişe raporu"[58] yayınladılar. Ayrıca, bir Birleşmiş Milletler grubu,

---

[55] *algae*

[56] *plankton*: ancak su ile hareket edebilen, denizlerdeki besin zincirinin en ufak ve ilkel yaratıkları; suda sürüklenen hayvanlar, tek hücreli *protist*ler ve *arkea*lar ve algler bu kategori içinde görülürler. (ç.n.)

[57] *the London Convention*

[58] *"statement of concern"*

bu tip deneylerin geçici olarak durdurulması çağrısında bulundu. Planktos'un parası bitince, deneyler sona erdirildi.

- **Karbon tutma.** Bir başka olasılık da, bir karbon tutma[59] yöntemi kullanmaktır; bunda, kömür yakan santrallerden yayılan karbondioksit sıvılaştırılarak ortamdan ayrıştırılacak ve sonra muhtemelen yer altına gömülecek. Bu yöntem prensipte çalışabilir, ama çok pahalı bir işlemdir ve halihazırda atmosfere atılmış olan karbondioksite hiçbir şey yapamaz. Mühendisler 2009 yılında ilk karbon tutma testini dikkatlice gözlemlemeye başladılar. 1980'de Batı Virginia'da inşa edilen devasa Mountaineer enerji santrali, ortamdan karbondioksiti ayrıştırmak için yenilendi; kömür yakıp elektrik üreten bu tesis, Amerika Birleşik Devletleri'nde karbon tutma deneylerinin yapıldığı ilk yer oldu. Sıvılaştırılmış gaz yerin 2400 metre altına, bir dolomit[60] tabakanın içine, enjekte edilecek. Bu sıvı en sonunda, dokuz ila on iki metre arası bir yüksekliğe ve yüzlerce metre uzunluğa sahip bir kütle oluşturacak. Santralin sahibi olan American Electric Power şirketi, iki ila beş yıl içinde, her yıl 100.000 ton karbondioksit enjekte etmeyi planlıyor. Bu rakam, santralin bir yılda dışarı saldığı gazın yalnızca %1,5'luk kısmına eşittir, ama sistem en sonunda bu rakamı %90'a kadar çıkartabilecek. Başlangıç maliyeti 73 milyon dolar civarındadır. Başarı yakalanırsa bu model hızla, yakınlarda bulunan, 6 milyon watt enerji üreten, dört devasa kömürle çalışan santral gibi (bu bölgeden sıklıkla Megawatt Vadisi[61] olarak bahsedilir), diğer santrallere de yaygınlaştırılabilecek. Öte yandan büyük belirsizlikler de var: Kabondioksit gazının depolandığı yerde kalıp kalmayacağı ya da su ile karışıp karışmayacağı belli değildir; su ile karışırsa muhtemelen yer altı sularını zehirleyecek karbonik asit oluşturacak.

---

[59] *carbon sequestration*

[60] *dolomite*: kalsiyum magnezyum karbonattan oluşan bir çeşit beyaz mermer. (ç.n.)

[61] *the Megawatt Valley*

Ancak, başarılı olursa bu proje küresel ısınma ile başa çıkmak için kullanılacak teknolojilerin çok önemli bir parçası haline gelebilir.

- **Genetik mühendisliği.** Başka bir öneri, özellikle büyük miktarlardaki karbondioksiti absorbe edebilecek yaşam formları oluşturmak amacıyla genetik mühendisliğinden yararlanmaktır. Bu yaklaşımın coşkulu bir destekçisi, insan genom dizilimini başarıyla gerçekleştiren yüksek hızlı tekniklere öncülük ederek ün ve servet elde eden J. Craig Venter'dir. "Bizler genomları, hücrenin yazılımı, hatta işletim sistemi olarak görürüz." diyor. Venter'in amacı, bu yazılımı yeniden yazmaktır, böylece mikroplar genetik olarak değiştirilebilecek, hatta neredeyse sıfırdan yaratılacak ve sonuçta bu mikroplar, kömür yakan santrallerden çıkan karbondioksiti absorbe edecekler ve onu doğal gaz gibi yararlı maddelere dönüştürecekler. "Zaten gezegenimiz üzerinde bunu nasıl yapacağını bilen binlerce, belki de milyonlarca organizma var." diyor Venter. Buradaki püf nokta, bu organizmaları, ürünlerini arttıracak ve kömürle çalışan santrallerde çoğalacak bir şekilde değiştirmektir. Venter iyimser bir şekilde, "Bizler, bu alanın, muhtemelen bir on yıl içinde petrokimya endüstrisiyle yer değiştirecek kadar muazzam bir potansiyele sahip olduğunu düşünüyoruz" diyor.

  Princeton'lı[62] fizikçi Freeman Dyson başka bir varyasyonu savundu: Genetik olarak tasarlanmış, karbondioksit absorbe etme becerisine sahip çeşitli ağaçlar yaratmak. Muhtemelen bu tipteki bir trilyon ağacın, havadaki karbondioksiti kontrol etmek için yeterli olabileceğini belirtti. "Atmosferdeki Karbondioksiti Kontrol Edebilir miyiz?" başlıklı makalesinde, karbondioksit seviyesini düzenleyecek, "hızlı büyüyen ağaçların" oluşturduğu bir "karbon bankası" yaratma fikrini savundu. Ancak, genetik mühendisliğin büyük ölçekte kullanılacağı her planda olduğu gibi, yan etkiler konusunda çok dikkatli olunmak

[62] *Princeton University*

zorundadır. Kimse bir yaşam formunu, kusurlu bir arabayı geri çağırır gibi geri çağıramaz. Bir kez çevreye salındığında, genetik olarak tasarlanmış bu yaşam formları diğer yaşam formları için istenmeyen sonuçlara yol açabilir, özellikle de yerel bitkilerin türlerini yerinden eder, besin zinciri dengesini bozarsa.

Bu planların herhangi birine para sağlama konusunda politikacılar arasında bariz bir ilgi eksikliği olması üzücüdür. Bununla birlikte, bir gün, küresel ısınma o kadar acı verici ve yıkıcı olacak ki politikacılar bu planların bazılarını uygulamak zorunda kalacaklar.

Önümüzdeki birkaç onyıllık zaman kritik dönem olacaktır. Yüzyıl ortasına geldiğimizde, hidrojen çağında olabiliriz; o zaman, füzyon,[63] güneş enerjisi ve yenilenebilir enerjinin bir arada kullanılıyor olduğu, fosil yakıtı tüketimine çok daha az bağımlı bir ekonomiye sahip olabiliriz. Piyasa güçlerinin ve hidrojen teknolojisindeki gelişmelerin bir araya gelmesiyle, küresel ısınma için uzun vadeli bir çözüme ulaşabiliriz . Hidrojen ekonomisinin yerini almadan önceki tehlikeli dönem, şu anda içinde olduğumuz dönemdir. Kısa vadede, fosil yakıtlar hâlâ enerji üretmenin en ucuz yoludur ve bu nedenle, küresel ısınma önümüzdeki onyıllar boyunca bir tehlike teşkil etmeye devam edecek.

Füzyon Enerjisi

Yüzyıl ortasına geldiğimizde, oyunu değiştiren yeni bir seçenek ortaya çıkacak: Füzyon. O zaman geldiğinde, füzyon tüm teknik düzeltmelerin en uygulanabiliri olacak, belki de küresel ısınma problemi için bize kalıcı bir çözüm sunacak. Fisyon enerjisi uranyum atomunu bölerek enerji (ve büyük miktarlarda nükleer atık) üretmeye dayanırken, füzyon enerjisi hidrojen atomlarının büyük ısıyla birleştirilmesine dayanır, bu nedenle de (çok az atık ile) çok daha fazla enerji açığa çıkar.

---

[63] *(nuclear) fusion*, (çekirdek) birleşmesi: iki hafif elementin çarpışarak daha ağır bir element oluşturması. (ç.n.)

Fisyon enerjisinin aksine, füzyon enerjisi Güneş'in nükleer enerjisini ortaya çıkarır. Hidrojen atomunun derinlikleri içine gömülmüş olan, tüm evrenin enerji kaynağıdır. Füzyon enerjisi Güneş'i ve gökleri aydınlatır. Yıldızların sırrıdır. Füzyon enerjisini başarıyla kontrol edebilen herhangi biri, sınırsız sonsuz enerji kaynağının önündeki tüm engelleri kaldırmış olacaktır. Bu füzyon santralleri için gereken yakıt, bildiğimiz deniz suyundan gelir. Eşit koşullarda karşılaştırıldığında, füzyon benzinden 10 milyon kat daha fazla enerji açığa çıkarır. 30 mililitrelik bir bardak su, 500.000 varil petrolün enerji içeriğine sahiptir.

Füzyon (fisyon değil!) doğanın evrene enerji vermek için tercih ettiği yoldur. Bir yıldız oluşumunda, hidrojence zengin bir gaz topu, çekim kuvveti tarafından yavaş yavaş sıkıştırılır; bu gaz topunun gittikçe ısınmasına yol açar ve muazzam sıcaklıklara ulaşıncaya kadar devam eder. Gaz yaklaşık 50 milyon derece civarına ulaştığında (bu özel koşullara bağlı olarak değişir), gaz içindeki hidrojen çekirdekleri, helyum oluşturmak için birleşene kadar birbirlerine çarparlar. Bu süreç içinde, devasa miktarlarda enerji açığa çıkar, bu ise gazın yanmasına neden olur. (Daha doğrusu, gazın sıkışması, belirli bir süre için belirli bir yoğunluktaki hidrojen gazını, belirli bir sıcaklığa ulaşana dek sıkıştırmak zorunda olduğunuzu belirten, adına Lawson ölçütü[64] denilen bir şeyi sağlamak zorundadır. Yoğunluk, sıcaklık ve zamanı içeren bu üç koşul yerine getirilirse bir füzyon tepkimesi elde edersiniz; bu tepkime bir atom bombası, bir yıldız ya da bir reaktördeki füzyon olabilir.)

Sonuç olarak elimizdeki anahtar şu: Çekirdekler kozmik miktarlarda enerji açığa çıkarıp birleşene kadar, hidrojen gazını ısıtmak ve sıkıştırmak.

Ancak, bu kozmik enerjiden yararlanmayı amaçlayan önceki girişimler başarısız oldu. Hidrojen gazını, protonlar helyum gazı oluşturmak için birleşene ve muazzam miktarlarda enerji açığa çıkarana kadar, on milyonlarca dereceye ısıtmak çok ama çok güç bir iştir, şeytanca bir zekâ gerektirir.

Dahası, bilim insanlarının her yirmi yılda bir, füzyon enerjisinin yirmi yıl uzakta olduğunu iddia etmeleri nedeniyle, ka-

---

[64] *Lawson's criterion*

muoyunun bu iddialar hakkında kuşkuları vardır. Yine de, onyıllardır ileri sürdükleri aşırı iyimser iddiaların ardından, fizikçiler füzyon enerjisinin 2030 gibi yakın bir zamana kadar geleceğinden gittikçe daha emin oluyorlar. Yüzyıl ortalarına geldiğimizde, kırsal alanlara dağılmış füzyon santralleri görebiliriz.

Geçmişte birçok sahtecilik, dolandırıcılık ve başarısızlık olduğundan, kamuoyunun füzyon hakkında kuşkucu olma hakkı vardır. Amerika Birleşik Devletleri'nin ve Sovyetler Birliği'nin Soğuk Savaş[65] çılgınlığı içinde olduğu ve hummalı bir şekilde çalışarak ilk hidrojen bombasını geliştirmeye çalıştığı 1951 yılında, Arjantin Başkanı Juan Perón büyük bir tantana ve medya kampanyasıyla, ülkesindeki bilim insanlarının Güneş'in gücünü kontrol etme adına çığır açan bir buluş yaptıklarını ilan etti. Hikâye, büyük bir gürültü koparttı. *New York Times*'ın ilk sayfasında yayınlanmış olmasına karşın, inanılmaz görünüyordu. Arjantin, süper güçlerin yapamadığını yapmış, Perón'u övündüren çok önemli bir bilimsel atılım gerçekleştirmişti. Ronald Richter, Almanca konuşan ve tanınmayan bir bilim insanı, Arjantin için sınırsız enerji ve sonsuz zafer vaat eden "thermotron"u finanse etmesi için Perón'u ikna etmişti.

Rusya ile giriştiği amansız rekabet nedeniyle, hâlâ hidrojen bombası üretmek için füzyonla boğuşan Amerikan bilim camiası, iddiaların saçma olduğunu ilan etti. Atom fizikçisi Ralph Lapp, "Arjantinlilerin kullandığı diğer materyalin ne olduğunu biliyorum. Bu palavradır." dedi.

Basın, Perón'un bu iddiasına çabucak Palavra Bomba[66] adını verdi. Arjantinlilerin haklı olabileceklerine ilişkin "en ufak bir olasılık" var mıdır diye atom fizikçisi David Lilienthal'a soruldu. "Çok daha az" diye karşılık verdi.

Yoğun baskı altında kalan Perón yalnızca iddiasında ayak diredi; Arjantin [bilimde] onları geçti diye süper güçlerin kıskandığını ima etti. Gerçek bir sonraki yıl, Perón'un temsilcileri Richter'in laboratuvarını ziyaret ettiklerinde ortaya çıktı. Eleştiriler karşısında, Richter giderek dengesiz ve tuhaf davranmaya başladı. Müfettişler geldiğinde, oksijen tankı kullanarak labora-

---

[65] *Cold War*

[66] *the Baloney Bomb*

tuvarın kapısını havaya uçurdu, sonra da bir kâğıt parçasına "atom enerjisi" sözcüklerini karaladı. Reaktörün içine enjekte etmek için barut istedi. Hakkında verilen hüküm muhtemelen deli olduğuydu. Müfettişler bir parça radyumu Richter'in "radyasyon sayaçlarının" yanına yerleştirdiler, hiçbir şey olmadı; çok net bir şekilde tüm donanımı bir düzmeceden ibaretti. Richter daha sonra tutuklandı.

Ama en ünlü vaka, Utah Üniversitesi'nde[67] iki saygın kimyager olan Stanley Pons ve Martin Fleischmann'a aittir; 1989 yılında "soğuk füzyon"u, yani füzyonu oda sıcaklığında gerçekleştirdiklerini iddia ettiler. Paladyum metalini suya yerleştirdiklerini, metalin sihirli bir şekilde hidrojen atomlarını helyuma dönüşene kadar sıkıştırdığını, böylece güneş enerjisinin bir masa üstünde açığa çıktığını iddia ettiler.

Şok gecikmedi. Dünyadaki hemen hemen her gazete ön sayfasına bu keşfi koydu. Gazeteciler bir gece içinde enerji krizinin son bulduğunu ve yeni bir sınırsız enerji çağının başlamakta olduğunu konuşmaya başladılar. Dünya basını bir sirke döndü, medya abartısı tavan yaptı. Utah eyaleti, bir Soğuk Füzyon Ulusal Enstitüsü kurulması adına 5 milyon dolarlık bir tasarıyı parlamentodan hemen geçirdi. Hatta Japon otomobil fabrikaları, bu yeni alandaki araştırmaları teşvik için milyonlarca dolar bağışta bulunmaya başladılar. Soğuk füzyon peşinde, tutkusal bir takip belirmeye başladı.

Richter'in aksine, Pons ve Fleischmann bilim camiasında saygındılar ve diğerleriyle kendi sonuçlarını paylaşmaktan memnundular. Deney ekipmanlarını ve elde ettikleri verileri, tüm dünyanın görmesi için dikkatlice hazırlayıp ortaya koydular.

Ama sonra işler çok karıştı. Deney donanımı çok basit olduğu için, dünya çapında birçok grup, bu parmak ısırtan sonuçları tekrar tekrar elde etmeyi denedi. Ne yazık ki, çoğu grup açığa çıkan net bir enerji bulmakta başarısız oldu ve soğuk füzyonun bir çıkmaz sokak olduğunu beyan etti. Bazı grupların deneyi tekrarlamada başarılı olduklarına ilişkin ara sıra çıkan iddialar nedeniyle, hikâye canlı tutuldu.

---

[67] *the University of Utah*

Son olarak, fizik camiası tartışmaya katıldı. Pons ve Fleischmann'ın denklemlerini analiz ettiler ve onları eksik buldular. İlk olarak, eğer iddiaları doğru olsaydı, su dolu kaptan Pons ve Fleischmann'ı öldürecek kadar şiddetli bir nötron yağmuru yayılmalıydı. (Tipik bir füzyon tepkimesinde, iki hidrojen çekirdeği şiddetli bir şekilde çarpışır ve birleşir; sonuçta ortaya enerji, bir helyum çekirdeği ve bir de nötron çıkar.) Pons ve Fleischmann'ın hâlâ hayatta olduğu gerçeği deneyin çalışmadığı anlamına geliyordu. Eğer deneyleri soğuk füzyon üretmiş olsaydı, onlar radyasyon yanıklarından ölmek üzere olurlardı. İkinci olarak, muhtemelen Pons ve Fleischmann, bir termonükleer tepkimeden çok, bir kimyasal tepkime bulmuşlardı. Son olarak, fizikçiler, paladyum metalinin hidrojen atomlarını, hidrojeni helyuma dönüştürmeye yetecek kadar yakına bağlayamayacağına hükmettiler. Böyle bir şey kuantum kuramının yasalarını ihlal ederdi.

Ama tartışma bugün bile bitmiş durumda değil. Hâlâ birilerinin soğuk füzyonu başardıklarına ilişkin ara sıra çıkan iddialar var. Problem, hiç kimsenin istenildiği anda ve güvenilir bir şekilde soğuk füzyonu elde edememesidir. Sonuçta, yalnızca ara sıra çalışacaksa bir otomobil motoru yapmanın ne anlamı var? Bilim, her zaman çalışan, tekrarlanabilir, test edilebilir ve çürütülebilir sonuçlara dayanır.

Sıcak Füzyon

Ama füzyon enerjisinin avantajları o kadar büyüktür ki, birçok bilim insanı onun baştan çıkarıcı çağrısına[68] kulak vermiştir.

Örneğin, füzyon minimum kirlilik oluşturur. Nispeten temizdir ve doğanın evrene enerji sağlama yoludur. Füzyonun bir yan ürünü, aslında ticari değeri olan helyum gazıdır. Bir başka yan ürün ise en sonunda gömülmek zorunda olan füzyon haznesinin radyoaktif çeliğidir; yalnızca birkaç onyıl için biraz tehlikelidir. Ancak, (binlerce yıl, hatta onlarca milyon yıl daya-

[68] metnin aslında bu ifade "siren call" olarak geçiyor; Yunan mitolojisinde *sirenler* deniz kızlarına benzer canlılardır, etrafı kayalıklarla çevrili bir adada yaşarlar; denizciler sirenlerin şarkılarından büyülenirler, gemilerini kayalıklara sürerler, ve sonunda sirenlere yem olurlar. (ç.n.)

nan, otuz ton en-üst-düzeyde-nükleer atığı bir yılda üreten) bir füzyon santrali, standart uranyum fisyon santraliyle karşılaştırıldığında, önemsiz bir miktarda nükleer atık üretir.

Öte yandan, füzyon santrallerinde bir erime felaketi yaşanmaz. Uranyum fisyon santralleri, reaktör çekirdekleri içinde tonlarca en-üst-düzeyde-nükleer atık içerdiklerinden, kapatıldıktan sonra bile değişen miktarlarda ısı üretirler. Katı çeliği bile en nihayetinde eritebilen ve yer altı sularına sızabilen, bir buhar patlaması yaratarak bir Çin Sendromu[69] kâbusu yaratabilen, işte bu artık ısıdır.

Füzyon santralleri doğaları gereği daha güvenlidirler. Bir açıdan "füzyon erimesi" kavramı bir çelişkidir. Örneğin, bir füzyon reaktörünün manyetik alanı kapanacak olursa sıcak plazma haznenin duvarlarına çarpar ve füzyon süreci derhal sonlanır. Böylece, füzyon santrali denetimsiz bir zincir tepkimeye girmektense bir kaza durumunda derhal kendi kendisini kapatır.

San Diego'daki California Üniversitesi'ndeki[70] Enerji Araştırma Merkezi'ni[71] yöneten Farrokh Najmabadi, "Santral yerle bir olsa bile, tel örgülerin bir kilometre dışındaki radyasyon seviyesi o kadar küçük olacaktır ki bir tahliyeye gerek bile kalmayacaktır." diyor.

Ticari füzyon enerjisinin tüm bu muhteşem avantajlarına karşın, hâlâ küçük bir ayrıntı var: Füzyon mevcut değil! Henüz hiç kimse çalışan bir füzyon santrali yapamadı.

Ama fizikçiler ihtiyatlı iyimserliklerini sürdürüyorlar. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük füzyon reaktörlerinden biri olan DIII-D'yi[72] yöneten, General Atomics çalışanı David E.

---

[69] *the China Syndrome*: birazcık bilimkurgu kokan, bir nükleer reaktör kaza senaryosu. Kazanın nedeni reaktör soğutucularının kaybıdır, bu reaktör çekirdeğinin erimesine yol açar, ama durmaz, tüm santrali, oradan da yer kabuğunu eritir, yoluna devam eder, ta ki dünyanın öbür tarafına, Çin'e ulaşana dek! (ç.n.)

[70] *the University of California*

[71] *the Center for Energy Research*

[72] DIII-D, 1980'lerde geliştirilen bir *Tokamak* makinesinin ismidir; manyetik olarak hapsedilmiş füzyonu (*magnetically confined fusion*) gerçekleştirme amacıyla yapılmıştır. (ç.n.)

Baldwin, "On yıl önce, bazı bilim insanları, füzyonun laboratuvarda bile mümkün olup olmadığını sorguladı. Bizler şimdi füzyonun çalışacağını biliyoruz. Tek sorun ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığıdır." diyor.

NIF — Füzyonu Lazerle Gerçekleştirmek

Bütün bunlar önümüzdeki birkaç yıl içinde oldukça dramatik bir biçimde değişebilir.

Çeşitli yaklaşımlar aynı anda denenmekteler ve onlarca yıldır yapılan yanlış başlangıçlardan sonra, fizikçiler en sonunda füzyonu elde edeceklerine ikna oldular. Fransa'da, birçok Avrupa ülkesi, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve diğerleri tarafından desteklenen, Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktörü (ITER)[73] bulunur. Amerika Birleşik Devletleri'nde de Ulusal Ateşleme Tesisi (NIF)[74] vardır.

NIF lazer füzyon makinesini ziyaret etme şansım oldu, beni muhteşem bir görüntü karşılamıştı. Hidrojen bombası ile yakından ilgili olduğundan, NIF reaktörü, ordunun hidrojen savaş başlıkları tasarladığı Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda[75] kurulmuştur. İçeri girebilmek için birçok güvenlik katmanından geçmek zorunda kaldım.

Ama reaktör benim için gerçekten harika bir deneyim oldu. Ben üniversite laboratuvarlarında lazerler görmeye alışkınım (aslında, New York Eyaleti'ndeki en büyük lazer laboratuvarlarından biri, New York Şehir Üniversitesi'nde[76] tam da benim ofisimin altındadır), ama NIF tesisleri diğerlerine göre ezici bir üstünlüğe sahipti. Tesisler üç futbol sahası büyüklüğünde on katlı bir bina içinde yer alır; uzun bir tünelin aşağısına doğru ateşlenen 192 devasa lazer ışını vardır. Bu, Dünya'daki en büyük lazer sistemidir, daha önceki herhangi bir lazer sisteminden altmış kat daha fazla enerji sağlar.

Lazer ışınları bu uzun tünelden aşağı doğru ateşlenince, her bir ışını küçük bir toplu iğne başı büyüklüğündeki bir topakçı-

---

[73] *the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)*

[74] *the National Ignition Facility (NIF)*

[75] *the Lawrence Livermore National Laboratory*

[76] *the City University of New York*

ğa odaklayan bir dizi aynaya vururlar; bu hedef döteryum ve trityumdan (hidrojenin iki izotopu) oluşur. İnanılmaz bir şekilde, 500 trilyon watt'lık bir lazer gücü, çıplak gözle zor görünen bu küçük topakçık üzerine odaklanır, onu 100 milyon derecede kavurur; bu sayı Güneş'in merkezindeki sıcaklıktan çok daha fazladır. (Böylesine muazzam bir darbenin enerjisi, yarım milyon nükleer güç santralinin bir anlık enerji üretimine eşdeğerdir.) Mikroskobik topakçığın yüzeyi hızla buharlaşır, onu içe çökerten bir şok dalgasına yol açar ve sonuçta füzyon enerjisi açığa çıkar.

NIF 2009 yılında tamamlandı ve şu anda testlerden geçiyor. Her şey planlandığı gibi giderse tükettiği kadar enerji yaratabilecek ilk makine olabilir. Bu makine ticari anlamda elektrik enerjisi üretmek için tasarlanmamıştır; lazer ışınlarının, hidrojence zengin malzemelere odaklanarak, onları çok yüksek derecelere kadar ısıtabileceklerini ve net bir enerji üretimi sağlayabileceklerini göstermek için tasarlanmıştır.

NIF tesislerinin yöneticilerinden birisi olan Edward Moses ile projesine ilişkin umut ve hayalleri hakkında konuştum. Başındaki bareti ile Dünya'nın en büyük lazer laboratuvarından sorumlu iyi bir nükleer fizikçi olmaktan daha çok bir inşaat işçisi gibi göründü gözüme. Geçmişte çok sayıda yanlış başlangıçlar yapıldığını kabul ediyordu. Ancak, şu an üzerinde çalıştıkları sonuna kadar gerçekti: O ve ekibi, tarih kitaplarına girecek kadar önemli bir başarıyı gerçekleştirmek üzereydiler, güneşin enerjisini, hem de yeryüzünde, barışçıl amaçlar için, ilk defa zaptetmek üzereydiler. Onunla konuşunca, NIF gibi projelerin, hedeflerinin gerçekleşeceğine gerçekten inanan insanların tutku ve enerjileri ile nasıl hep canlı tutulduğunu fark ediyorsunuz. Moses, ancak Amerika Birleşik Devletleri başkanını bu laboratuvara, tarih yazıldığını duyurmak için davet edebildiği gün, anın tadını çıkarabildiğini söyledi.

NIF daha en başında kötü bir başlangıç yapmıştı. (Tuhaf şeyler de olmuştu; NIF'in bir önceki yardımcı müdürü E. Michael Campbell'in Princeton'da[77] doktorasını tamamladığı konu-

[77] *Princeton University*

sunda yalan söylediği ortaya çıkınca, 1999'da istifa etmesi için zorlanmıştı.) Akabinde, tesislerin 2003 olarak hedeflenen bitirilme tarihinde kaymalar başladı. Maliyetler 1 milyar dolardan 4 milyar dolara çıktı. Nihayet altı yıl sonunda, Mart 2009'da tesisler tamamlandı.

Şeytan ayrıntıda gizlidir derler. Örneğin lazer füzyonunda, bu 192 lazer ışını, minik bir topakçığın yüzeyine son derece hassas bir şekilde çarpmak zorundadır; bunda amaç, topakçığın her tarafında, aynı anda ve aynı düzeyde, *içeriye* doğru bir patlama yaratabilmektir.

Işınlar bu minnacık hedefe, saniyenin 30 trilyonda biri gibi inanılmaz küçük zaman dilimi içinde vurmak zorundadır. Lazer ışınlarının en küçük bir hizalama hatası ya da topakçıktaki en ufak bir düzensizlik, topakçığın asimetrik olarak ısınmasına neden olur; bu ise topakçığın küresel olarak *içeriye* patlamak yerine, bir başka tarafından *dışa* patlaması anlamına gelir.

Topakçıktaki düzensizlik 50 nanometreden[78] (ya da 150 kadar atomdan) daha fazla ise topakçık düzgün bir şekilde içeriye patlamakta yine başarısız olur. (Bu, bir fırlatıcının bir beyzbol topunu, 560 kilometrelik bir mesafeden vuruş bölgesindeki yakalayıcıya atmaya çalışması gibidir.) Yani lazerlerin hizalanması ve topakçık düzgünlüğü, lazer füzyonunun yüz yüze kaldığı iki büyük problemdir.

NIF'e ek olarak, Avrupa Birliği kendi lazer füzyon modelini de destekliyor. Yüksek Güçlü Lazer Enerjisi Araştırma Tesisleri'nde (HiPER)[79] bir reaktör inşa edilecek; NIF'ten daha küçük ama muhtemelen ondan daha verimli olacak. HiPER inşaatının 2011 yılında başlayacağı düşünülüyor.[80]

Birçok insanın umutları NIF'e bağlıdır. Ancak, lazer füzyonu beklendiği gibi çalışmazsa kontrollü füzyon için başka, hatta "güneşi bir şişeye koymak" gibi çok daha ileri bir öneri vardır.

---

[78] 1 nanometre, metrenin milyarda 1'ne eşittir. (ç.n.)

[79] *the High Power Laser Energy Research Facility (HiPER)*, burada "hiper" sözcüğü ile, çok ama çok (güçlü) anlamındaki "hyper" sözcüğüne bir gönderme vardır. (ç.n.)

[80] en son durumu için "www.hiper-laser.org" sayfası ziyaret edilebilir. (ç.n.)

ITER – Bir Manyetik Alan İçinde Füzyon

Fransa'da başka bir tasarımdan yararlanılıyor. Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör'ü,[81] (ITER), sıcak hidrojen gazını [bir yerde] hapsetmek için devasa manyetik alanlar kullanır. ITER, hidrojence zengin bir malzemeden oluşmuş minik bir topakçığı *bir anda* içe çökertmek için lazer kullanmak yerine, hidrojen gazını *yavaşça* sıkıştırmak için bir manyetik alan kullanır. Makine, çelikten yapılmış içi boş devasa bir simite çok benzer; ortadaki büyük boşluktan geçecek şekilde, simitin üzerine sarılmış manyetik bobin teli vardır. Manyetik alan, hidrojen gazının simit şeklindeki haznenin içinden kaçmasını engeller, onu orada hapseder. Gaz içinden, şok dalgası şeklinde bir elektrik akımı geçirilir, bu gazın ısısını arttırır. Manyetik alan ile sıkıştırılmış gaz üzerine bir elektrik şoku gönderilmesi, içerdeki gazın ısısını milyonlarca dereceye çıkartır.

Füzyon oluşturmak için bir "manyetik şişe"[82] kullanma fikri yeni değildir, aslında 1950'lere kadar geri gider. Peki neden bu kadar çok gecikme yaşandı? Neden füzyon enerjisini ticarileştirmek bu kadar uzun sürdü?

Problem, manyetik alanı, hidrojen gazını son derece düzgün olarak sıkıştıracak bir şekilde, onun herhangi bir bölgede çıkıntı/şişkinlik yaratmasına izin vermeden, çok hassas ayarlamak zorunluluğudur. Hava dolu bir balonu, ellerinizle düzgün bir şekilde sıkıştırmayı denediğinizi düşünün. Balonun elleriniz ve parmaklarınız arasındaki boşluklardan çıkıntı yaptığını görecek, balonu düzgün bir şekilde sıkıştırmanın neredeyse mümkün olmadığını anlayacaksınız. Sonuçta problem, gazı sıkıştırmakta karşılaşılan düzensizliktir ve bu fiziğin değil mühendisliğin bir problemidir.

Bu aslında oldukça gariptir; çünkü yıldızlar hidrojen gazını rahatlıkla sıkıştırabiliyorlar, evrenimizde gördüğümüz trilyonlarca başka yıldızları oluşturabiliyorlar. Öyle görünüyor ki, Doğa Ana göklerdeki yıldızları yaratırken hiç uğraşmıyor, öyleyse biz niçin aynısını yeryüzünde yapamıyoruz? Bu sorunun ceva-

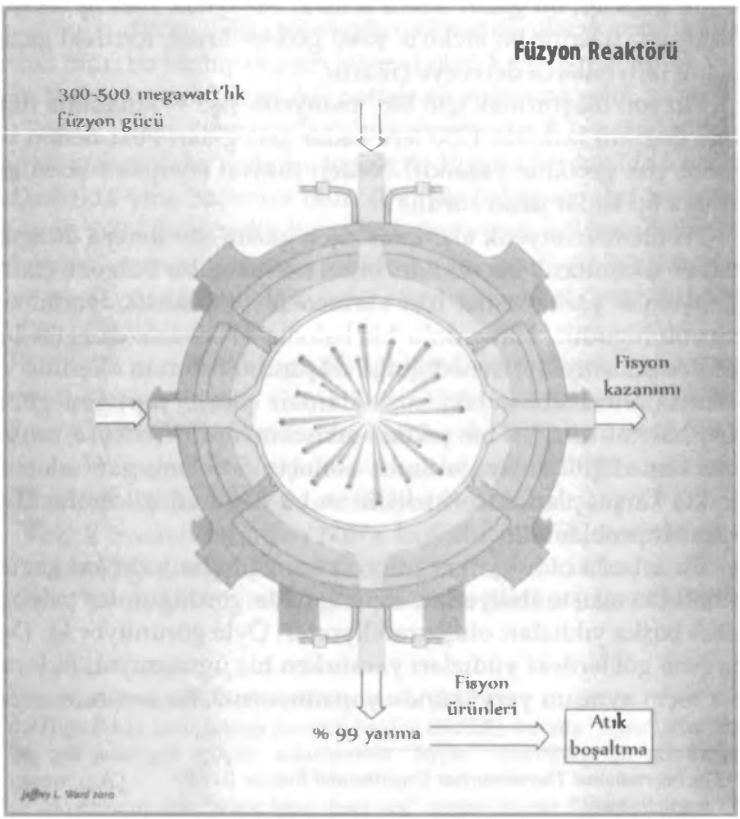
---

[81] *The International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)*

[82] *"magnetic bottle"*

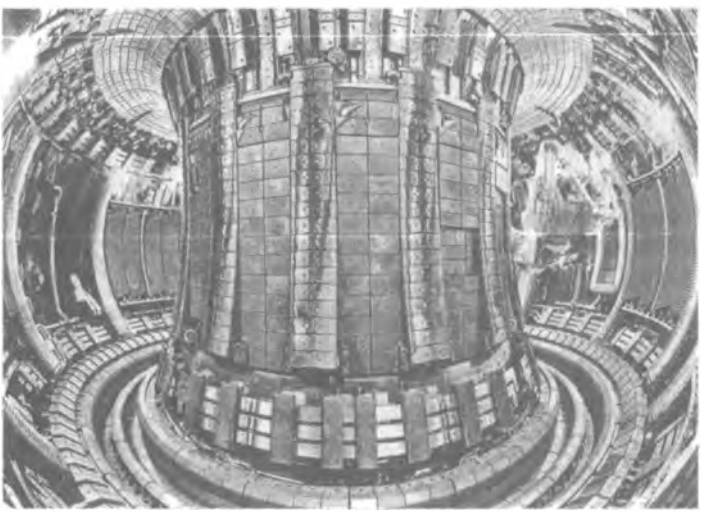
bı, kütleçekim ile elektromanyetizma arasındaki basit ama çok derin bir farkı içerir.

Newton'un gösterdiği gibi, kütleçekim, adından da belli olduğu üzere, her zaman her yerde çekicidir. Dolayısıyla, bir yıldız içindeki hidrojen gazının kütleçekim kuvveti, onu düzgün olarak bir küre şeklinde [içe doğru] sıkıştırır. (Yıldızların ve gezegenlerin küre şeklinde olmalarının, kübik ya da üçgen şekil almamalarının nedeni budur.) Ama elektrik yükleri, pozitif ve negatif olmak üzere iki çeşittir. Negatif yüklerden oluşan bir top yapmaya çalışın, yüklerin birbirlerini ittiklerini ve her yöne saçıldıklarını görürsünüz. Ancak, bir pozitif yükü, negatif bir yükün yakınına getirirseniz, bir örümcek ağını andıran karmaşık



bir elektrik alan çizgilerine sahip olan bir "dipol"[83] elde edersiniz. Tamamen benzer şekilde, manyetik alan çizgileri de bir dipol tarafından oluşturulurlar; dolayısıyla, sıcak gazı simit şeklindeki bir hazne içinde düzgün bir şekilde sıkıştırmak inanılmaz zor bir iştir, şeytanca bir zekâ gerektirir. Doğrusunu söylemek gerekirse elektronların basit bir düzeninden kaynaklanan manyetik ve elektrik alan çizgilerini çizebilmek için bir süperbilgisayara ihtiyaç vardır.

Her şey burada düğümlenir. Kütleçekim her zaman çekicidir, hidrojen gazını düzgün bir küre şekli alacak şekilde sıkıştırabilir. Ancak elektromanyetizma hem çekici ve hem iticidir, bu nedenle gaz sıkıştırıldığında, çok karmaşık şekillerde dışa doğru çıkıntılar yapar, bu ise kontrollü füzyonu son derece zorlaştırır. Elli yıldır fizikçilerin peşini bırakmayan temel problem işte budur.



Füzyonun iki çeşidi. Bir önceki resimde, lazerler hidrojence zengin materyallerden oluşma bir topakçığı sıkıştırır. Yukarıdaki resimde, manyetik alanlar hidrojen içeren bir gazı sıkıştırır. Yüzyıl ortasına geldiğimizde, Dünya enerjisini füzyondan sağlayabilir.

[83] *"dipole"*: iki kutup(lu). (ç.n.)

Bu durum şimdilerde değişmek üzere. Fizikçiler, ITER'in nihayet manyetik hapsetme[84] ile ilgili düzensizlik problemindeki pürüzleri ortadan kaldırdığını iddia ediyorlar.

ITER şimdiye kadar girişilen en büyük uluslararası bilimsel projelerden biridir. Makinenin kalbi, simit şeklindeki metal bir hazneden ibarettir. Haznenin ağırlığı toplamda 23.000 ton olacaktır; bu rakam, Eyfel Kulesi'nin yalnızca 7300 ton olan ağırlığından kat be kat fazladır.

ITER'in parçaları o kadar ağırdır ki, donanımın taşınacağı yollarda özel olarak değişiklikler yapmak gerekir. En ağırı 900 ton ve en uzunu ise dört katlı bir bina yüksekliğinde olan bu parçaları kalabalık bir kamyon konvoyu taşıyacak. ITER on dokuz katlı bir bina yüksekliğinde olacak ve altmış futbol sahası büyüklüğündeki devasa bir platform üzerinde oturacak. Yedi üye ülke (Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Hindistan, Japonya, Kore ve Rusya) tarafından paylaşılacak, 10 milyar euroluk bir maliyet öngörülüyor.

ITER en sonunda çalıştırıldığında, hidrojen gazını 150 milyon dereceye kadar ısıtacaktır; bu sıcaklık, Güneş'in merkezindeki 15 milyon derecelik sıcaklığın on katıdır. Her şey yolunda giderse başlangıçta reaktöre giren enerji miktarının on katını, yani 500 megawatt'lık[85] bir enerji üretecektir. (Füzyon enerjisi için şu andaki rekor 16 megawatt'tır ve İngiltere Oxfordshire'da bulunan Culham Bilim Merkezi'ndeki[86] Avrupa JET[87] reaktörüne aittir.) Bazı gecikmelerden sonra, kâr ve zararın eşitlenmesi için hedef tarih halihazırda 2019 olarak belirlenmiş durumdadır.

ITER hâlâ yalnızca bir bilim projesidir. Ticari anlamda enerji üretmek için tasarlanmamıştır. Ancak fizikçiler, şimdiden bir sonraki adım için, füzyon enerjisini piyasanın kullanımına açmak için zemin hazırlıyorlar. Füzyon santrallerinin ticari tasa-

---

[84] *magnetic confinement*

[85] 1 megawatt, 1 milyon watt'a eşittir. (ç.n.)

[86] *the Culham Science Center*

[87] *the European JET (Joint European Torus): Birleşik Avrupa Torusu* olarak dilimize çevrilebilir; burada *torus* sözcüğü, yukarda bahsettiğimiz simit şekline karşılık gelir. (ç.n.)

rımlarını araştıran bir çalışma grubunun yöneticisi olan Farrokh Najmabadi, kilowatt-saati kabaca 10 kuruşa bir milyar watt'lık enerji üretebilecek, fosil yakıtlarıyla rekabet edebilecek, ITER'den daha küçük bir makine olan ARIES-AT'ı[88] önerdi. Ancak, füzyon konusunda iyimser olan Najmabadi bile yüzyıl ortalarına kadar füzyonun ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya hazır olmayacağını kabul ediyor.

Bir başka ticari tasarım DEMO füzyon reaktörüdür.[89] ITER en az 500 saniye için 500 megawatt'lık bir enerji üretmek için tasarlanmışken, DEMO sürekli olarak enerji üretmek için tasarlanacaktır. DEMO füzyon sürecine, ITER'de eksik olan ekstra bir basamak ekler. Füzyon gerçekleştiğinde, hazneden hızla kaçan fazladan bir nötron oluşur. Füzyon haznesini, özellikle bu nötronun enerjisini emmesi için tasarlanan, battaniye[90] denilen, özel bir kaplamayla çevrelemek mümkündür. Sonuçta battaniye ısınır. Battaniye içindeki borularda taşınan su kaynar. Bu buhar da en sonunda elektrik üreten bir türbinin kanatlarına gönderilir.

Her şey yolunda giderse DEMO 2033 yılında devreye girecek. ITER reaktöründen %15 daha büyük olacak. Tükettiğinden yirmi beş kat daha fazla enerji üretecek. DEMO'nun toplamda 2 milyar watt'lık bir güç üretmesi bekleniyor; bu, onu standart bir güç santrali ile karşılaştırılabilir kılacak. DEMO güç santrali başarılı olursa dayandığı teknolojinin hızla ticarileştirilmesine yol açabilir.

Fakat hâlâ birçok belirsizlik var. ITER reaktörü inşaat için gerekli olan finansmanı halihazırda sağlamış durumda. Bununla birlikte, DEMO reaktörü halen planlama aşamasında olduğundan, gecikmeler olması bekleniyor.

Füzyon çalışan bilim insanları nihayet kritik noktayı atlattıklarına inanıyorlar. Onyıllarca süren mübalağa ve sonuçta ortaya çıkan başarısızlıklardan sonra, füzyonun avuçlarının içinde olduğuna inanıyorlar. Bir tane değil, iki tasarım (NIF ve ITER),

---

[88] *Advanced technology, advanced tokamak power plant*: *İleri teknoloji, ileri Tokamak güç santrali* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[89] *DEMOnstration power plant*, burada *demonstration* sözcüğü (*kullanışını*) *gösterme* anlamına gelir. (ç.n.)

[90] *blanket*

füzyon elektriğini en sonunda oturma odamıza getirebilir. Bununla birlikte NIF ya da ITER şimdilik ticari füzyon enerjisi sağlamadığından, masa üstü füzyonu ve kabarcık/baloncuk füzyonu gibi beklenmedik girişimler için hâlâ yer var.

Masa Üstü Füzyonu

Ortadaki olası ödül çok yüksek olduğu için, bu problemin tamamen farklı, beklenmedik bir yönden çözülme olasılığını kabul etmek de önemlidir. Füzyon iyi tanımlanmış bir süreç olduğu için, büyük ölçekli finansmanların ilgisi dışında kalan, ama yine de kendilerine has değerleri olan birçok öneriler yapılmıştır. Bir gün masa üstü füzyonu[91] gerçekleştirilebilir.

Geleceğe Dönüş[92] filminin final sahnesinde, çılgın bilim insanı Doc Brown, bir zaman makinesi olan DeLorean arabasına yakıt sağlamak için çöpleri karıştırırken görülür. Arabaya benzin doldurmak yerine, çöp kutularından topladığı muz kabukları ve diğer çöpleri Bay Füzyon[93] adlı küçük bir teneke kutu içine döker.

Bundan bir yüzyıl sonrasını göz önüne alırsak, bir ara ortaya çıkmış tasarımların, futbol sahası büyüklüğündeki devasa makineleri, filmde olduğu gibi, bir kahve makinesi boyutuna indirgemeleri mümkün mü acaba?

Masa üstü füzyon için ciddi bir olasılık, sesli ışıldama[94] olarak adlandırılır; bu olayda çok yüksek miktarlardaki ısıları ortaya çıkartmak için, kabarcıkların [kendi içlerine] ani çöküşleri kullanılır. Bu bazen ses füzyonu[95] ya da kabarcık/baloncuk füzyonu[96] olarak adlandırılır. Bu tuhaf etki onlarca yıldır biliniyordu; kökeni, Köln Üniversitesi[97] bilim insanlarının fotoğraf filminin banyo sürecini hızlandırmayı umut ederek ultrason ve fotoğraf filmleriyle deneyler yaptığı 1934'e kadar gider. Film-

---

[91] *tabletop fusion*
[92] *Back to the Future*
[93] *Mr. Fusion*
[94] *sonoluminescence*
[95] *sonic fusion*
[96] *bubble fusion*
[97] *the University of Cologne* ya da *Universität zu Köln*

lerde, sıvı içinde kabarcıklar oluşturan ultrasonun neden olduğu minik ışık parlamalarından kaynaklanan minik noktalar fark ettiler. Naziler sonraları pervane kanatlarından yayılan kabarcıkların çoğu kez kor gibi parladığını fark ettiler; bu, kabarcıklar içinde, bir şekilde, çok yüksek ısıların oluştuğuna işaret ediyordu.

Daha sonra, bu kabarcıkların parlak bir şekilde korlaşma nedeni anlaşıldı; kabarcıklar *düzgün* bir şekilde içlerine çöküyorlar ve bu sırada kabarcık içindeki havayı da muazzam sıcaklıklara yükseltecek kadar sıkıştırıyorlardı. Daha önce de gördüğümüz gibi, sıcak füzyonun en büyük derdi, hidrojenin düzgün bir şekilde sıkışmamasıydı ve bunun nedeni ya yakıt topakçığına çarpan lazer ışınının hizasız olmasıydı ya da gazın her yönden ve aynı anda düzgünce sıkıştırılamamasıydı. Bir kabarcık büzülürken, içindeki moleküllerin hareketi o kadar hızlıdır ki, içerdeki hava basıncı kabarcık duvarları boyunca hızla homojen hale gelir, duvarın her noktasındaki basınç aynı değere ulaşır. Prensipte, böylesine mükemmel koşullar altında bir kabarcık [içine] çöktürülebilirse füzyon gerçekleştirilebilir.

Sesli ışıldama deneyleri on binlerce derecelik sıcaklıkları üretmiştir. Soy gazlar kullanılarak, bu kabarcıklardan yayılan ışığın yoğunluğu arttırılabilir. Ancak, nükleer füzyon üretmek için yeterli sıcaklıkların elde edilip edilemeyeceği konusu üzerinde bazı tartışmalar da var. Anlaşmazlık, eski Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı[98] çalışanlarından, Rusi Taleyarkhan'dan kaynaklandı; 2002 yılında kendisine ait ses füzyon cihazıyla bir füzyon gerçekleştirmeyi başardığını ileri sürdü. Deneyi sonucunda ortaya çıkan nötronları saptadığını iddia etti, ki bu bir nükleer füzyonun meydana gelmekte olduğunun kesin bir işaretiydi. Başka araştırmacılar yıllarca Taleyarkhan'ın çalışmasını tekrarlamak için uğraştılar, ama hep başarısız oldular. Sonuçta onun bu çalışması, şu an için de olsa geçersiz ilan edilmiştir.

Beklenmedik bir başka tasarım, televizyonun değeri anlaşılamamış ortak mucitlerinden Philo Farnsworth'un füzyon makinesidir. Farnsworth çocukken, bir çiftçinin tarlasını pullukla sıra sıra sürme şeklini düşünerek orijinal televizyon fikrini or-

[98] *the Oak Ridge National Laboratory*

taya attı. On dört yaşında kendi prototipinin ayrıntılı bir taslağını bile çizdi. Farnsworth, bu düşünceleri, hareketli görüntüleri bir ekran üzerine düşürebilecek tamamen elektronik bir cihaza transfer eden ilk kişiydi. Ne yazık ki, bu çığır açıcı buluşundan faydalanamadı ve RCA[99] ile uzun, karmakarışık patent kavgalarına saplandı kaldı. Hatta verdiği hukuk savaşları onu delirtti ve gönüllü olarak bir akıl hastanesine yattı. Televizyon üzerine yaptığı öncü çalışmalar büyük ölçüde gözden kaçtı.

Farnsworth yaşamının daha sonraki kısmında ilgisini *füzor*'a[100] çevirdi; bu, gerçekten de füzyon yoluyla nötronlar üretebilen küçük bir masa üstü cihazıydı. Bu her biri tel örgülerden yapılmış, iç içe geçmiş [aynı merkezli] iki büyük küreden oluşur. İç örgü negatif yüklü, dış örgü pozitif yüklüdür, böylece örgüler arasından enjekte edilen protonları dış örgü içe doğru iter, iç örgü ise kendisine çeker. Protonlar sonra ortadaki hidrojence zengin bir topakçığa çarparlar, gerçek bir füzyona ve ortaya çıkan nötronların etrafa dağılmalarına neden olurlar.

Bu tasarım o kadar basittir ki, Richter, Pons ve Fleischmann'ın yapamadığını lise öğrencileri bile yapmış durumdalar, başarıyla nötronlar ürettiler. Gelgelelim, bu cihazın kullanılabilir bir enerjiye yol açması hiç mümkün değildir. Hızlandırılan proton sayısı son derece küçüktür ve dolayısıyla bu cihazdan kaynaklanan enerji miktarı da çok küçüktür.

Aslında, standart bir atom çarpıştırıcı[101] ya da parçacık hızlandırıcı[102] kullanarak, bir masa üzerinde füzyon üretmek mümkündür. Bir atom çarpıştırıcı bir *füzor*dan daha karmaşıktır, ama proton hızlandırmak için kullanılabilir; hızlandırılmış protonlar hidrojence zengin bir hedefe çarparlar ve bir füzyon yaratabilirler. Fakat yine, [hidrojen çekirdekleriyle] birleşecek proton sayısı çok küçük olduğundan, bu kullanışlı bir alet olmayacaktır. Sonuç olarak, hem bir *füzor* ve hem de bir atom parçalayıcı füzyon yaratabilir, fakat bunlar çok verimsizdirler; üstelik, bunların ışınları kullanılabilir bir enerji üretemeyecek kadar incedir.

---

[99] *The Radio Corporation of America:* Amerika Radyo Şirketi. (ç.n.)
[100] *fusor*
[101] *atom smasher*
[102] *particle accelerator*

Ortadaki muazzam ödül göz önüne alındığında, hiç kuşkusuz diğer girişimci bilim insanları ve mühendisler, garajlarındaki teçhizatlardan bir sonraki mega buluşu çıkartmak için şanslarını deneyecekler.

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Manyetizma Çağı

Bir önceki yüzyıl elektriğin çağı oldu. Elektronların çok kolay idare edilebilmeleri, radyo, televizyon, bilgisayar, lazer, MRI[103] tarayıcısını ve benzerlerini mümkün kılmış, tamamen yeni teknolojilerin önünü açmıştı. Ancak, bu yüzyıl içindeki bir zamanda, fizikçilerin kendi kutsal kâselerini[104] bulmaları mümkün olacak: Oda-sıcaklığında-süperiletkenler.[105] Bu tamamen yeni bir dönemi, manyetizma çağını, başlatacak.

Havada durabilen, neredeyse hiç yakıt kullanmadan saatte birkaç yüz kilometre hız yapan bir manyetik arabayı kullandığınızı düşünün. Manyetizma üzerinde yüzen trenleri ve hatta havada seyahat eden insanları hayal edin.

Arabamızda kullandığımız benzinin çoğunun sürtünmeyi yenmek için harcandığını unuturuz. Prensipte, San Francisco'dan New York'a seyahat etmek neredeyse hiçbir enerji gerektirmez. Bu yolculuğun yüzlerce dolarlık benzin tüketmesinin temel nedeni, tekerleklerle yol arasındaki sürtünmenin ve hava sürtünmesinin üstesinden gelmek zorunda oluşunuzdur. Ancak, San Francisco'dan New York'a olan yolu bir şekilde buz tabakası ile kaplarsanız, yolculuğun büyük kısmını bedavaya getirebilirsiniz. Benzer bir yolla, uzay araştırma araçlarımız yalnızca birkaç litre yakıt ile Plüton'un ötesine süzülebilirler; çünkü uzayın boşluğunda kayarak ilerlerler. Aynı şekilde, bir manyetik araç yerin üstünde havada süzülebilir; arabaya yalnızca bir üflersiniz ve araba hareket etmeye başlar.

---

[103] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

[104] *the Holy Grail*: "elde etmek ya da başarmak için çok uğraş verilen amaç" anlamında bir deyim. (ç.n.)

[105] *room temperature superconductors*

Bu teknolojinin anahtarı süperiletkenlerdir. Mutlak sıfırın[106] üstünde 4 Kelvin'e[107] kadar soğutulduğunda, civanın tüm elektrik direncini kaybettiği 1911'den beri biliniyor. Bu, süperiletken tellerde hiçbir şekilde enerji kaybı olmadığı anlamına gelir; çünkü dirençten yoksundurlar. (Bir tel boyunca hareket eden elektronlar atomlarla çarpıştıkları için enerji kaybederler. Ancak, mutlak sıfır yakınlarında, bu atomlar neredeyse hareketsizdir, böylece elektronlar atomların arasından hiç enerji kaybetmeden kolayca kayar giderler.)

Süperiletkenler garip ama bir o kadar da muhteşem özelliklere sahiptir; ama ciddi bir dezavantajları vardır, onları sıvı hidrojen ile mutlak sıfır civarına kadar soğutmak zorundasınızdır, bu da çok pahalı bir işlemdir.

Bu nedenle, bu fevkalade düşük sıcaklıklara kadar soğutulmasına gerek olmayan yeni bir süperiletken sınıfının bulunduğu 1986'da açıklandığı zaman, fizikçiler şok olmuşlardı. Cıva ya da kurşun gibi önceki malzemelerden farklı olarak, bu süperiletkenler, daha önce süperiletkenlik için olası bir aday olarak düşünülmeyen seramikten yapılmışlardı ve mutlak sıfırın üstünde 92 Kelvin'de[108] süperiletken olmuşlardı. Utanç verici şekilde, kuramsal olarak olanaksız olduğu düşünülen bir sıcaklıkta süperiletken hale geçmişlerdi.

Şimdiye kadar, bu yeni seramik süperiletkenler için dünya rekoru mutlak sıfırın üstünde 138 Kelvin'dir.[109] Bu önemlidir; çünkü süt kadar az bir maliyeti olan sıvı azot 77 Kelvin'de[110] oluşur, dolayısıyla bu seramikleri soğutmak için kullanılabilir. Tek başına yalnızca bu gerçek, süperiletkenlerin maliyetlerini çok büyük oranlarda azalttı. Bunun bir sonucu olarak, bu yüksek-sıcaklık-süperiletkenlerinin[111] doğrudan pratik uygulamaları vardır.

Ancak bu seramik süperiletkenler fizikçilerin iştahını açtı. Seramik süperiletkenler, yalnızca doğru yönde atılmış devasa

---

[106] *absolute zero*

[107] bu sıcaklık -269 dereceye karşılık gelir. (ç.n.)

[108] -181 derece. (ç.n.)

[109] -135 derece. (ç.n.)

[110] -196 derece. (ç.n.)

[111] *high temperature superconductors*

bir adımdır, ama birkaç nedenden dolayı hâlâ yetersizdirler. İlk olarak, sıvı azot nispeten ucuz olmasına karşın, hâlâ azotu soğutmak için birtakım soğutma donanımına sahip olmanız gerekir. İkincisi, bu seramikleri tel şekline sokmak zordur. Üçüncü neden ise bu seramiklerin doğası hâlâ fizikçilerin kafasını karıştırmaktadır. Onyıllarca zaman geçti, fizikçiler bunların nasıl çalıştıklarından pek de emin değiller. Bu seramiklerin kuantum kuramı, şu anda çözülemeyecek kadar karışıktır, bu yüzden kimse neden süperiletken olduklarını bilmiyor. Fizikçiler hiçbir ipucuna sahip değiller. Bir Nobel Ödülü, yüksek-sıcaklık-süperiletkenlerin çalışma ilkelerini açıklayabilecek cesur birini bekliyor.

Ama her fizikçi, bir oda-sıcaklığında-süperiletkenin yaratacağı muazzam etkiyi bilir. Bu, başka bir sanayi devrimini başlatabilir. Oda-sıcaklığında-süperiletkenler herhangi bir soğutma donanımına ihtiyaç duymazlar, bu nedenle devasa güçleri olan kalıcı manyetik alanlar yaratabilirler.

Örneğin, elektrik bir bakır telden yapılma [iki ucu birleştirilmiş] bir *çember* içinde akıyorsa enerjisi telin direnci nedeniyle çok küçük bir zaman içinde tükenir. Ancak deneyler, elektriğin süperiletken bir çember içinde [şiddetinde hiçbir azalma olmadan] yıllarca akmaya devam edeceğini göstermiştir. Deneysel kanıtlar, süperiletken bir bobin içindeki akımlar için 100.000 yıllık bir ömrü işaret ediyor. Bazı kuramlar, süperiletken içindeki böylesine bir elektrik akımı için maksimum sınırın, bilinen evrenin kendi ömrü olduğunu savunuyor.

Bu tür süperiletkenler, en azından yüksek gerilimli elektrik kablolarındaki israfı azaltabilir, bu da elektrik maliyetlerini azaltır. Bir elektrik santralinin bir şehre çok yakın olma zorunluluğunun nedenlerinden biri iletim hatlarındaki kayıplardır. Bu, nükleer santrallerin, sağlık için tehlike teşkil etmelerine karşın, şehirlere bu kadar yakın olmalarının ve rüzgâr enerji santrallerinin maksimum rüzgâr olan yerlerde olmamalarının nedenidir.

Bir elektrik santrali tarafından üretilen elektriğin %30 kadarlık bir kısmı iletim esnasında yok yere harcanır. Oda-sıcaklığında-süperiletkenler bütün bunları değiştirebilir, böyle-

ce elektrik maliyetleri ve kirlilikten önemli ölçüde tasarruf edilmesini sağlayabilir. Bunun aynı zamanda küresel ısınma üzerinde de derin bir etkisi olabilir. Dünya'nın karbondioksit üretimi enerji kullanımına sıkıca bağlı olduğu için ve bu enerjinin büyük kısmı sürtünmenin üstesinden gelmek için boşuna harcandığı için, manyetizma çağı enerji tüketimini ve karbondioksit üretimini temelli azaltabilir.

Manyetik Arabalar ve Trenler

Hiçbir ekstra enerji girişi olmadan, oda-sıcaklığında-süperiletkenler trenleri ve arabaları kaldırma yeteneğine sahip süper-mıknatıslar üretebilir, bu araçların havada durmalarını sağlayabilir.

Bu gücün basit bir gösterisi herhangi bir laboratuvarda yapılabilir. Böyle bir gösteriyi, Science Channel[112] ve BBC-TV kanalları için birkaç kez bizzat kendim de yaptım. Bir bilimsel malzeme şirketinden küçük bir parça seramik yüksek-sıcaklık-süperiletken sipariş etmek mümkündür. Bu, 2,5 santimetre boyunda, sert, gri bir seramiktir. Bir mandıradan sıvı azot satın almanız da mümkündür. Seramiği plastik bir kaba koyun ve sıvı azotu üzerine yavaşça dökün. Azot seramiğe değer değmez fokur fokur kaynamaya başlar. Azotun kaynaması durana kadar bekleyin, sonra seramiğin üstüne küçük bir mıknatıs yerleştirin. Mıknatıs sihirli bir şekilde havada asılı kalır. Eğer mıknatısa hafifçe dokunursanız, kendi başına dönmeye başlar. Bu küçük kap içinde, ulaşımın dünyadaki geleceğine bakıyor olabilirsiniz.

Mıknatısın havada asılı kalma nedeni basittir. Manyetik kuvvet çizgileri bir süperiletkenin içine nüfuz edemez. Bu Meissner etkisidir.[113] (Bir süperiletkene manyetik alan uygulandığında, yüzey üzerinde küçük bir elektrik akımı oluşur, bu akım manyetik alanı etkisiz hale getirir, böylece manyetik alan süperiletkenden dışarı atılmış olur.) Mıknatısı seramiğin üstüne yerleştirdiğinizde, alan çizgileri birbirlerine kenetlenip demet

---

[112] *Bilim Kanalı* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[113] *the Meissner effect*

haline gelirler; çünkü seramikten geçemezler. Bu, hepsi bir araya sıkışmış manyetik alan çizgilerinden oluşma bir "yastık" oluşturur; bu yastık mıknatısı iter, onun seramik üzerinde havada kalmasına neden olur.

Oda-sıcaklığında-süperiletkenler bir süpermıknatıs dönemini de başlatabilirler. Daha önce de gördüğümüz gibi, MRI[114] makineleri son derece yararlıdırlar ancak büyük manyetik alanlara ihtiyaç duyarlar. Oda-sıcaklığında-süperiletkenler, bilim insanlarının çok ucuza devasa manyetik alanlar üretebilmelerini mümkün kılacaktır. Bu ise MRI makinelerinin gelecekte küçülmelerini sağlayacaktır. Halihazırda, düzgün olmayan manyetik alanlar kullanılarak, yaklaşık otuz santimetre yüksekliğinde MRI makineleri yapılabiliyor. Oda-sıcaklığında-süperiletkenler sayesinde, bu makineleri bir düğme boyutuna indirgemek mümkün olabilir.

Geleceğe Dönüş III[115] filminde, Michael J. Fox havada süzülen bir kaykay[116] üzerinde yol alırken filme çekildi. Film gösterime girer girmez, mağazalar uçan kaykay satın almak isteyen çocuklardan gelen binlerce telefon aldı. Ne yazık ki, uçan kaykaylar mevcut değildir, ama oda-sıcaklığında-süperiletkenler sayesinde mümkün hale gelebilirler.

Maglev Trenler ve Arabalar

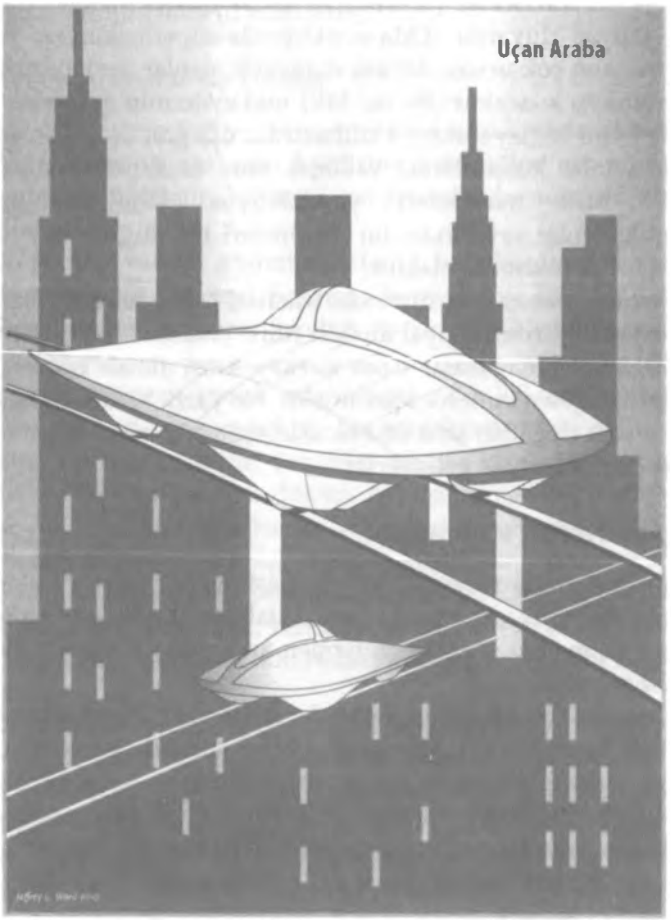
Oda-sıcaklığında-süperiletkenlerin basit bir uygulaması ulaşımı kökten değiştirecek; havada asılı kalabilen, hiçbir sürtünmeye maruz kalmadan süzülüp gidebilen arabaları ve trenleri hayatımıza sokacak.

Oda-sıcaklığında-süperiletkenler kullanan bir arabada olduğunuzu hayal edin. Yollar asfalt yerine süperiletkenlerden yapılmış olacak. Arabanız ya bir sabit mıknatıs içerecek ya da kendisine ait bir süperiletken ile bir manyetik alan yaratacak. Arabanız havada süzülüp gidebilecek. Arabanızı hareket ettirmek için bir kez basınçlı hava kullanmak yeterli olacaktır. Eğer

---

[114] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)
[115] *Back to the Future Part III*
[116] *hoverboard*

yollarda viraj yoksa arabanız bir kez hareket ettiğinde, neredeyse sonsuza kadar hareketine devam edecek. Arabanızın karşı karşıya olduğu tek direnç hava sürtünmesi olacak, onun da üstesinden gelmek için yalnızca bir elektrikli motora ya da basınçlı hava jetine ihtiyaç olacak.



Oda-sıcaklığında-süperiletkenler bir gün hayatımıza uçan arabaları ve trenleri sokacak. Bu araçlar raylar ya da süperiletken kaldırımlar üzerinde, hiçbir sürtünme olmadan, süzülüp gidecekler.

Hatta bazı devletler, oda-sıcaklığında-süperiletkenler olmaksızın, mıknatıs içeren raylar üzerinde uçabilen manyetik kaldırmalı/raylı (maglev)[117] trenler ürettiler. Mıknatısların kuzey kutupları diğer kuzey kutuplarını ittikleri için, trenlerin altı rayların hemen üzerinde süzülüp gitmelerini sağlayacak mıknatıslar içerecek şekilde düzenlenmişlerdir.

Almanya, Japonya ve Çin bu teknolojide liderdirler. Maglev trenlerin bazı dünya rekorları da vardır. İlk ticari maglev tren, 1984 yılında Birmingham Uluslararası Havaalanı ve Birmingham Uluslararası Tren İstasyonu arasında gidip gelen düşük hızlı ring treniydi. Kaydedilen en yüksek maglev hızı saatte 581 kilometredir, 2003 yılında Japonya'da MLX01[118] treninde kaydedilmiştir. (Jet uçakları daha hızlı uçabilirler, bunun nedeni, kısmen, yüksek irtifada daha az hava direnci olmasıdır. Bir maglev treni havada süzülüp gittiğinden, enerji kaybının çoğu hava sürtünmesine gider. Öte yandan, eğer bir maglev tren bir vakum odasında çalıştırılsaydı, saatte 6500 kilometrelik bir hıza çıkabilirdi.) Ne yazık ki, maglev trenlerin maliyetleri, onların tüm dünyada yaygınlaşmalarını engelledi. Oda-sıcaklığında-süperiletkenler tüm bunları değiştirebilir. Bu, Amerika Birleşik Devletleri'nde raylı sistemi tekrar canlandırabilir, uçaklardan salınan sera gazı miktarını azaltabilir. Sera gazının %2'sinin jet motorlarından geldiği tahmin edilmektedir, maglev trenler bu miktarı azaltacaktır.

Gökyüzünden Gelen Enerji

Yüzyılın sonuna gelene kadar, enerji üretmek için başka bir olasılık ortaya çıkabilir: Uzaydan gelen enerji. Bu, uzay kaynaklı güneş enerjisi (SSP)[119] olarak adlandırılır ve Dünya etrafındaki yörüngelere yüzlerce uzay uydusu göndermeyi içerir; bunlar Güneş'ten gelen ışımayı emecekler ve bu enerjiyi mikrodalga ışıması olarak Dünya'ya gönderecekler. Uydular Dünya'nın

---

[117] *maglev*: İngilizcedeki *magnetic levitation* (*manyetik kaldırma*) sözcüklerinin kısaltılmış hâli. (ç.n.)

[118] *MLX01, magnetically levitated-experimental*: deneysel manyetik kaldırmalı [tren]. (ç.n.)

[119] *space(-based) solar power*

35.000 kilometre üstüne yerleştirilecekler, burada Dünya'nın kendi etrafında dönme hızına eşit bir hızda dönecekler ve böylece coğrafik olarak sabit bir konumda[120] bulunacaklar. Uzayda, Dünya yüzeyinde olandan sekiz kat daha fazla güneş ışığı bulunduğundan, SSP bize gerçekleşmesi büyük bir olasılık sunar.

Şu anda, SSP için en büyük ayak bağı, bu enerji toplayıcılarının uzaya fırlatılma ve yörüngelerine oturtulma maliyetleridir. Fizik yasalarında, doğrudan Güneş'ten enerji toplamayı engelleyen bir şey yoktur, ama yine de, SSP devasa bir mühendislik ve ekonomi problemidir. Fakat yüzyılın sonuna kadar, 6. Bölüm'de göreceğimiz gibi, uzay yolculuklarının maliyetlerini azaltmak için yeni yollar geliştirilebilir ve bunlar da uzay uydularını ulaşılabilir yapabilir.

Uzay kaynaklı güneş enerjisi için ilk ciddi teklif 1968 yılında yapıldı. Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu'nun[121] başkanı olan Peter Glaser, Dünya'ya enerji göndermeleri için modern bir şehir büyüklüğündeki uyduları yukarı göndermeyi önerdi. NASA bilim insanları 1979'da bu öneriyi dikkatlice incelediler ve maaliyetinin birkaç yüz milyar dolar olacağını tahmin ettiler, bu projeyi başlamadan öldürdü.

Ama uzay teknolojisindeki sürekli gelişmeler nedeniyle, NASA 1995'ten 2003'e kadar SSP'nin küçük ölçekli çalışmalarını finanse etmeye devam etti. Destekçileri, SSP'nin teknoloji ve ekonomisinin, onu gerçeğe dönüştürmesinin yalnızca bir zaman sorunu olduğunu savunuyorlar. Martin Hoffert, New York Üniversitesi'nden[122] eski bir fizikçi, "SSP bize, tamamen sürdürülebilir, küresel ölçekli ve çevreyi kirletmeyen bir elektrik kaynağı öneriyor." diyor.

Böylesine iddialı bir projenin karşı karşıya olduğu, hem gerçek hem de hayali, aşılması zor problemler var. Bazı insanlar bu projeden korkuyorlar; çünkü uzaydan gönderilen enerji yanlışlıkla bir yerleşim alanına isabet edebilir, büyük çapta kayıplara neden olabilir diye düşünüyorlar. Bu abartılmış bir korkudur. Uzaydan gelip yeryüzüne çarpan gerçek ışımanın miktarı he-

---

[120] *geostationary*
[121] *the International Solar Energy Society*
[122] *New York University*

saplanırsa uzaydan gönderilecek enerjinin sağlık için herhangi bir tehlike yaratamayacak kadar küçük olduğu ortaya çıkar. Sonuç olarak, Dünya'ya, şehirleri tümden kızartacak ölümcül ışınlar gönderen bir haydut uzay uydusu algısı, yalnızca bir Hollywood kâbusunun malzemesi olabilir.

2009'da, Washington Post'ta yazan bilim-kurgu yazarı Ben Bova, bir güneş enerjisi uydusunun göz korkutucu ekonomisini ortaya koydu. Her uydunun, kömür yakan bir santralden çok daha fazla, 5 ila 10 gigawatt[123] arası bir güç üreteceğini ve kilowatt-saat başına on beş ila yirmi kuruşluk bir maliyeti olacağını tahmin etti; bütün bunlar SSP'yi fosil yakıtlı santrallerin rakibi yapacaktır. Her bir uydu devasa boyutlarda olacak, 1-2 kilometre civarında bir çapa sahip olacak ve 1 milyar dolara mal olacak, ki bu kabaca bir nükleer tesisin maliyetidir.

Ben Bova, bu teknolojiye hızlı bir başlangıç yapmak için, mevcut yönetimden örnek bir projeye öncülük etmesini, 10 ile 100 megawatt enerji üretebilecek bir uydu fırlatılmasını istedi. Varsayımsal olarak, eğer planlar şimdi uygulamaya konulursa böyle bir uydu Başkan Obama'nın görevdeki ikinci döneminin sonunda fırlatılabilir.

Japon hükümetince duyurulan önemli bir girişim, bu yorumların bir yansımasıydı. Japon Ticaret Bakanlığı 2009'da, uzay-kaynaklı-enerji uydu sistemlerinin uygulanabilirliğinin araştırılması için bir plan açıkladı. Mitsubishi Electric ve diğer Japon şirketleri, muhtemelen bir milyar watt'lık güç üretecek bir güneş enerjisi istasyonunun uzayda konuşlandırılmasını da içeren, 10 milyar dolarlık bir program içine dahil olacaklar. Aşağı yukarı 4 kilometre karelik güneş panelleriyle kaplanmış bir alana sahip olacak bu istasyon, devasa bir büyüklükte olacaktır.

Hükümete bağlı bir araştırma organizasyonu olan Enerji Ekonomisi Enstitüsü'nden[124] Kensuke Kanekiyo, "Kulağa bilim-kurgu çizgi film gibi geliyor, ama uzayda üretilen güneş enerjisi, fosil yakıtlar önümüzdeki yüzyılda kaybolurken önemli bir alternatif enerji kaynağı olabilir." diye konuşuyor.

---

[123] 1 gigawatt, 1 milyar watt'a eşittir. (ç.n.)

[124] *the Institute of Energy Economics*

Bu iddialı projenin büyüklüğünü dikkate alan Japon hükümeti temkinli davranıyor. İlk olarak, bir araştırma grubu önümüzdeki dört yılı projenin bilimsel ve ekonomik uygulanabilirliğini çalışarak geçirecek. Eğer bu grup yeşil ışık yakarsa Japon Ticaret Bakanlığı ve Japon Uzay Araştırma Ajansı,[125] dış uzaydan enerji gönderilmesini test etmek amacıyla 2015'te küçük bir uydu fırlatmayı planlıyor.

Ana problem muhtemelen bilim kaynaklı değil, ekonomik olacaktır. Tokyo'da bir uzay danışmanlık şirketi olan Excalibur KK çalışanı Hiroshi Yoshida, "Bu giderlerin mevcut tahminlerin yüzde birine indirilmesi gerekiyor." diye uyardı. Bir diğer problem, bu uyduların Dünya'dan 35.000 kilometre uzakta olmak zorunda olmalarıdır (bu uzaklık, Dünya'ya yakın uyduların 480 kilometrelik yörüngelerinden kat be kat fazladır), bu nedenle devasa iletim kayıpları olabilir.

Ama asıl sorun hızlandırıcı roketlerin maliyetidir. Bu, Ay'a geri dönme ve Mars'ı keşfetme planlarını da bozmuş olan aynı darboğazdır.

Roket fırlatma maliyeti önemli ölçüde aşağı çekilmezse bu plan da sessizce yitip gidecektir.

İyimser düşünülürse Japonya'nın planı yüzyıl ortasına kadar yolunda gidebilir. Ancak, hızlandırıcı roketlerle olan sorunlar gözönüne alınırsa bu planlar büyük olasılıkla yüzyılın sonunu beklemek zorunda kalacak, ta ki yeni nesil roketler maliyetleri düşürene kadar. Eğer Güneş uydularıyla olan temel sorun maliyet ise bir sonraki soru şu olmalıdır: Bir gün uzay yolculuklarının maliyetini azaltabilecek miyiz? Bir gün yıldızlara ulaşabilecek miyiz?

---

[125] *the Japanese Aerospace Exploration Agency*

Kozmik okyanusun kıyılarında yeterince oyalandık. Artık yıldızlara yelken açmaya hazırız.

—CARL SAGAN

6
Uzayda Yolculuğun Geleceği

Yıldızlara Yolculuk

GÜÇLÜ SAVAŞ ARABALARIYLA, mitoloji tanrıları Olimpos Dağı'nın gökteki bahçeleri arasında dolaşırlardı. Güçlü Viking gemileriyle, İskandinav tanrıları Asgard'a[1] kozmik denizler üzerinden giderlerdi.

Benzer şekilde, 2100 yılına geldiğimizde, insanlık uzay araştırmalarında yeni bir dönemin eşiğinde, yıldızlara ulaşma aşamasında olacaktır. Yüzyılın sonuna kadar, kışkırtıcı bir şekilde

---

[1] *Ásgard*: İskandinav mitolojisinde geçen dokuz mekândan biri; savaş tanrısı *Aesir'in* mekânıdır; evrenin en yüksek yerinde bulunur; taş bloklarıyla örülü, tamamlanmamış bir duvarla çevrilidir. (ç.n.)

göze yakın görünen, ama çok uzaklarda olan yıldızlar, geceleri hep roket fizikçilerinin ilgi odaklarında olacaklar.

Ama yıldızlararası bir uzay gemisi inşasına giden yol taşlı olacaktır. İnsanlık, ileri uzanmış kolları yıldızlara ulaşan, ama ayakları çamura saplanıp kalmış birine benzer. Bir yandan, bu yüzyıl, robotlu uzay araştırmaları için yeni bir dönem olacaktır; uzayda Dünya'ya benzeyen ikiz gezegenler bulmak, Jüpiter'in uydularını keşfetmek ve hatta bizzat büyük patlamanın[2] kendisinin bebeklik resimlerini çekmek için, dış uzaya uydular gönderilecek. Ancak, insanlı uzay keşfi, ki birçok hayalperestin ve ileriyi görmeye çalışan insanın dikkatini hep üzerine çekmiştir, bazı hayal kırıklıklarının da kaynağı olacaktır.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler

[NASA'nın[3]] uzay programının en göz kamaştırıcı başarılarından biri uzayın robotlu keşfi olmuştur, insanlığın ufkunu alabildiğine genişletmiştir.

Bu robotlu görevler arasında en önemlisi, uzayda yaşam barındırması olası Dünya benzeri gezegenlerin aranması olacaktır, bu uzay bilimlerinin kutsal kâsesidir.[4] Şimdiye kadar, yer tabanlı teleskoplar, uzak yıldız sistemlerinde dönmekte olan 500 kadar gezegen belirledi ve yeni gezegenler, bir ila iki haftada bir gezegen olmak üzere, keşfedilmeye devam ediyor. Gelgelelim, ümitlerimizi boşa çıkartan şey, aletlerimizin yalnızca Jüpiter büyüklüğündeki devasa gezegenleri tespit edebiliyor olmasıdır; bildiğimiz kadarıyla bu büyüklükteki gezegenler olası bir yaşam için olanak sağlamıyorlar.

Gezegenleri bulmak için, gökbilimciler bir yıldızın yörüngesinde küçük titremeler bulmaya çalışırlar. Bu yabancı yıldız sis-

---

[2] *the big bang*

[3] *National Aeronautics and Space Administration*: (Birleşik Devletler) Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi. (ç.n.)

[4] *the Holy Grail*: "elde etmek ya da başarmak için çok uğraş verilen amaç" anlamında bir deyim. (ç.n.)

temleri, birbirleri etrafında dönen iki toptan oluşan, kendi etrafında dönen bir dambıla[5] benzetilebilir; dambılın bir ucu teleskopla açıkça görülebilen yıldızı temsil eder, diğer ucu ise yaklaşık bir milyar kez daha sönük olan Jüpiter büyüklüğündeki bir gezegeni temsil eder. Güneş ve Jüpiter büyüklüğündeki gezegenler dambılın merkezi çevresinde dönerlerken, teleskoplar yıldız titremelerini[6] net bir şekilde görebilirler. Bu yöntem, başarılı bir şekilde uzayda yüzlerce gaz devlerini tespit etti, ancak Dünya benzeri, küçük gezegenlerin varlığını tespit etmek için çok ilkeldir.

Bu yer tabanlı teleskoplar tarafından bulunan en küçük gezegen 2010'da tespit edildi; bu, Dünya'dan 3 ile 4 kat daha ağır olan bir gezegendi. Dikkate değer olan ise bu "süperdünya"nın kendi güneşinin olası bir yaşama izin verecek bölgesinde –yani, sıvı suya sahip olacak doğru mesafede– olan ilk gezegen olmasıdır.

Bütün bunlar 2009'da Kepler Mission teleskobunun[7] ve 2006'da COROT[8] uydusunun fırlatılmalarıyla değişti. Bu keşif araçları, yıldız ışıklarında oluşan küçük dalgalanmaları bulmaya çalışırlar; bunlar, küçük bir gezegen kendi yıldızının önünde hareket ederken, yıldızının ışığını çok küçük miktarlarda engellemesinden kaynaklanırlar. Bu küçük dalgalanmaları bulmak için binlerce yıldızı dikkatli bir şekilde tarayan keşif araçları, belki de yüzlerce Dünya benzeri gezegen tespit edebilecekler. Tespit edilir edilmez, bu gezegenlerin sıvı su içerip içermediklerini görmek için hızlıca analizleri yapılabilir. Muhtemelen uzaydaki en değerli madde sudur. Sıvı su evrensel çözücüdür, muhtemelen de ilk DNA'nın içinde filizlendiği karıştırma kabıdır. Şayet bu gezegenlerde sıvı su okyanusları bulunursa bu evrendeki yaşam anlayışımızı değiştirebilir.

---

[5] *dumbell*

[6] *the star wobbling*

[7] *the Keppler Mission telescope*: dilimize *Kepler Görev teleskobu* olarak çevrilebilir; Kepler'in anısını yaşatmak adına bu isim verilmiştir. (ç.n.)

[8] *COROT, convection rotation and planetary transits* ya da *convection rotation et transits planétaires*: *taşınımlı dönme ve gezegensel geçişler* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

Bir skandal peşindeki gazeteciler "Parayı takip edin" derken, uzayda hayat arayan astronomlar "Suyu takip edin." derler.

Kepler uydusu, zamanı gelince, Karasal Gezegen Bulucu[9] gibi, diğer daha hassas uydularla yer değiştirecek. Karasal Gezegen Bulucu'nun fırlatma tarihi birkaç kez ertelenmiş olmasına karşın, Kepler'in hedeflerini ileriye taşımak için hâlâ en iyi adaydır.

Karasal Gezegen Bulucu, Dünya benzeri gezegenleri bulmak için çok daha iyi optik olanaklar kullanacak. İlk olarak, Hubble Uzay Teleskobu'nun aynasından dört kat daha büyük ve yüz kat daha hassas bir aynaya sahip olacak. İkinci olarak, bir yıldızdan gelen yoğun ışımanın etkisini bire bir milyon oranında azaltabilen, böylece onun etrafında dönmekte olabilecek sönük bir gezegenin varlığını ortaya çıkartabilecek kızılötesi sensörlere sahip olacak. (Bunu, yıldızdan iki ışıma dalgası alarak ve sonrasında bunları birbirlerini söndürecek bir şekilde dikkatlice bir araya getirerek yapar; böylece yıldızın istenmeyen varlığı ortadan kaldırılmış olur.)

Sonuç olarak, yakın gelecekte, içinde birkaç bin gezegen olan bir ansiklopedimiz olabilir, bunlardan belki de birkaç yüz tanesi, büyüklük ve yapı bakımından Dünya'ya çok benzeyebilir. Bu da, dolayısıyla, bir gün bu uzak gezegenlere bir keşif aracı gönderme uğraşlarını arttıracaktır. Dünya benzeri bu gezegenlerin sıvı su okyanuslarına sahip olup olmadıklarını ve akıllı yaşam formlarından herhangi bir radyo sinyali bulunup bulunmadığını görmek için yoğun bir çaba sarfedilecektir.

Europa — Goldilocks Bölgesinin Dışı

Keşif araçlarımız için Güneş Sistemimiz içinde ilgimizi çeken bir başka hedef daha vardır: Europa. Onlarca yıl, yaşamın, Güneş Sistemi içinde ancak Güneş etrafındaki "Goldilocks bölgesi"nde[10] var olabileceğine inanıldı; buradaki gezegenler, yaşa-

---

[9] *the Terrestrial Planet Finder:* yapısının büyük bölümü silikat kayalardan (yani gazdan değil, topraktan) oluşan gezegenleri arayıp bulması için tasarlanan, teleskoplardan oluşan bir uydu sistemi. (ç.n.)

[10] *Goldilocks zone*

mın mümkün olabilmesi için ne çok sıcak ne de çok soğukturlar. Dünya sıvı su ile kutsanmıştır; çünkü Güneş etrafında doğru mesafede dönmektedir. Sıvı su, Merkür gibi Güneş'e çok yakın bir gezegende kaynayacak ve Jüpiter gibi Güneş'e çok uzak bir gezegende donacaktır. Sıvı su, muhtemelen DNA ve proteinin ilk olarak içinde oluştuğu sıvıdır, bu yüzden çok uzun bir süre, Güneş Sistemi'nde yaşamın yalnızca Dünya'da ya da muhtemelen Mars'ta var olabileceğine inanıldı.

Ama astronomlar yanılıyordu. *Voyager*[11] uzay aracı Jüpiter'in uydularını/aylarını geçtikten sonra, yaşamın gelişebilmesi için başka bir yerin daha olduğu netlik kazandı: Jüpiter'in uydularının buz örtülerinin altında kalan yerler. Europa, 1610'da Galileo tarafından keşfedilen Jüpiter'in uydularından biri, hemen astronomların dikkatini çekti. Yüzeyinin sürekli olarak buzla kaplı olmasına karşın, bu buzun altında sıvı bir okyanus vardır. Okyanus, Europa üzerinde Dünya üzerindekinden çok daha derin olduğu için, Europa okyanusunun toplam hacminin Dünya okyanuslarının hacminin iki katı olduğu tahmin ediliyor.

Güneş Sistemi'nde Güneş'ten başka verimli bir enerji kaynağının daha bulunduğunu fark etmek birazcık şok ediciydi. Europa'nın buz altındaki yüzeyi gelgit kuvvetleriyle sürekli ısıtılır. Europa, Jüpiter etrafındaki yörüngesinde dönerken, bu büyük gezegenin kütleçekim kuvveti onu farklı yönlerde sıkıştırır, çekirdeğinin derinlerinde sürtünme yaratır. Bu sürtünme ısı oluşturur; bu ise buzu eritir, devamlı var olan bir sıvı-su okyanusu meydana getirir.

Bu keşif, uzak gaz devlerinin uydularının, belki de gezegenlerin kendilerinden daha ilginç oldukları anlamına gelir. (Bu, muhtemelen James Cameron'un 2009'daki *Avatar* filmi için yer olarak Jüpiter büyüklüğünde bir gezegenin bir uydusunu seçmesinin nedenlerinden biridir.) Bir zamanlar oldukça nadir olduğu düşünülen hayat, aslında uzayın karanlıklarında, uzak gaz devlerinin uyduları üzerinde gelişiyor olabilir. Yaşamın gelişebileceği yerlerin sayısı, aniden, çok yükseldi.

---

[11] *gezgin* anlamına gelir. (ç.n.)

Bu olağanüstü keşfin bir sonucu olarak, Europa Jüpiter Sistemi Uydusu'nun (EJSM)[12] fırlatılma tarihi şimdilik 2020 olarak planlanıyor. Bu uydunun Europa yörüngesinde dolanması ve muhtemelen üzerine inmesi tasarlanıyor. Bunun ötesinde, bilim insanları çok daha gelişmiş makine ve teçhizat göndererek Europa'yı derinlemesine araştırmayı hayal ediyorlar. Bilim insanları, buz altında yaşam bulmak için çeşitli yöntemler düşünüyorlar. Bir olasılık Europa Buz Kırma Uydusu'dur.[13] Bu, Europa'nın buzlu yüzeyine yuvarlak cisimler bırakacak, çarpma noktasından çıkacak sis, gaz, duman ve kırıntılar, içlerinden geçen bir uzay aracı tarafından dikkatlice analiz edilecek. Çok daha da iddialı bir diğer plan ise buzun altına uzaktan kumandalı bir hidrobot[14] denizaltı koymaktır.

Burada, Dünyamız üzerindeki okyanus altlarındaki yeni gelişmeler de Europa üzerindeki ilgiyi körüklemiş durumda. 1970'lere kadar, çoğu bilim insanı, yaşamı mümkün kılabilen tek enerji kaynağının Güneş olduğuna inanıyordu. Ancak 1977'de, *Alvin* denizaltısı, daha önce hiç kimsenin şüphelenmediği yerlerde, gelişmekte olan yeni yaşam formlarının kanıtlarını buldu. Galapagos Çatlağı'nı[15] inceleyen denizaltı, yaşamak için volkan ağızlarından gelen ısı enerjisini kullanan dev tüp solucanları, midyeler, deniz kabukluları, istiridyeler ve diğer yaşam formlarının varlığını ortaya çıkardı. Enerjinin bulunduğu yerde, yaşam olabilir ve bu denizaltı volkan ağızları, deniz tabanının o simsiyah karanlıklarında yeni bir enerji kaynağı sağlamakta. İşin doğrusu, bazı bilim insanları, ilk DNA'nın okyanus kenarlarındaki gelgit havuzlarında[16] değil, aksine okyanus derinliklerindeki bir volkan ağzı yakınlarında oluşmuş olabileceğini ileri sürdüler. Bazı en ilkel (ve belki de en eski) DNA formları okyanusun dibinde bulunmuştur. Bu durumda, belki Europa üzerindeki volkan ağızları da, DNA gibi bir şeyin filizlenebilmesi için enerji sağlayabilir.

---

[12] *the Europa Jupiter System Mission*
[13] *the Europa Ice Clipper Mission*
[14] *hydrobot*: su robotu. (ç.n.)
[15] *the Galapagos Rift*
[16] *tide pools*

Europa'nın buzları altında oluşabilecek olası yaşam formları hakkında yalnızca tahmin yapılabilir. Eğer gerçekten varsalar, bunlar muhtemelen yön bulma amacıyla ışık yerine *sonar*[17] kullanan, yüzen yaratıklar olacaktır; bu nedenle onların evren algıları buzdan bir "gökyüzü" altında yaşamakla sınırlı olacaktır.

LISA – Büyük Patlama Öncesi

Bilimsel bilgimizde devrim yaratabilecek bir başka uydu da, Lazer Interferometre Uzay Anteni (LISA)[18] ve onun takipçileridir. Bu keşif uydularının olanaksızı gerçekleştirmesi mümkün olabilir, büyük patlamadan[19] önce ne olduğunu ortaya çıkartabilirler.

Halihazırda, uzak galaksilerin bizden uzaklaşma hızını ölçebilmekteyiz. (Bunu Doppler kayması[20] sayesinde yaparız; bir yıldız size doğru ya da sizden uzağa hareket ederse [sizin ölçeceğiniz] ışığın frekansı değişir.) Bu bize evrenin genişleme hızını verir. Sonra, "video kasedi geriye sarar ve ilk patlamanın gerçekleştiği zamanı hesaplarız. Bu, bir patlamanın zamanını belirlemek için barut kalıntılarının analiz edilmesine çok benzer. Büyük patlamanın 13,7 milyar yıl önce meydana geldiğini bu şekilde tespit ettik. Ancak can sıkıcı olan, mevcut uzay uydusu WMAP'ın[21], ancak ilk patlamadan 400.000 yıl sonrasına kadar geriye bakabilmesidir. Bu nedenle, uydularımız bize yalnızca bir patlama olduğunu söyleyebiliyorlar, ama niçin bir patlama olduğunu, neyin patladığını ve patlamaya neyin neden olduğunu bize söyleyemiyorlar.

LISA'nın böylesi bir heyecan yaratıyor olmasının nedeni budur. LISA tamamen yeni bir ışıma çeşidini ölçecek: Büyük patlama anından gelen kütleçekim dalgalarının[22] bizzat kendilerini.

---

[17] *sonar*: denizler içinde yön bulmaya yarayan, sesin yansıma özelliğini kullanan bir cihaz. (ç.n.)

[18] *the Laser Interferometer Space Antenna*

[19] *the big bang*

[20] *the Doppler shift*

[21] *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*: *Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Kâşifi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[22] *gravity waves*

Ne zaman yeni bir ışıma türü kullanılsa dünya görüşümüz değişmiştir. Optik teleskopların ilk kez Galileo tarafından gezegenlerin ve yıldızların bir haritasını çıkartmak için kullanılması, astronomi bilimini başlatmıştır. Radyo teleskoplarının İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen sonra mükemmelleştirilmeleri, patlayan yıldızlar ve kara deliklerden oluşan bir evreni ortaya çıkartmıştır. Şimdi kütleçekimi dalgalarını algılayabilen üçüncü nesil teleskoplar, bize, çarpışan kara delikler dünyası için, ekstra boyutlar[23] için ve hatta bir çoklu evren için[24] çok daha nefes kesici bakış açıları sağlayabilirler.

LISA'nın fırlatılma tarihi şimdilik 2018 ile 2020 arası olarak belirlendi. LISA üç lazer ışınıyla birbirine bağlantılı, çapı 4,8 milyon kilometrelik bir daire içinde devasa bir üçgen oluşturacak üç uydudan oluşur. Bu, o zamana kadar yörüngeye oturtulacak en büyük uzay aygıtı olacak. Büyük patlamadan kaynaklanan, hâlâ evrende yankılanan herhangi bir yerçekimi dalgası bu uyduları birazcık titretecek. Bu minik düzensizlik[25] lazer ışınlarını değiştirecek ve alıcılar bu düzensizliğin frekansını ve karakteristiklerini kaydedecekler. Bilim insanları bu yolla, büyük patlamanın hemen sonrasındaki ilk saniyenin trilyonda birini elde etmeyi başaracaklar. (Einstein'a göre, uzay-zaman eğrilebilen ve gerdirilebilen bir kumaş gibidir. Eğer çarpışan karadelikler ya da büyük patlama gibi büyük bir düzensizlik varsa bu kumaş üzerinde dalgalanmalar oluşabilir ve bunlar ilerleyebilirler. Bu dalgalanmalar ki kütleçekim dalgaları olarak adlandırılırlar, o kadar küçüktürler ki, sıradan araçlar kullanılarak tespit edilemezler; ama LISA bu kütleçekim dalgalarından kaynaklanan titreşimleri algılamak için yeterince hassas ve büyüktür.)

LISA sayesinde çarpışan kara deliklerden kaynaklanan ışımalar tespit edilebileceği gibi, büyük patlama öncesi döneme de bakılabilmesi mümkün olabilir; bir zamanlar böyle bir şeyin olanaksız olduğu düşünülüyordu.

---

[23] *higher dimensions*
[24] *multiverse*
[25] *disturbance*

Şu anda, benim uzmanlık alanım olan sicim kuramından[26] gelen, büyük patlama öncesi dönem için birkaç kuram vardır. Senaryonun birinde, evrenimiz sürekli genişleyen bir çeşit devasa balondur. Biz bu kocaman balonun üzerinde yaşarız (sinek kâğıdı üzerine yapışmış sinekler gibiyiz, balonun üzerinden ayrılamayız). Ancak, bizim balon evrenimiz, diğer balon evrenlerin de içinde olduğu, bir köpük banyosuna benzeyen çoklu evrenler okyanusunun bir parçasıdır. Bazen, bu baloncuklar çarpışabilir (bu bize büyük dokunma kuramını[27] verir) ya da daha küçük baloncuklara bölünüp, sonra genişleyebilirler (bu da bizim sonsuz şişme[28] diye adlandırdığımız olaydır). Bu büyükpatlama-öncesi kuramların her birinin, ilk patlamanın hemen ardından, evrenin kütleçekim dalgalarını nasıl serbest bıraktığına ilişkin tahminleri vardır. LISA, büyük patlama sonrası yayılan kütleçekim dalgalarını ölçebilir ve bunu sicim kuramının çeşitli tahminleri ile karşılaştırabilir. Bu yolla, Lisa bu kuramların bazılarını eleyebilir ya da onları geçerli hale getirebilir.

Ancak, LISA'nın bu çok hassas görevi gerçekleştirmeye yetecek bir hassasiyete sahip olmadığı görülürse muhtemelen LISA'dan daha öte yeni nesil dedektörler (Big Bang Observer[29] gibi) görevi devralacaklar.

Eğer başarılı olursa bu keşif araçları yüzyıllardır tüm açıklama gayretlerine meydan okuyan soruya yanıt olabilir: Evren en başta nereden geldi? Sonuç olarak, yakın vadede, büyük patlamanın kökeni üzerindeki sır perdesinin kaldırılabilme olasılığı oldukça yüksektir.

Uzayda İnsanlı Uçuşlar

Robotlu uçuşlar uzay araştırmaları için yeni ufuklar açmaya devam ederken, insanlı uçuşlar daha çok büyük engellerle karşı karşıya kalacaktır. Bu böyledir; çünkü insanlı uçuşlarla karşılaştırıldığında, robotlu uçuşlar ucuz ve çok yönlüdürler: Tehlikeli

---

[26] *string theory*
[27] *the big splat theory*
[28] *eternal inflation*
[29] *Büyük Patlama Gözcüsü* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

ortamları keşfedebilirler, pahalı yaşam destekleri gerektirmezler ve en önemlisi, geri gelmek zorunda değillerdir.

1969 yılına geri dönersek, astronotlar sanki Güneş Sistemi'ni keşfetmek için hazırlanmışlar gibi görünüyorlardı. Neil Armstrong ve Buzz Aldrin yalnızca Ay'da yürüdüler ve insanlar çoktandır Mars ve ötesine gitmenin hayalini kuruyorlardı. Yıldızların hemen eşiğindeymişiz gibi görünüyordu her şey. Sanki insanlık için yeni bir çağ doğuyordu.

Sonra tüm hayaller tuz buz oldu.

Bilim kurgu yazarı Isaac Asimov'un yazdığı gibi, golümüzü atmış, sayımızı almıştık; sonra topumuzu almış ve evin yolunu tutmuştuk. Bugün, eski Satürn fırlatma roketleri müzelerde atıl durumdalar ya da hurda depolarında çürümeye terkedilmişler. Roket biliminin zirvesindeki insanların tüm bir neslinin dağılmasına, gözlerden kaybolmasına izin verildi. Uzay yarışının arkasındaki itici güçler, destekler yavaş yavaş yok oldu. Bugün, o ünlü Ay yürüyüşüne ait referansları yalnızca tozlu tarih kitaplarında bulabilirsiniz.

Ne olmuştu ki? Vietnam Savaşı, Watergate Skandalı, ve pek çok şey. Ancak, hepsinin özünde aslında tek sözcük vardı: Maliyet.

Bazen uzay yolculuğunun pahalı, ama çok pahalı, olduğunu unutuyoruz. Dünya'nın yakınlarındaki bir yörüngeye bir kilogramlık herhangi bir şey koymanın maliyeti 20.000 dolardır. John Glenn'in[30] som altından yapılmış bir heykelini hayal ederseniz, uzay seyahatinin maliyetini kavrayabilirsiniz. Ay'a ulaşmanın kilo başına maliyeti 200.000 dolar kadardır. Mars'a ulaşmak için kilo başına 2.000.000 dolar civarında bir maliyetin gözden çıkartılması gerekir, ki bu da kabaca, ağırlığınız kadar elmas anlamına gelir!

Her şeye karşın tüm bu masraflar, Ruslarla olan acıklı rekabetin heyecanı içinde kılıfına uyduruldu ve karşılandı. Cesur astronotlarca gerçekleştirilen muhteşem uzay gösterileri uzay yolculuğunun gerçek maliyetini gözlerden sakladı; çünkü söz

---

[30] *John Herschel Glenn, the Junior:* ilk Amerikalı astronot; *Friendship 7* (*Arkadaşlık 7*) adlı uçuşla dünya etrafında dönen ilk Amerikalı, dünyada beşinci astronot. (ç.n.)

konusu olan ulusal onurlarıydı, sonuçlarına katlanacaklardı. Ancak, süper güçler bile böylesine büyük maliyetleri onlarca yıl karşılayamazlar.

Isaac Newton'un hareket yasalarını ilk yazmasından bu yana 300 yıldan fazla geçti ve ne yazık ki, basit bir hesap hâlâ bizi peşinden koşturuyor. Bir nesneyi Dünya'ya yakın bir yörüngeye fırlatmak için, onu saate 30.000 kilometre bir hızla göndermek zorundasınız. Uzaya, Dünya'nın kütleçekim alanının ötesine, göndermek için, onu saatte 40.000 kilometreyle ittirmek zorundasınız. (Bu sihirli saatte 40.000 kilometre sayısına ulaşmak için de Newton'un üçüncü hareket yasasını kullanmak zorundayız: Her etki için, eşit ve zıt bir tepki vardır. Bu, bir roketin, ancak sıcak gazları *ters yönde* dışarı püskürtmesi kaydıyla hızla *ileriye* gidebileceği anlamına gelir; bu tam da, şişirip serbest bıraktığınız bir balonun oda içinde uçmasına benzer.) Sonuçta, Newton yasalarından uzaya seyahatin maliyetini hesaplamak basit bir iştir. Güneş Sistemi'ni keşfetmemizi engelleyen bir mühendislik ya da fizik yasası yok, bu yalnızca bir maliyet problemidir.

Bundan daha kötüsü, roketin, ağırlığını arttıran, kendi yakıtını taşımak zorunda olmasıdır. Uçaklar bu sorunu kısmen aşmışlardır; çünkü dışardaki havadan çekip aldıkları oksijeni motorlarında yakabilirler. Ancak, uzayda hava olmadığı için, roket kendi oksijen ve hidrojen tanklarını taşımak zorundadır.

Bu, yalnızca uzay yolculuğunun çok pahalı olmasının değil, aynı zamanda sırt roketlerine[31] ve uçan arabalara sahip olmamamızın da nedenidir. Bilim-kurgu yazarları (gerçek bilim insanları değil), hepimizin sırt roketlerini takıp işe uçarak gittiğimiz ya da ailemizin uçan arabasıyla bir Pazar günü gezisine çıktığımız bir günü ballandırarak anlatırlar. Fütüristler birçok insanı hayal kırıklığına uğrattı; çünkü bu tahminleri gerçekleşmedi. (Bu, "Sırt Roketim Nerede" gibi alaycı başlıklar taşıyan bir sürü döküntü gazete yazısı ve kitap görmemizin nedenidir.) Ama hızlı bir hesap gerçek nedeni gösterir. Sırt roketleri zaten mevcut; işin doğrusu, Naziler II. Dünya Savaşı sırasında bunla-

---

[31] *jet packs*

rı kısa bir süre kullanmıştı. Öte yandan,[32] sırt roketlerinde yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksit hızlıca tükenir. Bu yüzden sırt roketiyle yapılan tipik bir uçuş yalnızca birkaç dakika sürer. Benzer şekilde, helikopter kanatları kullanan uçan arabalar çok büyük miktarda yakıt tüketirler ve bu, onları şehir dışında yaşayan ortalama bir çalışan için çok masraflı yapar.

Ay Programının İptali

Uzay yolculuğunun muazzam maliyeti nedeniyle, şu anda insanlı uzay keşfinin geleceği sürekli değişmekte. Bir önceki Amerika Birleşik Devletleri Başkanı George W. Bush, uzay programı için net ama iddialı bir plan açıkladı. İlk olarak, şimdiki uzay mekiği 2010'da emekliye ayrılacak ve 2015 yılında *Constellation*[33]adı verilen yeni bir roket sistemi ile yer değiştirecekti. İkinci olarak, astronotlar 2020'de Ay'a dönecekler ve en sonunda orada kalıcı bir insanlı üs kuracaklardı. Üçüncü olarak, bütün bunlar, Mars'a olası bir insanlı uçuşun zeminini hazırlayacaktı.

Ancak, uzay yolculuğu ekonomisi o zamandan bu yana önemli ölçüde değişti; çünkü ekonomideki büyük durgunluk nedeniyle, gelecekteki uzay uçuşları için ayrılan fon kurumuş durumda. Şimdiki Başkan Barack Obama'ya 2009'da sunulan Augustine Komisyonu[34] raporu, o zamandaki mevcut finansman düzeylerini göz önüne alarak, Bush planının sürdürülemez olduğu sonucuna vardı. Başkan Obama 2010'da Augustine Raporu'nun bulgularını teyit etti ve şimdiki uzay mekiği ve onun yerini alacak ve Ay'a dönmek için altyapı hazırlayacak olan roket sistemi ile ilgili planları iptal etti. Yakın vadede, uzaya astronotlarını gönderecek roketleri olmadığı için, NASA[35] Ruslara güvenmek zorunda olacak. Bu arada, bu durum, özel şirketlere, insanlı uzay programını devam ettirmek için gerekli roketleri yapmaları için bir olanak da sunar. Geçmişinden kesin

---

[32] H_2O_2. (ç.n.)

[33] *takımyıldızı* ya da *yıldız kümesi* anlamına gelir. (ç.n.)

[34] *the Augustine Commission*

[35] *National Aeronautics and Space Administration*: (Birleşik Devletler) Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi. (ç.n.)

olarak kopan NASA, bundan böyle insanlı uzay programları için roket inşa ediyor olmayacak. Planın savunucuları, özel şirketler bu işi devraldıklarında, uzay yolculuğunda yeni bir dönem açılacağını söylüyorlar. Eleştirmenler, planın NASA'yı "hiçbir yere gitmeyen bir seyahat ajansı"na indirgeyeceğini söylüyorlar.

Bir Göktaşı Üzerine İniş

Augustine Raporu, Mars'ın uydularına doğru giden ya da yakınlarından geçen, hemen civarımızdaki bir göktaşına[36] seyahat etmek gibi, çok fazla roket yakıtı gerektirmeyen, birkaç mütevazı hedef içeren, daha esnek bir yol önerdi. Böyle bir göktaşının henüz gökyüzü haritalarımızda bile olmayabileceği, yakın gelecekte keşfedilebilecek, uzayda dolaşan herhangi bir göktaşı olabileceği de belirtildi.

Augustine Raporu, problemin Ay'a iniş ve dönüş için ya da özellikle Mars'tan dönüş için gerekli yakıtın çok, ama çok pahalı olmasıdır diye görüş belirtti. Ancak, göktaşları ve Mars'ın uyduları çok düşük kütleçekim alanlarına sahip olduklarından, bu uçuşlar çok fazla roket yakıtı gerektirmeyecekti. Augustine Raporu ayrıca, Dünya'nın ve Ay'ın çekim kuvvetlerinin birbirlerinin etkilerini yok ettiği yerler olan Lagrange noktalarına[37] gitme olasılığından da bahsetti. (Bu noktalar, erken Güneş Sistemi'ne ait antik döküntülerin toplandığı kozmik çöplükler gibi hizmet görebilirler, böylece astronotlar buralara gelerek, Dünya-Ay sisteminin geçmişine dayanan ilginç kayalar bulabilirler.)

Göktaşları çok zayıf kütleçekim alanlarına sahip olduklarından, bir göktaşı üzerine iniş kesinlikle düşük maliyetli bir görev olacaktır. (Bu, aynı zamanda göktaşlarının yuvarlak yerine düzensiz şekilli olmalarının da nedenidir. Evrende, büyük nesnelerin tümü -yıldızlar, gezegenler ve bunların uyduları gibi- düzgün dağılmış kütleçekim kuvveti nedeniyle yuvarlaktır. Bir gezegenin şeklindeki herhangi bir düzensizlik, kütleçekim

[36] Mars ile Jüpiter arasındaki sayısız gök cismi; *gezegenimsi* (*minor planet*) de denir. (ç.n.)

[37] *the Lagrange points*

kuvveti dış tabakayı sıkıştırdıkça yavaş yavaş kaybolur. Ancak bir göktaşının kütleçekim alanı o kadar zayıftır ki göktaşını bir küre şekline sokacak şekilde sıkıştıramaz.)

Bir olasılık, 2029 yılında hiç de hoş olmayan bir şekilde yakın geçiş yapacak *Apophis*[38] göktaşıdır. Aşağı yukarı 300 metre çapındaki Apophis, koca bir futbol stadyumu büyüklüğündedir. Dünya'ya çok yaklaşacak, işin doğrusu bazı haberleşme uydularımızın altından geçecek. [Dünya ile göktaşı arasındaki kütleçekim kuvveti etkisiyle,] bu yakın geçiş sırasında yörüngesinde ne kadar sapma olacağına bağlı olarak, göktaşı 2036 yılında tekrar Dünya'ya yönelebilir; bu durumda Dünya'ya çarpma olasılığı 100.000'de 1. Eğer bu gerçekleşirse Apophis 100.000 Hiroşima bombasına eşit bir kuvvetle çarpacak; böylesine bir kuvvet, yaratacağı ateş fırtınaları, şok dalgaları ve kor halindeki parçalarıyla, Fransa büyüklüğünde bir alanı yok etmeye yeterlidir. (Karşılaştırmak için bir örnek: Muhtemelen bir apartman binası büyüklüğündeki çok daha küçük bir nesne, 1908'de Sibirya, Tunguska'ya 1000 Hiroşima bombası kuvvetiyle çarptı; 2600 kilometre karelik bir ormanı silip yok etti, ve binlerce kilometre uzaktan hissedilen bir şok dalgası yarattı; ayrıca Asya ve Avrupa üzerinde görülen garip bir parlaklığa neden oldu, öyle ki Londra'da insanlar geceleyin gazete okuyabiliyorlardı.)

Bir şekilde Dünya'nın yakınına geleceğinden, Apophis'e gerçekleştirilecek bir ziyaret NASA bütçesini zorlamaz, ama göktaşına iniş bir sorun teşkil edebilir. Zayıf bir kütleçekim alanına sahip olduğu için, bildiğimiz anlamda üzerine inmek yerine, gerçekte göktaşına kenetlenilecektir. Ayrıca, göktaşının kendi etrafındaki dönüşü muhtemelen düzensizdir, bu yüzden iniş öncesi hassas ölçümler yapılması gerekir. Öte yandan, göktaşının ne kadar katı olduğunu test etmek ilginç olacaktır. Bazıları, bir göktaşının zayıf bir kütleçekim alanı ile gevşekçe bir arada tutulan bir kaya topluluğu olabileceğine inanıyor. Diğerleri ise katı olabileceğine inanıyor. Bir göktaşının yoğunluğunu

[38] *Apophis*, *Aapep*, *Apep*, ya da *Apepi*: Mısır (ve Yunan) mitolojilerinde, Nil Nehri'nde yaşayan, yılana ya da timsaha benzeyen, karanlığın, kaosun, ve iblisin simgesi, devasa bir yaratık. (ç.n.)

belirlemek bir gün önemli olabilir, özellikle de nükleer silahlar kullanarak bir tanesini havaya uçurmak zorunda kalırsak. Bir göktaşı, ince bir toz halinde ufalanmak yerine, birkaç büyük parçaya dağılabilir. Böyle bir durumda, daha sonra bu parçalardan kaynaklanacak tehlike ilk göktaşı tehdidinden daha büyük olabilir. Daha iyi bir fikir, göktaşını Dünya'ya yaklaşmadan önce iteleyip yörüngesinden çıkartmak olabilir.

Mars'ın Bir Uydusuna İnmek

Augustine raporu Mars'a yapılacak insanlı bir uçuşu desteklememesine karşın, merak uyandıran bir olasılık Mars'ın uydularını *Phobos*[39] ve *Deimos*'u[40] ziyaret etmeleri için astronotlar göndermektir. Bu uydular Dünya'nın uydusu Ay'dan çok daha küçüktürler ve dolayısıyla çok düşük kütleçekim alanları vardır. Maliyet tasarrufuna ek olarak, Mars'ın uydularına inişin çeşitli avantajları vardır.

1. İlk olarak, bu uydular uzay istasyonları olarak kullanılabilirler. Mars'a yapılacak bir uçuştan evvel, onu uzaydan analiz etmenin ucuz bir yolunu sağlarlar.
2. İkincisi, en sonunda Mars'a erişmek için kolay bir yol sağlayabilirler. Phobos, Mars'ın merkezine 10.000 kilometreden daha yakındır, bu nedenle Kızıl Gezegen'e[41] hızlı bir yolculuk birkaç saat içinde yapılabilir.
3. Muhtemelen bu uyduların mağaraları var, ve bunlar insanlı bir daimî üssü, göktaşları ve radyasyona karşı korumak için kullanılabilirler. Özellikle de Phobos'un bir kenarında devasa Stickney krateri[42] vardır; bu, Phobos'a muhtemelen büyük bir meteorun çarptığını ve neredeyse onu paramparça edebileceğini gösterir. Bununla birlikte, kütleçekim kuvveti yavaş yavaş parçaları geri getirdi ve uyduyu yeniden birleştirdi. Muhtemelen, bu çok eski

---

[39] ismini Yunan mitolojisindeki korku tanrısından alır. (ç.n.)

[40] adını Yunan mitolojisindeki Afrodit'in bir oğlundan alır. (ç.n.)

[41] *the Red Planet*: Mars. (ç.n.)

[42] *the Stickney crater*: bu isim *Phobos*'u keşfeden Asaph Hall'un karısı adına verilmiştir. (ç.n.)

zaman çarpışmasından artakalan pek çok mağara ve boşluk var.

Ay'a Geri Dönmek

Augustine Raporu ayrıca, on yıl için en az 30 milyar dolarlık bir fon sağlanırsa Ay'a geri gidebiliriz diyen Önce Ay[43] diye bir programdan bahsetti. Bu mümkün olmadığı için, Ay programı, aslına bakılırsa en azından önümüzdeki yıllar için, iptal edilmiş durumda.

Birçok önemli bileşenden oluşan, ve iptal edilen, bu Ay görevinin adı *Constellation*[44] *Programı* idi. Bu bileşenlerden ilki, eski Satürn roketi 1970'lerde rafa kaldırıldığından beri yapılacak ilk Amerika Birleşik Devletleri güçlendirici roketi olan Ares'ti.[45] Ares'in üzerinde, uzay istasyonuna gidecek altı astronotu ya da Ay'a gidecek dört astronotu taşıyabilen Orion[46] modülü olacaktı. Sonra, Ay'a gerçekten inecek olan Altair[47] iniş aracı vardı.

Eski uzay mekiğinin, ki onun mekik roketi güçlendirici roketin yanına yerleştirilmişti, bir tasarım hatası vardı. Bunlardan en önemlisi, roketin köpük parçaları dökme eğilimi göstermesiydi. Böyle bir durum, uzay mekiği *Columbia* için yıkıcı sonuçlar doğurdu. Kalkışı esnasında güçlendirici roketten gelen bir köpük parçasının mekiğe çarparak kanadında delik açması nedeniyle, Columbia, 2003 yılında atmosfere dönüşünde, yedi cesur astronotun hayatına mal olarak, paramparça oldu. Atmosfere dönüşü esnasında, sıcak gazlar Columbia'nın gövdesine nüfuz etti, içerdeki herkesi öldürdü ve geminin parçalanmasına neden oldu. *Constellation*'da, mürettebat modülünün güçlendirici roket üzerine doğrudan yerleştirilmesiyle, bu artık bir problem olmaktan çıkacaktı.

---

[43] *Moon First*

[44] *takımyıldızı* ya da *yıldız kümesi* anlamına gelir. (ç.n.)

[45] ismini Yunan mitolojisindeki savaş tanrısından alır; savaştaki fiziksel gücü, dehşeti ve yabaniliği temsil eder. (ç.n.)

[46] adını Yunan mitolojisindeki dev bir avcıdan alır. (ç.n.)

[47] ismini çok parlak bir yıldızdan alır; orijinal isim Arapça'dan gelir, *el-tayr*: kuş. (ç.n.)

Constellation Programı, 1970'lerin Ay roketi programına çok benzer göründüğünden, basın tarafından "steroitler üzerine bir Apollo programı" olarak adlandırılmıştı. Ares I güçlendiricisi 99 metre boyunda olacaktı; bu uzunluk, 111 metrelik Saturn V roketi ile karşılaştırılabilir. Ares I'in, eski uzay mekiğinin yerini alacak Orion modülünü uzaya taşıması bekleniyordu. Çok ağır kaldırmalar için NASA, 116 metre uzunluğunda ve uzaya 207 ton yük taşıma kapasitesi olan Ares V roketini kullanacaktı. Ares V roketi, Ay'a ya da Mars'a olsun, herhangi bir uçuşun belkemiği olacaktı. (Ares planları iptal edilmiş olmasına karşın, gelecekteki uçuşlar için bu bileşenlerin bazılarını bir olasılık kurtarmanın yolları aranıyor.)

Kalıcı Ay Üssü

Başkan Obama *Constellation Programı*'nı iptal etmesine karşın, çeşitli seçenekler için açık kapı bıraktı. Astronotlarımızı Ay'a geri götürmesi için planlanmış olan Orion modülü, şimdi Uluslararası Uzay İstasyonu[48] için bir kaçış kapsülü olarak düşünülüyor. Gelecekte bir noktada, ekonomik krizden çıkıldığında, başka bir yönetim, bir Ay üssü de dahil olmak üzere, Ay'ı gözüne kestirebilir.

Ay'da kalıcı bir üs kurmanın önünde birçok engel var. İlk engel mikro-göktaşlarıdır. Ay havasız olduğu için, uzaydan gelen kayalar sık sık ona çarpar. Bunu, göktaşı çarpmaları nedeniyle oluşmuş, bazıları milyarlarca yıl öncesinden kalma çukurlarla kaplanmış yüzeyine bakarak anlayabiliriz.

Berkeley'deki California Üniversitesi'nde[49] bir yüksek lisans öğrencisi iken, bu tehlikeye kişisel bir bakış attım. 1970'lerin başında uzaydan getirilen Ay taşları bilim camiasında sansasyon yaratıyordu. Mikroskop altında Ay taşları analiz eden bir laboratuvara davet edildim. Ay taşları Dünya'daki taşlara çok benzediğinden, baktığım taş sıradan görünüyordu, ancak mikroskop altında küçük bir şok geçirdim. Taşta küçük meteor kraterleri gördüm, ve onların içlerinde daha da küçük kraterler gör-

[48] *the International Space Station*
[49] *the University of California*

düm. Kraterler içinde kraterler içinde kraterler, daha önce hiç görmediğim bir şeydi bu. Bir atmosfer olmadan, en küçük mikroskobik bir kum tanesinin bile, size saatte 65.000 kilometrelik bir hızla çarparak, sizi kolayca öldürebileceğini ya da en azından uzay elbisenizi delip geçebileceğini hemen fark ettim. (Bu çarpmaların benzerini simüle edebildiklerinden, bilim insanları bu mikro-göktaşlarının neden olabileceği muazzam zararları anlayabilirler; kendi laboratuvarlarında bu meteor çarpmalarını çalışmak için, küçük metal saçmaları ateşleyebilecek büyük top namluları yapmışlardır.)

Olası bir çözüm, Ay üssünü toprak altında inşa etmektir. Ay'ın eski volkanik faaliyetleri nedeniyle, astronotlarımızın ayın derinliklerine uzanan bir lav tüneli bulabilme şansları vardır. (Lav tünelleri, toprak altındaki mağara benzeri yapıları ve geçitleri biçimlendiren eski lav akışları tarafından oluşturulmuştur.) Astronomlar 2009 yılında Ay üzerinde kalıcı bir üs olarak hizmet verebilecek, gökdelen büyüklüğünde bir lav tüneli buldular.

Bu doğal mağara, kozmik ışınlardan ve Güneş alevlerinden gelen radyasyona karşı astronotlar için ucuz bir koruma sağlayabilir. New York'tan Los Angeles'a kıtalararası bir uçuş yapmak bile, bizi saatte bir milirem'lik[50] (bir diş röntgenine maruz kalmaya eşdeğer) bir radyasyona maruz bırakır. Radyasyon Ay'daki astronotlar için o kadar yoğun olabilir ki onların toprak altındaki üslerinde yaşamaları gerekebilir. Atmosfer olmadan, Güneş alevlerinin ve kozmik ışınların ölümcül bir yağmuru, astronotlar için doğrudan bir risk oluşturur, onların erken yaşlanmalarına ve hatta kanser olmalarına neden olabilir.

Ağırlıksızlık da, özellikle uzaydaki uzun görevler için, bir problemdir. Astronotlar üzerinde kapsamlı testlerin yapıldığı, Ohio, Cleveland'daki NASA eğitim merkezini ziyaret etme şansım olmuştu. Gözlemlediğim bir testte, denek bedeni yere paralel olacak şekilde bir kayış takımına asılıydı. Sonra, bu denek dikey bir koşu bandı üzerinde koşmaya başladı. Koşu bandında koşarken, NASA bilim insanları bir yandan deneğin dayanıklı-

[50] *millirem*, ya da *mrem*: 1 *mrem*, 1 *rem'in* binde 1'ine eşittir; burada *rem*, *roentgen equivalent in men* (*insanlar için röntgen muadili*) anlamındadır. (ç.n.)

lığını test ederlerken, hem de ağırlıksızlığı simüle edebiliyorlardı.

NASA doktorlarıyla konuştuğumda, ağırlıksızlığın daha önce düşündüğümden daha fazla zararlı olduğunu öğrendim. Bir doktor bana, bilim insanlarının, yıllarca uzun-süreli ağırlıksızlık ortamlarına tabi tutulduktan sonra, Amerikan ve Rus astronotların vücutlarında önemli değişiklikler olduğunun farkına yeni yeni vardıklarını açıkladı: Kaslarda, kemiklerde ve kalp-damar sistemlerinde bozulmalar meydana gelmişti. Dünya'nın kütleçekim alanında yaşayan vücudumuz milyonlarca yıl içinde evrimleşti. Uzun bir süre için daha zayıf bir kütleçekim alanına yerleştirildiğimizde, tüm biyolojik süreçlerimiz bir kargaşa içine sürüklenir.

Rus astronotlar uzayda bir yıl kadar zaman geçirip Dünya'ya geri geldiklerinde, o kadar güçsüz düşmüşlerdi ki, yerde ancak emekleyebiliyorlardı. Uzayda her gün vücut egzersizleri yapsalar bile, kasları körelir, kemikleri kalsiyum kaybeder, ve kalp-damar sistemleri zayıflamaya başlar. Bazı astronotların, bu zararların etkilerinden kurtulmaları aylar sürebilir, bazı zararlar kalıcı bile olabilir. Mars'a iki yıl sürebilecek bir yolculuk, astronotların güçlerinin tükenmesine neden olabilir, bu yüzden Mars'a ulaştıklarında görevlerini yerine getiremeyebilirler. (Bu problemin bir çözümü, uzay aracını döndürmektir; bu, gemi içinde yapay bir kütleçekim alanı oluşturur. Bunun nedeni, bir kova suyu başınızın üstünde, su dökülmeden, döndürebilmenize olanak sağlayan nedenle aynıdır. Ancak böyle bir şey, mekiği döndürmek için gerekli ağır donanım nedeniyle, çok, ama çok pahalı, bir işlemdir. Her ekstra 1 kilogram ağırlık, uçuşun maliyetine 20.000 dolar ekler.)

Ay Üstünde Su

Ay'da her şeyin gidişatını değiştiren olay, muhtemelen çok eski kuyruklu yıldız çarpmalarından geriye kalan çok eski buz katmanlarının keşfiydi. 2009 yılında, NASA'nın LCROSS[51] keşif

[51] *lunar crater observation and sensing satellite*: ay krateri gözlem ve algılayıcı uydusu olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

aracı ve onun Centaur[52] adlı güçlendirici roketi, Ay'ın güney kutup bölgesine çarptı. Saatte 9000 kilometrelik bir hızla aya çarptılar, 1-2 kilometre yüksekliğinde bir duman bulutu ve aşağı yukarı 95 kilometre çapında bir krater oluşturdular. Televizyon izleyicileri, LCROSS'un Ay'a çarpmasının tahmin edildiği gibi görkemli bir patlama yaratmaması nedeniyle hayal kırıklığına uğramışlardı, ama bu çarpma, bize çok önemli bir bilimsel veri zenginliği sağladı. Çarpma etkisiyle oluşan bulut içinde 91 litre su bulundu. Bilim insanları şok haberi 2010 yılında verdi: Bulutu oluşturan parçalar %5 oranında su içeriyordu; sonuçta, Ay, Sahra Çölü'nün birçok bölgesine göre daha nemliydi.

Bu çok önemli olabilir; çünkü bu, gelecekte astronotların, roket yakıtları için (sudaki hidrojeni ayırıp alarak), nefes almak için (oksijeni ayırıp alarak), korunmak için (çünkü su radyasyonu emebilir), ve arıtıldıktan sonra içmek için, toprak altındaki buz katmanlarını kullanabileceği anlamına gelebilir. Yani, bu keşif Ay'a yapılacak herhangi bir uçuşun maliyetini yüz milyonlarca dolar düşürebilir.

Bu keşif, astronotların Ay üstünde kalıcı bir üs yaratmak ve bu üssün tedariklerini karşılamak için topraktan, yani onun içindeki sudan, yararlanabilecekleri anlamına gelebilir.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Mars'a Gitmek

Amerika Birleşik Devletleri Başkanı Obama, Ay programının iptalini duyurmak için 2010'da gittiği Florida'da, Mars'a yapılabilecek bir uçuş olasılığının kapılarını açık bıraktı. Ay'ın ötesindeki uzaya bir gün astronotlar gönderebilecek, özellikleri henüz belirlenmemiş, ağır bir güçlendirici roketin finansmanını destekleyeceğini söyledi. Belki de 2030'ların ortasında, astronotların Mars'ta yürüyeceği o günü görebileceğini düşündüğünü belirtti. Buzz Aldrin gibi bazı astronotlar, Ay'ı pas geçeceği için

[52] ismini Yunan mitolojisindeki yarı insan yarı at görünümlü yaratıklardan almıştır. (ç.n.)

Obama'nın planının ateşli destekçilerindendi. Bir defasında Aldrin bana, Amerika Birleşik Devletleri'nin zaten bir defa Ay'a gitmiş olduğunu, dolayısıyla gerçek bir maceranın Mars'a gitmek olacağını söylemişti.

Güneş Sistemi'ndeki tüm gezegenler içinden yalnızca Mars'ın bazı yaşam formlarını barındırmaya yetecek kadar Dünya'ya benzediği görünüyor. (Güneş'in kavurduğu Merkür'ün koşulları, muhtemelen bildiğimiz anlamdaki yaşama ev sahipliği yapamayacak kadar kötü. Birer gaz devi olan Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün, yaşam barındıramayacak kadar çok soğukturlar. Venüs ise Dünya'nın bir ikizidir, kontrolden çıkmış bir sera etkisi cehennem gibi bir gezegen yaratmış: Sıcaklıklar 500 derecelerde geziniyor, çoğunlukla karbondioksit olan atmosferi bizimkinden 100 kez daha yoğun, ve gökten sülfürik asit yağar. Venüs yüzeyinde yürümeye kalksaydınız [temiz] havasızlıktan boğulur, ezilerek ölürdünüz; kalıntılarınız da yüksek sıcaklıkta yanıp kül olur ve sülfürik asit ile çözünürdü.)

Diğer taraftan, çok eski zamanlarda ortadan kaybolan okyanuslar ve nehir yataklarıyla, Mars da bir zamanlar Dünya gibi ıslak bir gezegendi. Bugün yaşamdan yoksun, donmuş bir çöldür. Belki de mikrobiyal yaşam, milyarlarca yıl öncesinde orada gelişti, ya da hâlâ oradaki yeraltı sıcak su kaynaklarında yaşayan mikro organizmalar olabilir.

Bir ülke, ki burada bu ülke Amerika Birleşik Devletleri, Mars'a gitmek için ciddi bir kararlılık gösterirse bu görevin tamamlanması hâlâ bir diğer yirmi otuz yıl alabilir. Ancak Mars'a ulaşmak Ay'a gitmekten çok daha zor olacaktır. Ay'a kıyasla, Mars zorluk bakımından bir kuantum sıçramasını[53] temsil eder. Ay'a ulaşmak yalnızca üç gün sürer. Mars'a ulaşmak ise altı ay ila bir yıl arasında bir vakit alır.

Temmuz 2009'da, NASA bilim insanları, gerçek bir Mars görevinin ne anlama geldiği konusunu masaya yatırdılar. Astronotların Mars'a ulaşmaları altı ay ya da daha fazla sürecek. Gezegende on sekiz ay kalacak olan astronotların dönüş yolculuğu, bir diğer altı aylarını daha alacak.

---

[53] *quantum leap*: çok önemli bir atılım/gelişme anlamına gelir. (ç.n.)

Toplamda, 100 milyar dolarlık uzay istasyonu için ihtiyaç duyulandan daha fazla, 700 tonluk bir ekipman Mars'a gönderilecek. Yiyecek ve su tasarrufu için, astronotlar sonra kendi atıklarını arındırmak zorunda olacaklar ve bunları, yolculuk sırasında ve Mars üzerinde bitkileri gübrelemek için kullanacaklar. Hava, toprak ya da su olmadığından, her şeyin Dünya'dan getirilmesi gerekecek. Mars toprağını işleyip ürün yetiştirmek ve bunlarla hayat sürdürmek olanaksızdır; çünkü orada hiç oksijen, sıvı su, hayvan ya da bitki bulunmaz. Mars atmosferi neredeyse saf karbondioksittir; atmosfer basıncı ise Dünya'nın atmosfer basıncının yalnızca %1'i kadardır. Uzay giysisinde meydana gelebilecek herhangi bir sökük, çok hızlı bir basınç düşüşüne ve ölüme neden olacaktır.

Görev o kadar karmaşık olacaktır ki daha en baştan birkaç adıma bölünmüş olması gerekecektir. Dünya'ya geri dönüş uçuşu için roket yakıtı taşımak çok pahalı olacağından, yalnızca geri dönüş yakıtını taşıyan ayrı bir roket, astronotlardan daha önce Mars'a gönderilebilir. (Ya da eğer Mars üzerindeki buzdan yeterince oksijen ve hidrojen elde edilebilirse bunlar da roket yakıtı için kullanılabilir.)

Mars'a ulaştıktan sonra, astronotların başka bir gezegende yaşamaya alışması haftalar sürebilir. Mars'ta bir gün 24,6 saattir, dolayısıyla oradaki gündüz/gece döngüsü Dünya'daki ile neredeyse aynıdır. Öte yandan, bir yıl neredeyse iki kat daha uzundur. Mars'taki sıcaklık, asla buzun erime noktasının üzerine çıkmaz. Mars'ın toz fırtınaları da çok şiddetlidir. Mars'ın kumu talk pudrası yoğunluğundadır ve tüm gezegeni yutan toz fırtınaları çok yaygındır.

Mars'ı Yaşanabilir Kılmak Mümkün mü?

Astronotların Mars'ı yüzyıl ortasına kadar ziyaret etmiş ve orada ilkel bir Mars barınağı/sığınağı kurmuş olduklarını varsayarsak, astronotların Mars'ı yaşanılabilir yapma, yani onu yaşam için uygun hale dönüştürme, yollarını düşünme olasılıkları var. Böyle bir çaba içine, en erken yirmi birinci yüzyılın sonlarında ya da daha büyük olasılıkla, yirmi ikinci yüzyılın başlarında girilebilir.

Bilim insanları Mars'ı yaşanılır kılmanın çeşitli yollarını analiz ettiler. Belki de bunun en basit yolu, atmosfere metan gazı ya da diğer sera gazlarından enjekte etmek olabilir. Metan gazı karbondioksitten daha etkili bir sera gazı olduğundan, metan gazı güneş ışığını tutabilir, bu da, Mars'ın yüzey sıcaklığını buzun erime noktasının üzerine yükseltir. Metan'a ek olarak, amonyak ve kloroflorokarbonlar gibi diğer sera gazları da, olası yaşanılır yapma deneylerinde halihazırda analiz edilmiş durumdadırlar.

Sıcaklık yükselmeye başlar başlamaz, donmuş yer altı tabakaları, milyarlarca yıldır ilk kez çözülmeye başlayabilirler. Donmuş tabakalar erirken, nehir yatakları su ile dolmaya başlayacaktır. Atmosfer kalınlaştıkça, en sonunda Mars'ta göller ve hatta okyanuslar yeniden oluşabilir. Bu ise daha fazla karbondioksitin serbest bırakılmasına neden olacak ve pozitif bir geri besleme döngüsü başlayacak.

2009'da metan gazının Mars yüzeyinden doğal olarak sızdığı keşfedildi. Bu gazın kaynağı hâlâ esrarını korumaktadır. Dünya üzerinde, metan gazının çoğu organik maddelerin çürümesinden kaynaklanır. Ancak Mars yüzeyinde, metan gazı jeolojik süreçlerin bir yan ürünü olabilir. Eğer bu metan gazının kaynağı bulunabilirse bu gazın miktarı arttırılabilir ve dolayısıyla atmosferi de değiştirmek mümkün olabilir.

Bir başka olasılık ise bir kuyruklu yıldızı Mars atmosferine doğru saptırmaktır. Kuyruklu yıldız yeterince uzakta iken, onu bir roket motoru yardımıyla hafifçe iteleyerek ya da bir keşif robotunu ona çarptırarak, hatta bir uzay gemisinin kütleçekim kuvvetini kullanarak, kuyruklu yıldız yörüngesinden saptırılabilir. Kuyruklu yıldızlar esas olarak su buzundan yapılmıştır ve periyodik olarak Güneş Sistemi boyunca çok hızlı bir şekilde hareket ederler. (Örneğin, Halley kuyruklu yıldızı, kabaca 30 kilometrelik bir çapı olan, esas olarak buz ve kayadan yapılmış, bir fıstığa benzeyen çekirdekten oluşur.) Kuyruklu yıldız Mars yüzeyine gitgide yaklaşırken, atmosfer içinde sürtünme kuvvetine maruz kalacak, bu onu yavaşça parçalayacak ve sonuçta atmosfer içine buhar olarak su bırakılacak.

Uygun bir kuyruklu yıldız bulunamazsa Jüpiter'in buz uydularından birini ya daya da %20'sinin su olduğuna inanılan

Ceres[54] gibi, buz içeren bir göktaşını saptırmak da mümkün olabilir. (Genellikle kararlı yörüngelerde döndükleri için, bu uyduları ve göktaşlarını saptırmak çok daha zor olacaktır.) Bir kuyruklu yıldızı, Ay'ı, ya da göktaşını, Mars etrafındaki yörüngelerinde yavaş yavaş parçalatıp su buharı bırakmalarını sağlamak yerine, onları kontrollü bir şekilde Mars buzulları üzerine çarptırmak da bir diğer seçenek olabilir. Mars'ın kutup bölgeleri, yaz aylarında kaybolan donmuş karbondioksitten ve buzul tabakalarının kalıcı kısmını oluşturan buzdan oluşmuştur. Eğer bir kuyruklu yıldız, ay, ya da göktaşı buzullara çarparsa muazzam miktarda bir ısı serbest bırakılabilir ve kuru buzu buharlaştırabilir. Karbondioksit bir sera gazı olduğundan, atmosferi kalınlaştıracak ve Mars'ta küresel ısınmayı hızlandırmaya yardımcı olacaktır. Ayrıca, sonuçta pozitif bir geri besleme döngüsü de oluşabilir. Buzullardan serbest bırakılan karbondioksit miktarı arttıkça, gezegen daha da sıcaklaşır ve bu daha da fazla miktarda karbondioksiti serbest bıraktırır.

Bir başka öneri, doğrudan Mars'ın buzulları üzerinde nükleer bombalar patlatmaktır. Bunun bir sakıncası, elde edilen sıvı suyun radyoaktif serpinti içerebilecek olmasıdır. Ya da kutup buzullarını eritebilecek bir füzyon reaktörü yapmayı deneyebiliriz. Füzyon reaktörleri temel yakıt olarak su kullanırlar ve Mars'ta bol miktarda donmuş su var.

Mars'ın sıcaklığı buzun erime noktasına yükseldikten sonra, su havuzları oluşabilir ve Dünya'da Antarktika'da çok iyi gelişen su yosunlarının belirli formları Mars'a getirilebilir. Aslında bu yosunlar, %95'i karbondioksit olan Mars'ın atmosferinde de gelişebilirler. Mars'ta büyümelerini azami seviyeye çıkartmak için, yosunların genetiklerini değiştirmek de mümkündür. Bu su yosunu havuzları, Mars'ı yaşanır kılma sürecini birkaç yolla hızlandırabilir. İlk olarak, oksijeni karbondioksite dönüştürebilirler. İkincisi, Mars'ın yüzey rengini koyulaştırırlar, böylece Mars, Güneş'ten daha fazla ısı emer. Üçüncüsü, dışarıdan herhangi bir yönlendirme olmadan kendi başlarına büyüdüklerinden, gezegenin ortamını değiştirmek için nispeten ucuz bir yol sunarlar. Dördüncüsü, su yosunu gıda için toplanabilir. En so-

[54] ismini Roma mitolojisindeki bitkilerin tanrıçasından alır. (ç.n.)

nunda bu su yosunu gölleri, bitkiler için uygun olabilecek toprak ve besin yaratacak, bu da oksijen üretimini hızlandıracaktır.

Bilim insanları, gezegeni çevreleyecek, güneş ışığını Mars'a yansıtacak Güneş uyduları inşa etme olasılığına da baktılar. Güneş uyduları kendi başlarına Mars yüzeyinin sıcaklığını donma noktası üzerine çıkartabilir. Bu olduğunda ve donmuş üst tabaka erimeye başladığında, gezegen doğal olarak kendi başına ısınmaya devam edecektir.

Ekonomik Fayda?

Ay'ı ve Mars'ı kolonileştirerek, ekonomik bir refahtan hemen yararlanacağımız gibi bir yanılgıya düşülmemelidir. Kristof Kolomb 1492 yılında Yeni Dünya'ya[55] yelken açtığında, aynı zamanda tarihî ve beklenmedik bir ekonomik zenginliğe de kapı açmıştı. Kısa süre içinde, istilacılar Amerikalı yerlilerden talan ettikleri büyük miktarlardaki altını, yerleşimciler de değerli hammadde ve tarım ürünlerini Eski Dünya'ya[56] geri göndermeye başlamışlardı. Yeni Dünya'ya gemi gönderme maliyeti, orada elde edilebilecek masallara özgü servetlerle kat be kat karşılanıyordu.

Ay ya da Mars üzerindeki koloniler oldukça farklı olacaklardır. Oralarda hava, sıvı su ya da verimli toprak yoktur, her şeyin, ateş pahası bir roket gemisiyle [Dünya'dan] getirilmesi gerekir.

Ayrıca, en azından yakın dönem için, ayı kolonileştirmenin çok az askeri değeri vardır. Dünya'dan Ay'a ya da Ay'dan Dünya'ya ulaşmak ortalama üç gün sürer ama bir nükleer savaş kıtalararası balistik füzeler ile yalnızca doksan dakika sürebilir. Aydaki bir uzay süvarisi, bir fark yaratmak için Dünya'daki savaşa zamanında ulaşamaz. Pentagon[57] bu nedenle Ay'ı silahlandırmak için herhangi bir hızlandırılmış program finanse etmedi. Bu, diğer dünyalarda büyük ölçekli madencilik faaliyetleri başlatırsak, bunun kendi Dünyamız yararına değil de uzay kolonilerinin yararına olacağı anlamına gelir. Kolonide yaşa-

---

[55] *the New World*

[56] *the Old World*

[57] Birleşik Devletler Savunma Bakanlığı. (ç.n.)

yanlar, onları Dünya'ya taşımak çok maliyetli olacağından, metalleri ve mineralleri kendi kullanımları için çıkartacaktır. Göktaşı kuşağında yürütülecek madencilik faaliyetleri, yalnızca bu hammaddeleri kendileri kullanabilen, kendi kendilerine yeten kolonilere sahip olduğumuzda ekonomik olacaktır; böyle bir şey, bu yüzyılın sonlarına kadar, büyük olasılıkla hemen sonrasında da, gerçekleşmeyecektir.

Uzay Turizmi

Ama ortalama bir sivil uzaya ne zaman gidebilir? Princeton Üniversitesi'nden[58] şimdi hayatta olmayan Gerard O'Neill gibi bazı öngörülü kimseler, yaşam üniteleri, su arıtma tesisleri, hava geri dönüşüm birimleri vb. içerecek, Dünya'daki aşırı nüfus artışını çözmek için kurulacak, dev bir çark şeklinde olacak bir uzay kolonisi hayal ettiler. Ancak, yirmi birinci yüzyılda, uzay kolonilerinin nüfus problemini ortadan kaldıracağı fikri en iyi olasılıkla fantastik bir düşüncedir. İnsan ırkının çoğunluğu için, en az bir yüzyıl ya da daha fazlası için, Dünya bizim tek evimiz olacak.

Ortalama bir kişinin uzaya gerçekten gidebilmesinin tek bir yolu vardır: Bir turist olarak. NASA'nın büyük savurganlığını ve bürokrasisini eleştiren bazı girişimciler, piyasa güçlerini kullanarak uzay yolculuğu maliyetini aşağı çekebileceklerini düşünüyorlar. Halihazırda, Burt Rutan ve onun yatırımcıları, SpaceShipOne'ı[59] iki hafta içerisinde iki kez Dünya'nın 100 kilometre üzerine fırlatarak, 4 Ekim 2004'te 10 milyon dolarlık Ansari X Ödülü'nü[60] kazandılar. SpaceShipOne, özel bir vakıfça[61] finanse edilen bir uzay macerasını başarıyla tamamlayan ilk roket-güdümlü uzay aracıdır. Geliştirme maliyetleri 25 milyon dolar

---

[58] *Princeton University*

[59] UzayGemisiBir. (ç.n.)

[60] *Ansari X Prize*: üç kişiyi 100 kilometre yüksekliğe çıkartıp geri döndüren, ve en geç iki hafta içinde bunu tekrarlayacak bir hava/uzay aracını tasarlayabilen ekibe verilecek ödülün adı; bunu 21 Haziran 2004'te SpaceShipOne kazandı; ödüldeki amaç, özel sektörü uzay araştırmalarının içine çekmekti. (ç.n.)

[61] *X Prize Foundation*

kadardı. Microsoft milyarderi Paul Allen projenin finansmanı için yardımcı oldu.

Rutan şimdi, SpaceShipTwo[62] ile ticari uzay uçuşu fikrini gerçeğe dönüştürmek için testlere başlamayı umuyor. Virgin Atlantic'ten[63] milyarder Richard Branson, New Mexico'da bir uzay limanı ve uzaya uçma hayallerini gerçekleştirmek için 200.000 dolar harcayacak insanların uzun bir listesi ile Virgin Galactic'i yarattı. Uzaya ticari uçuşlar olanağı sağlayacak Virgin Galactic, bu alandaki ilk büyük şirket olacak; şimdiden beş SpaceShipTwo roketi ısmarlamış durumda. Bu, başarılı olursa uzay yolculuğu maliyetini %90 oranında düşürebilir.

SpaceShipTwo, maliyetleri düşürmek için çeşitli yöntemler kullanıyor. Uzaya yük taşıyacak büyük güçlendirici roketlerin yerine, Rutan uzay gemisini bir uçak üstüne yerleştiriyor; uzay gemisi böylece hava soluyan standart bir uçağın sırtında havalanıyor. Bu yolla, yüksek irtifalara ulaşmak için yalnızca atmosferdeki oksijeni tüketiyor. Daha sonra, Dünya'nın aşağı yukarı 16 kilometre üzerinde, uzay gemisi uçaktan ayrılır ve kendi roket motorlarını devreye sokar. Uzay gemisi Dünya etrafında bir yörüngede dönemese de, Dünya'nın 110 kilometre kadar üzerine, atmosferin büyük kısmının üzerine, ulaşacak kadar yakıtı vardır; sonuçta yolcular gökyüzünün önce mora ve sonra siyaha döndüğünü görebilirler. Uzay gemisinin motorları, onu 3 *Mach*'a, yani ses hızının üç katına (kabaca saatte 3500 kilometreye) çıkartacak kadar güçlüdür. Bu, elbette bir roketi bir yörüngeye sokmak için yeterince hızlı değildir (bunun için saatte 29.000 kilometrelik bir hız yapmanız gerekir), ancak sizi atmosferin kıyısına ve uzayın eşiğine götürmeye yeterlidir. Yakın gelecekte, uzaya yapılacak bir gezi, Afrika'daki bir safariden muhtemelen daha pahalı olmayacaktır.

(Ancak, Dünya çevresinde tam olarak dönebilmek için, yörüngedeki bir uzay istasyonuna yolculuk yapmak için, çok daha fazla ödemek gerekir. Bir keresinde Microsoft milyarderi Charles Simonyi'ye, Uzay İstasyonu'na[64] bir bilet almanın ona

---

[62] UzayGemisiİki. (ç.n.)

[63] *Virgin Atlantic Airways Limited*: bir İngiliz hava yolu şirketi. (ç.n.)

[64] *the Space Station*

ne kadara mal olduğunu sordum. Basında çıkan haberler, 20 milyon dolara mal olduğunu tahmin ediyordu. Simonyi kesin fiyatı söylemek konusunda isteksiz olduğunu söyledi, ama basında çıkan rakamlara çok da uzak olmadığını belirtti. Simonyi aslında uzaya iki kez gitti, orada çok hoş vakit geçirdi. Sonuçta, uzay seyahati, yakın gelecekte bile, hâlâ [yalnızca] varlıklı insanların ilgi alanı olacak.)

Neyseki, uzay turizmi 2010 Eylül'ünde yeni bir soluk aldı; Boeing Şirketi[65] de bu alana gireceğini ve en erken 2015 gibi turistler için ticari uçuşlar yapmayı planladığını duyurdu. Bu, Başkan Obama'nın insanlı uzay uçuşu programını özel sektöre havale etme kararını destekliyor. Boeing'in planı, Florida, Cape Canaveral'dan Uluslararası Uzay İstasyonu'na,[66] her biri dört mürettebat içeren, böylece uzay turistleri için en fazla üç koltuk sağlayacak uçuşları öngörüyor. Şu da var ki, Boeing özel uzay maceralarına finans sağlama konusunda isteksizdi: Faturanın çoğunu vergi mükellefi ödemek zorunda kalacaktı. Boeing'in ticari mürettebat işgücü program yöneticisi olan John Elbon, "Bu belirsiz bir pazar" diyor. "Biz bunu yalnızca Boeing yatırımıyla ve risk faktörleri ortadayken yapmak zorunda kalırsak, ticari davayı kazanamayabiliriz."

Jokerler

Uzay yolculuğunun cezalandırıcı maliyeti, hem ticari hem de bilimsel ilerlemeleri engellemiştir, bu nedenle yeni bir devrimci tasarıma ihtiyacımız var. Yüzyılın ortasına geldiğimizde, bilim insanları ve mühendisler yeni güçlendirici-roket teknolojilerini, uzay yolculuğunun maliyetini aşağı çekmek için mükemmelleştiriyor olacaklar.

Fizikçi Freeman Dyson, gökleri bir gün ortalama bir kişiye de açabilecek bazı deneysel teknolojilerin sayısını daralttı. Bu önerilerin hepsi yüksek riskli, ancak maliyetleri büyük ölçüde azaltabilirler. Birincisi lazer tahrikli motor;[67] bunda, bir roketin

---

[65] *the Boeing Corporation*
[66] *the International Space Station*
[67] *the laser propulsion engine*

altındaki yüksek güçlü bir lazer ışını ateşlenir, mini bir patlama yaratılır ve oluşan şok dalgası roketi yukarı doğru iter. Ardarda gelen ani-ateşli lazer patlamaları suyu buharlaştırır, bu da roketi uzaya iter. Lazer tahrikli sisteminin en büyük avantajı, enerjinin yer tabanlı bir sistemden geliyor oluşudur. Lazer roket hiçbir tür yakıt içermez. (Kimyasal roketler, aksine, enerjilerinin çoğunu yakıt ağırlıklarını uzaya götürmek için harcarlar.)

Lazer tahrikli sistem için geliştirilen teknolojinin tanıtımı halihazırda yapılmış durumda; bir modelin ilk başarılı testi 1997'de gerçekleştirildi. New York'taki Rensselaer Teknik Okulu'ndan[68] Leik Myrabo, bu roketlerin, hafif-uçak teknoloji demonstratörü[69] olarak adlandırdığı, uygulanabilir prototiplerini yarattı. İlk tasarımlardan biri 15 santimetre çapında ve 57 gram ağırlığındadır. 10 kilowatt'lık bir lazer, roketin altında bir dizi lazer patlaması üretti; makineli tüfek sesi yaratan hava patlamaları roketi 2 *g*'lik (Dünya'nın kütleçekim ivmesinin iki katı ya da kabaca saniye kare başına 20 metre) bir ivme ile yukarı itti. Myrabo, havada 30 metreden fazla yükselen hafif-uçak roketleri yapabilmiş durumda. (Bunlar, 1930'larda Robert Goddard'ın yaptığı ilk sıvı yakıtlı roketlere eşdeğerdir.)

Dyson, lazer tahrikli sistemlerinin ağır yükleri kilogram başına 10 dolara Dünya'nın yörüngesine yerleştirebildiği, uzaya yolculuk kavramını kökten değiştirecek günün hayalini kurar. İki tonluk bir roketi yörüngeye doğru itecek 1000 megawatt'lık bir dev lazer tasavvur eder. (Bu, standart bir nükleer santralin güç üretimine denktir.) Roket, standart yükünden ve altındaki küçük gözeneklerinden yavaş yavaş su sızdıran bir su tankından oluşur. Yük ve su tankının her biri 1 ton ağırlığındadır. Lazer ışını roketin altına çarptığında, su, roketi uzaya doğru iten bir dizi şok dalgası yaratarak, anında buharlaşır. Roket 3 *g*'lik bir ivmeye ulaşır ve Dünya'nın kütleçekim [kuvvetinin neredeyse sıfırlandığı] sınırını altı dakika içinde geçer.

Roket hiç yakıt taşımadığından, feci bir güçlendirici-roket patlaması tehlikesi yoktur. Kimyasal roketler için, uzay çağı

---

[68] *Rensselaer Polytechnic Institute*

[69] *the lightcraft technology demonstrator*

içinde geçirdiğimiz elli yıla karşın, hâlâ %1 kadar bir başarısızlık olasılığı vardır. Bu hataların sonucu çok çarpıcı olmuştur; uçucu oksijen ile hidrojen yakıtı büyük ateş topları yaratmışlar, fırlatma alanının her yerine enkaz parçaları yağdırmışlardı. Lazer tahrikli sistem, yalnızca su ve lazer kullanarak, kimyasal roketlerin tam tersine, basit ve güvenlidir ve çok küçük bir dinlenme zamanının ardından tekrar tekrar kullanılabilir.

Öte yandan, bu sistem en sonunda kendini amorti edecektir. Eğer yılda yarım milyon uzay aracı fırlatılabilirse bu fırlatmalardan gelecek ücretler, işletme maliyetlerinin yanı sıra geliştirme maliyetlerini de kolayca karşılayabilir. Dyson, bununla birlikte, bu hayalin gerçekleşmesi için daha onlarca yıl gerektiğini fark etti. Bu devasa lazerler üzerine yapılacak temel araştırma projeleri, bir üniversitenin karşılayabileceğinin çok ötesinde bir finansman gerektirir. Büyük bir şirket ya da hükümet tarafından finanse edilmedikleri sürece, lazerli tahrik sistemi asla yapılamaz.

İşte burada *X Prize*[70] ödülü yardımcı olabilir. Bir keresinde, 1996'da, X Prize'ı tekrar yaratan Peter Diamandis ile konuşmuştum. Kimyasal roketlerin sınırlarının oldukça farkındaydı. Hatta bana, kimyasal roketlerin Dünya'nın kütleçekiminden kurtulmak için çok pahalı bir yol olması problemiyle SpaceShipTwo'nun bile karşı karşıya kaldığını itiraf etti. Bunun bir sonucu olarak, gelecek bir X Prize ödülü, bir enerji ışını ile itilebilecek bir roket yapabilecek birine verilecek. (Ama bir lazer ışını kullanmak yerine, benzer bir elektromanyetik enerji kaynağı, bir mikrodalga ışını kullanabilir.) X Prize'ın tanınırlığı ve milyon dolarlık ödülün cazibesi, mikrodalga roketi gibi, kimyasal olmayan roketler yapmaları için, girişimcilerin ve mucitlerin ilgilerini çekmeye yeterli olabilir.

Başka deneysel roket tasarımları da var, ancak farklı riskler içerirler. Bir olasılık, Jules Verne'in *Dünya'dan Ay'a*[71] romanındaki rokete biraz benzeyen, devasa bir silahtan roket ateşleyen

---

[70] *the X Prize*, X Ödülü: insanlığa yarar getirecek teknolojik gelişmelerin önünü açmak için kamuya açık ödüllü yarışmalar düzenleyen bir organizasyon/vakıf. (ç.n.)

[71] *From the Earth to the Moon*

gaz tabancasıdır. Ancak, Verne'in roketi asla uçmazdı; çünkü barut bir roketi, Dünya'nın kütleçekiminden kurtulmak için gereken saatte 40.000 kilometrelik hıza ulaştıramaz. Gaz tabancası ise aksine, roketi çok yüksek hızlarda havaya göndermek için, uzun bir tüp içinde çok yüksek basınçlı gaz kullanır. Seattle'daki Washington Üniversitesi'nden[72] şimdi hayatta olmayan Abraham Hertzberg, 10 santimetre çapında ve 9 metre uzunluğunda bir gaz tabancası prototipi yaptı. Tabanca içindeki gaz, atmosferik basıncın yirmi beş katına kadar basınç uygulanmış metan gazı ve hava karışımıydı. Gaz ateşlendiğinde, tabanca içindeki yük patlama boyunca 30.000 *g*'lik muazzam bir ivmeyle fırlatılır; bu ivme o kadar büyüktür ki, çoğu metal nesneyi dümdüz edebilir.

Hertzberg gaz tabancasının çalışabilir olduğunu kanıtlamıştır. Ancak uzaya bir yük fırlatmak için, tüpün çok uzun, 230 metre kadar olması ve yol boyunca farklı gazlar kullanılması gerekir. Yükü kurtulma hızına ulaştırmak için, farklı gazlar ile beş kadar farklı aşama takip edilmelidir.

Gaz tabancasının fırlatma maliyetleri, lazerli tahrik sisteminin maliyetlerinden bile daha düşük olabilir. Bununla birlikte, bu şekilde insanları fırlatmak çok fazla tehlikelidir; yalnızca muazzam ivmelere dayanabilen katı yükler fırlatılabilir.

Üçüncü bir deneysel tasarım, bir ip ucundaki top gibi, yükleri bir daire içinde çeviren ve sonra onları havaya fırlatan *slingatron*dur.[73]

Bir prototip Derek Tidman tarafından yapılmıştır; bir nesneyi birkaç saniye içinde, saniyede 90 metrelik bir hızla fırlatabilen bir masa-üstü model geliştirdi. Slingatron, 90 santimetre çapında, simit şeklinde bir tüpten oluşur. Tüp sisteminin kendisi 2,5 santimetre çapındadır ve küçük bir çelik top içerir. Top tüp etrafında yuvarlandıkça, küçük motorlar onu iterler ve hızı gittikçe artar.

Dış uzaya yük fırlatabilecek gerçek bir slingatron, önemli ölçüde daha büyük –onlarca hatta yüzlerce metre çapında, saniyede 11 kilometrelik bir hıza ulaşıncaya kadar top için enerji

---

[72] *the University of Washington*

[73] *sapan-döngü sistemi* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

pompalayabilir- olmalıdır. Top 1000 *g*'lik bir ivme ile slingatrondan fırlayabilir, bu değer bile birçok nesneyi dümdüz etmek için hâlâ yeterlidir. Çözülmesi gereken birçok teknik soru vardır; en önemlisi, minimum olması gereken, top ve tüp arasındaki sürtünme problemidir.

Her üç tasarımın mükemmelleştirilmesi onlarca yıl alacaktır, ama bunun için hükümetin ya da özel sektörün fon sağlaması şarttır. Aksi takdirde, bu prototipler her zaman çizim tahtası üzerinde kalacaktır.

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Uzay Asansörü

Bu yüzyılın sonuna kadar, nanoteknoloji efsanevi uzay asansörünü[74] bile mümkün kılabilir. *Jack ve Fasulye Sırığı*'nda[75] olduğu gibi, bulutlara ve hatta ötesine tırmanmamız mümkün olabilir. Bir asansöre girer, yukarı düğmesine basar ve sonra binlerce kilometre uzunluğundaki bir karbon nanotüp fiber boyunca yükselebiliriz. Böyle bir şey, uzay seyahati ekonomisini tepetaklak edebilir.

1895 yılına dönersek, Rus fizikçi Konstantin Tsiolkovsky, o zamanlar Dünya'da türünün en yüksek yapısı olan Eyfel Kulesi'nin inşasından esinlenir. Kendisine basit bir soru sorar: Neden dış uzaya uzanan bir Eyfel Kulesi inşa edilmesin ki? Yeterince uzun olursa asla çökmeyeceğini hesapladı, fizik yasaları onu ayakta tutardı. Bunu "göksel kale" olarak adlandırdı.

Bir ipin ucuna bağlanmış bir top düşünün. Topu hızla döndürünce [oluşan] merkezkaç kuvveti, topun düşmesini engellemek için yeterlidir. Aynı şekilde, bir kablo yeterince uzunsa merkezkaç kuvveti onun Dünya'ya geri düşmesini önleyecektir. Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşü, kabloyu gökyüzünde tutmak için yeterli olacaktır. Bu kablo göğe doğru gerilirse bu

---

[74] *space elevator*

[75] *Jack and the Beanstalk*: meşhur bir çocuk masalı; *Sihirli Fasülye* olarak da bilinir. (ç.n.)

kablo boyunca giden herhangi bir asansör kabini, uzaya bir yolculuk yapabilir.

Kâğıt üzerinde, bu hile çalışacakmış gibi görünüyor. Ne yazık ki, Newton'un hareket yasalarını kablo üzerindeki gerilme kuvvetini hesaplamak için kullanırsanız elde edeceğiniz kuvvetin, çeliğin gerilme direncinden[76] daha büyük olduğunu bulursunuz: Kablo kopacak, bu da bir uzay asansörünü olanaksız kılacaktır.

Onlarca yıl boyunca, bir uzay asansörü fikri, yalnızca bu nedenle reddedildiğinden, periyodik olarak tekrar tekrar gözden geçirildi. Rus bilim insanı Yuri Artsutanov 1957'de bir yenilik teklifinde bulundu, uzay asansörünün aşağıdan yukarıya değil de yukarıdan aşağıya doğru inşa edilmesini önerdi; önce yörüngeye bir uzay gemisi gönderilecek ve daha sonra bir kablo Dünya'ya indirilecek ve Dünya'ya bağlanacak. Ayrıca, Arthur C. Clarke'ın 1979 yılındaki *The Fountains of Paradise*[77] adlı romanında ve Robert Heinlein'in 1982'deki romanı *Friday*'de,[78] bilimkurgu yazarları uzay asansörü fikrini meşhur ettiler.

Karbon nanotüpler bu fikri canlandırmaya yardımcı olmuştur. Bu nanotüpler, daha önce gördüğümüz gibi, çoğu bilinen materyaller içinde en büyük gerilme direncine sahiptirler. Çelikten daha kuvvetlidirler; bir uzay asansöründe oluşabilecek gerilime dayanacak kadar sağlamdırlar.

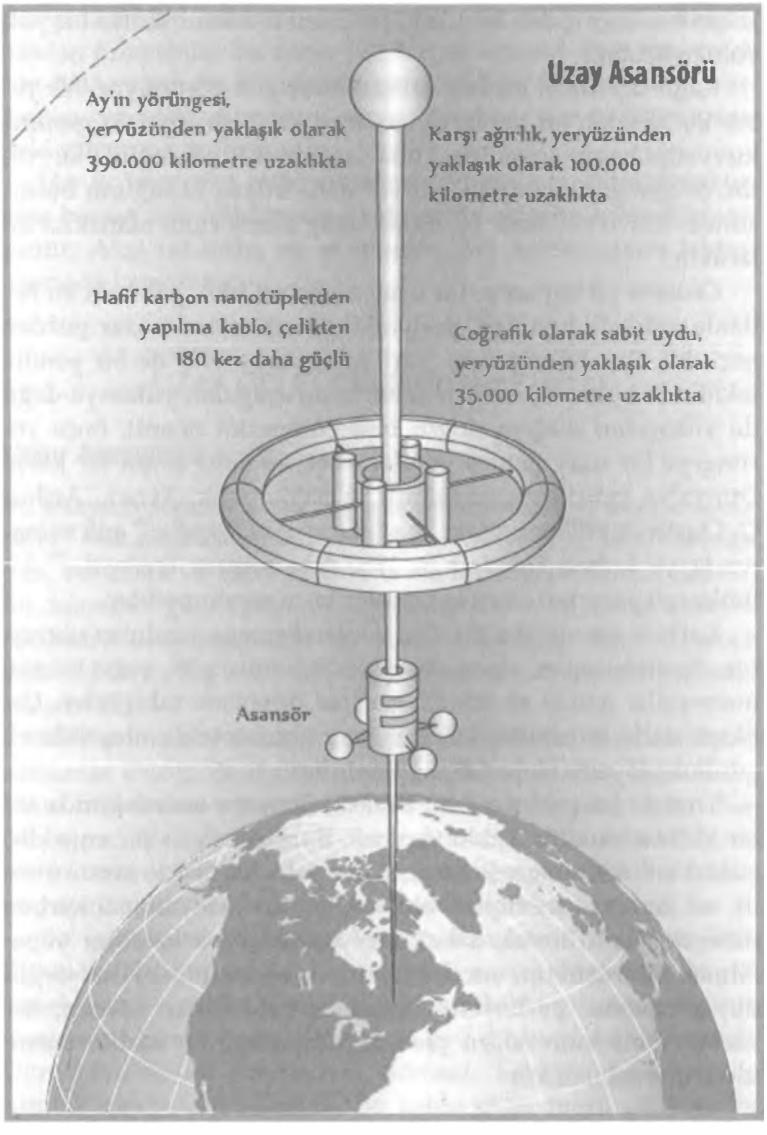
Yine de bir problem var: 80.000 kilometre uzunluğunda saf bir karbon nanotüp kablo yapmak. Bu, çok büyük bir engeldir; çünkü bilim insanları şimdiye kadar yalnızca birkaç santimetrelik saf karbon nanotüpleri oluşturabildiler. Milyarlarca karbon nanotüp "ip"i örerek, tabakalar/yapraklar ve kablolar yapabilmek mümkündür, ancak bu karbon nanotüp lifleri saf değildir, preslenmiş ve birbirine karışmış haldedirler. Mesele, her karbon atomunun doğru yerinde bulunduğu bir karbon nanotüp elde edebilmektir.

---

[76] *the tensile strength*

[77] *Cennetin Çeşmeleri* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[78] romanın baş karakterinin adı, *Friday Baldwin.* (ç.n.)



Göklere uzanan bir uzay asansörü, uzaya seyahatin maliyetini bir gün büyük ölçüde düşürebilir. Uzay asansörünün anahtarı nanoteknoloji olabilir.

2009 yılında Rice Üniversitesi[79] bilim insanları çığır açan bir buluşlarını duyurdular. Elde ettikleri fiberler saf değildi, *kompozit*[80] haldeydi (yani, bir uzay asansörü için uygun değillerdi), ancak kullandıkları yöntem çok yönlüydü, herhangi bir uzunlukta karbon nanotüp üretimi için uygundu. Deneme ve yanılmayla, karbon nanotüplerin klorsülfonik asit çözeltisi içinde çözünebildiklerini, sonra da duş başlığına benzer bir ağızlıktan dışarı çıkartılabildiklerini keşfettiler. Bu yöntemle, 50 mikrometre[81] kalınlığında ve yüzlerce metre uzunluğunda karbon nanotüp fiberleri üretilebilir.

Karbon nanotüpler, ticari bir uygulama olarak, elektrik enerji hatlarında kullanılabilirler; çünkü elektriği bakırdan daha iyi iletirler, daha hafiftirler ve daha az aksama yaratırlar. Rice Üniversitesi'nde[82] bir mühendislik profesörü olan Matteo Pasquali, "İletim hatları için tonlarca [nanotüp] yapmanız gerekiyor ve şu an bunu yapabilecek bir yöntem yok. Bunun bir mucize uzağındayız." diyor.

Bu kablolar bir uzay asansöründe kullanılabilmek için yeterince saf olmasalar da, bu araştırma, bizleri göklere çıkartabilecek kadar güçlü saf karbon nanotüp "ip"lerin üretilebileceği günün uzak olmadığını işaret ediyor.

Gelecekte, uzun saf karbon nanotüp "ip"lerin üretilebileceğini varsayalım, yine de uygulama problemlerimiz olacak. Örneğin, kablo birçok uydu yörüngesinin ötesine uzanacak, bu da, uydu yörüngelerinin, Dünya etrafındaki birçok geçişinden sonra, eninde sonunda uzay asansörüyle kesişecekleri ve bir çarpışmaya neden olacakları anlamına gelir. Uydular rutin olarak saatte 29.000 kilometre hızla seyahat ettiklerinden, bir çarpışmanın sonuçları felaket olabilir. Bu, asansör kablosunu, gelip geçen uyduların yolundan çekmek için, özel roketler ile donatmak zorunda olduğumuz anlamına gelir.

Bir başka problem de, kasırgalar, şimşek fırtınaları ve yüksek rüzgâr gibi türbülanslı havadır. Uzay asansörünün Dün-

---

[79] *Rice University*

[80] *composite*: birçok değişik parçadan oluşmuş (materyal). (ç.n.)

[81] 1 mikrometre, metrenin milyonda 1'ine eşittir. (ç.n.)

[82] *Rice University*

ya'ya, muhtemelen bir uçak gemisine ya da Pasifik'te konuşlanmış bir petrol platformuna demirlenmiş olması, ayrıca, doğanın güçlü kuvvetlerinden zarar görmemesi için de, yeterince esnek olması gerekir.

Kablodaki bir kopma durumunda kullanmak üzere bir panik düğmesi ve bir de kaçış kapsülü olmalıdır. Eğer bir şey kabloyu kopartırsa asansör kabini yolcuları kurtarmak için Dünya yüzeyine doğru geri kayabilmeli ya da paraşütle inebilmelidir.

Uzay asansörleri araştırmalarına hızlı bir başlangıç yapılabilmesi için, NASA çeşitli yarışmalar düzenlemiştir. NASA'nın Uzay Asansörü Oyunları[83] aracılığıyla toplamda 2 milyon dolarlık bir ödül vaat edildi. NASA tarafından belirlenen kurallara göre, Işın Gücü Mücadelesi'ni[84] kazanmak için, 1 kilometrelik bir mesafe boyunca, saniyede 2 metrelik bir hızla bir ipe tırmanabilen, en fazla 50 kilogram ağırlığında bir cihaz yapmalısınız. Bu mücadeleyi bu kadar zorlaştıran şey, cihazın bir yakıta, pile ya da elektrik kablosuna sahip olamamasıdır. Enerjinin cihaza dışarıdan ışınlanması gerekir.

Uzay asansörleri üzerinde çalışan ve ödülü almanın hayalini kuran mühendislerin coşku ve enerjilerini ilk elden görme şansım oldu. LaserMotive[85] adlı bir gruptaki genç ve girişimci mühendislerle buluşmak için Seattle'a gittim. NASA'nın düzenlediği yarışmanın baştan çıkartıcı çağrısını[86] duymuşlar ve hemen, bir gün uzay asansörünü faaliyete geçirebilecek prototiplerini yapmaya başlamışlar.

Fikirlerini test etmek için kiraladıkları büyük bir depoya girdim. Deponun bir tarafında, yoğun bir enerji ışını gönderebilen güçlü bir lazer gördüm. Deponun diğer tarafında, yapmakta oldukları uzay asansörünü gördüm. Büyük bir aynası olan, 90 santimetre kadar bir genişliğe sahip bir kutuydu. Lazer ışını aynaya çarpacak ve oradan, lazer enerjisini elektriğe dönüştürecek, bir dizi güneş pili üzerine saptırılacaktı. Bu bir motoru

---

[83] *Space Elevator Games*
[84] *the Beam Power Challenge*
[85] LazerGüdümü. (ç.n.)
[86] *siren call*

tetikleyecek ve asansör arabası yavaş yavaş kısa bir kabloya tırmanacaktı. Bu yolla, uzay asansöründen sarkan, onun enerjisini sağlayan elektrik kablolarına ihtiyacınız olmayacaktı. Yalnızca Dünya'dan asansöre bir lazer ateşleyecektiniz ve asansör kendi kendine kabloya tırmanacaktı.

Lazer o kadar güçlüydü ki hepimiz gözlerimizi korumak için özel gözlükler takmak zorunda kaldık. Çok sayıda deneme çalışması gerekti, ama en sonunda lazeri ateşleyebildiler ve cihazın kabloya tırmanmasını sağladılar. En azından kuramsal olarak, uzay asansörünün bir safhası çözüme kavuşmuştu.

Başlangıçta görev o kadar zordu ki hiç kimse ödülü kazanamadı. Ancak LaserMotive 2009'da ödülü aldı. Yarışma, California'daki Mojave Çölü'nde bulunan Edwards Hava Kuvvetleri Üssü'nde[87] gerçekleşti. Bir helikopter çöl üzerinde uçtu, uzun bir kablo tutuyordu. LaserMotive ekibi, asansörlerini kabloya iki gün içinde dört kez tırmandırmayı başardı; 3 dakika ve 48 saniyelik en iyi zamanı yaptılar. Böylece bu genç mühendisler, benim de şahit olduğum tüm o sıkı çalışmalarının karşılığını nihayet almış oldular.

Yıldız Gemileri

Yüzyılın sonuna gelindiğinde, insanlı uzay uçuşları için finansman sağlamadaki son aksiliklere karşın, bilim insanları büyük olasılıkla Mars üzerinde ve belki de göktaşı kuşağında,[88] ileri mevziler kurmuş olacaklar. Sonra, gözlerini gerçek bir yıldıza dikecekler. Yıldızlararası bir keşif aracı bugün umutsuzca erişilemez olmasına karşın, 100 yıl içerisinde gerçeğe dönüşebilir.

İlk zorlu iş, yeni bir sevk/tahrik/itki sistemi bulmaktır. Sıradan bir kimyasal roketin en yakın yıldıza ulaşabilmesi için aşağı yukarı bir 70.000 yıl gereklidir. Örneğin, 1977'de fırlatılan iki *Voyager*[89] uzay aracı, uzayın derinliklerine gönderilmiş bir nesne adına bir dünya rekoru kırdılar. Şu anda uzayda 16 mil-

---

[87] *Edwards Air Force Base*

[88] *the asteroid belt*: Mars ve Jüpiter arasında, göktaşlarının en çok olduğu bölge. (ç.n.)

[89] gezgin, seyyah. (ç.n.)

yar kilometre yol almış durumdalar, fakat böylesine uzun bir mesafe, yıldızlara olan yolun yalnızca çok küçük bir kısmını temsil ediyor.

Bir yıldızlararası araç için çeşitli tasarımlar ve sevk sistemleri önerilmiştir:

- güneş yelkeni[90]
- nükleer roket
- ramjet[91] füzyonu
- nanogemiler

Cleveland, Ohio'daki NASA Plum Brook İstasyonu'nu[92] ziyaret ettiğimde, güneş yelkeni ile ilgili öngörüleri olan biriyle karşılaşma şansım oldu. Orada, mühendisler uzay uydularını test etmek için dünyanın en büyük vakum odasını inşa etmişlerdi. Oda kocaman bir ambar gibiydi: 30 metre çapında ve 37 metre yüksekliğinde, birkaç çok katlı apartman binası içerecek kadar geniş, uydu ve roket parçalarını uzay boşluğunda test etmek için yeterince büyüktü. Odanın içinde yürürken, projenin büyüklüğü karşısında şaşkına dönmüştüm. Ancak, aynı zamanda, Amerika Birleşik Devletleri tarihindeki birçok önemli dönüm noktasını oluşturan uyduların, keşif araçlarının ve roketlerin testlerinin yapılmış olduğu bu aynı odada yürüyor olmanın ayrıcalığını da hissetmiştim.

Orada, güneş yelkeninin en önde gelen savunucularından biri olan, NASA'da bilim insanı, Les Johnson'la bir araya geldim. Bilimkurgu kitaplar okuyan bir çocuk olduğu zamanlardan beri, yıldızlara ulaşabilecek roketler inşa etmeyi hayal ettiğini söyledi. Johnson, güneş yelkeni hakkında bir temel ders kitabı bile yazmıştır. Birkaç onyıl içinde başarıya ulaşılabileceğini düşünmesine karşın, gerçek bir yıldız gemisinin, o bu Dünya'dan ayrıldıktan çok sonra bile yapılamayacağı gerçeğine bo-

---

[90] *solar sail*

[91] *ramjet*: havayı içine çekmek için motorun ileriye doğru hareketini kullanan bir jet motoru; çalışması için hareketli olması koşul olduğundan, durmakta olan bir hava aracını kaldıramaz, kalkışlarda yardım almak zorundadır. (ç.n.)

[92] *the NASA Plum Brook Station*

yun eğiyor. Orta Çağ'ın büyük katedrallerini inşa eden taş ustası duvarcılar gibi, Johnson da yıldızlara ulaşabilecek bir gemi yapmanın birkaç insan ömrü zaman alabileceğinin farkında.

Bir güneş yelkeni, ışığın, bir kütleye sahip olmamasına karşın, bir momentumunun olması, dolayısıyla bir basınç uygulayabilmesi gerçeğinden yararlanır. Güneş'ten gelen ışık basıncı, bizzat hissedemeyeceğimiz kadar küçük olmasına karşın, yelkenin yeterince büyük olması ve yeterince beklememiz kaydıyla, bir uzay gemisini itmek için yeterlidir. (Güneş ışığı uzayda, Dünya'da olduğundan sekiz kat daha yoğundur.)

Johnson hedefinin, çok ince ama dirençli plastikten yapılmış, dev bir güneş yelkeni yapmak olduğunu söyledi. Yelken birkaç kilometre çapında olacak ve dış uzayda inşa edilecek. Monte edildikten sonra, yavaşça Güneş'in etrafında dönecek, hareketi boyunca momentum [dolayısıyla hız] kazanmaya devam edecek. Güneş'in etrafında birkaç yıl döndükten sonra, sarmal hareketi onu Güneş Sistemi'nden çıkartacak ve yıldızlara doğru yoluna devam edecek. Johnson, böyle bir güneş yelkeninin, bir keşif aracının hızını, ışık hızının binde 1'ine yükseltebileceğini ve belki de dört yüz yıl içinde onu en yakın yıldıza ulaştırabileceğini söyledi.

Yıldızlara ulaşma zamanını azaltmak için, Johnson güneş yelkenine ekstra bir güçlendirici eklemenin yollarını araştırdı. Bir olasılık, ay üzerine devasa bir lazer bataryası koymaktır. Lazer ışınları yelkene vuracak ve yıldızlara yol alırken onlara ilave momentum [ve hız] verecektir.

Bir güneş yelkeniyle sevkedilen uzay gemisinin bir problemi, durdurulmasının ve döndürülmesinin zor olmasıdır; çünkü ışık, Güneş'ten dışa doğru hareket eder. Bir olasılık, yelkenin yönünü tersine çevirmek ve uzay aracını yavaşlatmak için hedef yıldızın ışık basıncını kullanmaktır. Bir başka olasılık, uzak yıldızın etrafında yol almak, onun kütleçekim kuvvetini geri dönüş yolculuğu için, bir mancınık etkisi yaratmak amacıyla, kullanmak. Bir başka olasılık ise bir uyduya inmek, lazer bataryaları hazırlamak ve sonra yıldızın ışığı ve lazer ışınlarıyla o uydudan geriye, Dünya'ya doğru yol almaktır.

Johnson'ın yıldız hayalleri olmasına karşın, gerçeğin çok daha makul olduğunun farkında. 1993'te, Ruslar Mir Uzay İstasyonu'ndan[93] uzaya 18 metrelik bir Mylar[94] reflektörü konuşlandırdı, fakat bu yalnızca intikalin nasıl olacağını göstermek içindi. İkinci bir girişim başarısız oldu. 2004'te, Japonlar iki güneş yelkeni prototipini başarıyla fırlattılar, ama bunlar da intikal testi içindi, sevk/itki amacı yoktu. 2005 yılında, Planetary Society,[95] Cosmos Studios ve Rusya Bilimler Akademisi[96] tarafından, Cosmos 1 adı verilen gerçek bir güneş yelkenini konuşlandırmak için iddialı bir girişimde bulunuldu. Cosmos 1 bir Rus denizaltısından fırlatıldı. Gelgelelim, Volna roketi[97] ateş almadı ve yörüngeye ulaşmakta başarısız oldu. 2008'de, NASA'dan bir ekip NanoSail-D[98] adlı bir güneş yelkeni fırlatmayı denedi, ancak Falcon 1[99] roketi başarısız olunca, yelken kayboldu.

Ama en sonunda, Mayıs 2010'da, Japon Uzay Keşif Ajansı,[100] gezegenler arası uzayda güneş yelkeni teknolojisini ilk olarak kullanacak uzay aracı olan IKAROS'u[101] başarıyla fırlattı. Bu, köşegeni 20 metre olan kare şeklinde bir yelkene sahiptir ve Venüs'e gitmek için güneş yelkeni itkisini kullanır. Japonlar daha sonra, yine aynı güneş yelkeni itkisini kullanarak, Jüpiter'e de bir başka gemi göndermeyi umuyorlar.

---

[93] *the Mir space station*, "Mir" Rusça'da *barış* ya da *dünya* anlamına gelir. (ç.n.)

[94] DuPont Şirketi'nin ince ve dayanıklı bir polyester malzemesi için ticari markası. (ç.n.)

[95] *Gezegen Topluluğu* olarak dilimize çevrilebilir; Birleşik Devletler'de, kâr amacı gütmeyen, astronomi ve gezegen çalışmalarına ağırlık veren bir organizasyon; kurucularından biri Carl Sagan'dır. (ç.n.)

[96] *the Russian Academy of Sciences*

[97] *the Volna rocket*: (haberleşme) uydularını dünya yörüngesine fırlatmak için kullanılan, deniz altından atılan balistik füze; *volna* Rusça'da *dalga* anlamına gelir. (ç.n.)

[98] NanoYelken-D. (ç.n.)

[99] *the Falcon* 1: Birleşik Devletler'in bir fırlatma sistemi; *falcon* İngilizce'de *doğan* (kuş) anlamına gelir. (ç.n.)

[100] *the Japan Aerospace Exploration Agency*

[101] ***I**nterplanetary **K**ite-craft **A**ccelerated by **R**adiation **O**f the **S**un*: *Güneş Radyasyonu ile Hızlandırılan Gezegenler Arası Uçurtma* diye dilimize çevrilebilir; IKAROS sözcüğünde, Yunan mitolojisindeki *Icarus*'tan bir esinlenme vardır; *Icarus*, hapsedildiği bir kuleden kaçmak için kuş tüylerinden yapılma iki kanadı kullanır. (ç.n.)

Nükleer Roket

Bilim insanları bir uzay gemisini sevk etmek için nükleer enerji kullanmayı da düşündüler. 1953 yılından başlayarak, Amerika Birleşik Devletleri Atom Enerjisi Komisyonu,[102] atom reaktörleri taşıyan roketleri ciddi olarak düşünmeye başladı; işe Rover Projesi[103] ile başladılar. 1950'lerde ve 1960'larda, nükleer roketler ile deneyler çoğunlukla başarısızlıkla sonuçlandı. Bu roketler kararsız olma eğilimi gösteriyorlardı ve doğru bir şekilde başa çıkılamayacak kadar karmaşıktılar. Ayrıca, sıradan bir fisyon reaktörü bir yıldız gemisini sevk etmeye yetecek kadar enerji üretemez; bunun doğruluğu kolayca gösterilebilir. Tipik bir nükleer güç santrali bir milyar watt kadar bir enerji üretir, bu yıldızlara ulaşmak için yeterli değildir.

Ancak 1950'li yıllarda, bilim insanları bir uzay gemisini sevk etmek için, reaktörler yerine, atom ve hidrojen bombaları kullanmayı önerdiler. Orion Projesi,[104] örneğin, bir dizi atom bombasının ürettiği, ardı ardına gelen nükleer patlama dalgalarıyla itilen bir roket önerdi. Bir yıldız gemisi, arka tarafından bir dizi atom bombası bırakacak, bunlar da bir dizi güçlü X-ışını patlaması yaratacaktı. Oluşan şok dalgası ise yıldız gemisini ileri itecekti.

1959'da, General Atomics'ten[105] fizikçiler, Orion'un gelişmiş bir modelinin 8 milyon ton ağırlığında ve 400 metre çapında olacağını ve 1000 hidrojen bombası ile güçlendirileceğini tahmin ettiler.

Orion Projesi'nin ateşli savunucularından biri fizikçi Freeman Dyson'dı. "Benim için, Orion [Projesi] tüm Güneş Sistemi'ni hayata açmak anlamına geliyordu. Bu tarihin akışını değiştirebilirdi." diye konuşmuştu. Ayrıca, bu atom bombalarından kurtulmak için uygun bir yol olurdu. "Bir seyahat ile 2000 bombadan kurtulmuş olacaktık." diye eklemişti Dyson.

---

[102] *the Atomic Energy Commission*

[103] *Project Rover*

[104] *the Orion Project*

[105] Birleşik Devletler'de savunma sanayisi için, fisyon/füzyon teknolojileri üzerine çalışan özel bir şirket. (ç.n.)

Orion Projesi'ni öldüren şey, nükleer silahların dünya üstündeki testlerini yasaklayan 1963'ün Nükleer Test Yasağı Anlaşması[106] oldu. Fizikçiler testler olmadan Orion'un tasarımını geliştiremezlerdi ve fikir öldü.

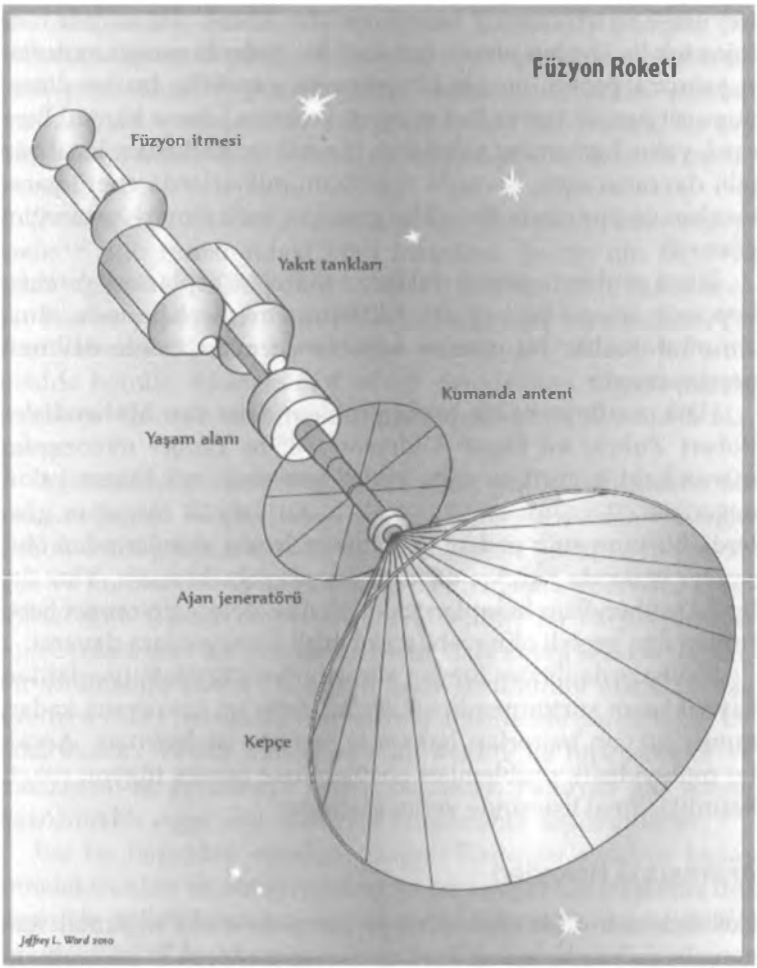
Ramjet Füzyonu

Bir diğer nükleer roket önerisi Robert W. Bussard tarafından 1960'ta yapıldı, sıradan bir jet motoruna benzeyen bir füzyon motoru tasavvur etti. Bir ramjet motoru, bir "kepçeyle" ön tarafından aldığı havayı içerdeki yakıt ile karıştırır. Hava ve yakıt karışımının ateşlenmesiyle, itme yaratan kimyasal bir patlama meydana gelir. Bussard, bir füzyon motoru için de aynı temel ilkeyi uygulamayı düşündü. Ramjet füzyon motoru, ön tarafından hava değil, yıldızlararası uzayın her yerinde bulunan hidrojen gazını kepçeyle içeri alacaktı. Hidrojen gazı sıkıştırılacak ve elektrik ve manyetik alanlar ile ısıtılacaktı, ta ki hidrojenler helyuma dönüşmek için birleşene kadar. Bu süreçte muazzam miktarlarda enerji serbest kalacak, bu da gerekli itmeyi sağlayacak bir patlama yaratacaktı. Uzayda bitmez tükenmez bir hidrojen kaynağı bulunduğundan, böyle bir ramjet füzyon motoru muhtemelen sonsuza kadar çalışabilirdi.

Ramjet füzyon roketi tasarımları bir dondurma külahına benzerler. Kepçe hidrojen gazını toplar ve onu, ısıtılıp diğer hidrojen atomlarıyla birleştirileceği, motora gönderir. Bussard, 1000 tonluk bir ramjet motorunun saniye kare başına 9,8 metrelik bir ivme sağlayabilmesi halinde (ki bu Dünya'da hissedilen kütleçekim ivmesidir), onun yalnızca bir yıl içinde ışık hızının %77'sine yaklaşacağını hesapladı. Ramjet motoru sonsuza kadar çalışabileceğinden, onun galaksimizden ayrılması ve Dünya'dan 2 milyon ışık yılı uzakta olan Andromeda galaksisine ulaşması, roket gemisindeki astronotların, kuramsal olarak, yalnızca 23 yılını alacaktır. (Einstein'ın görelilik kuramına göre, zaman hızlanan bir rokette yavaşlar, böylece Dünyada milyonlarca yıl geçmiş olmasına karşın, astronotlar yalnızca 23 yıl yaşlanmış olacaklar.)

---

[106] *the Nuclear Test Ban Treaty*



Bir ramjet füzyon motoru kuramsal olarak sonsuza dek çalışabilir; çünkü ihtiyacı olan hidrojeni yıldızlar-arası uzaydan toplar.

Ramjet motorunun karşı karşıya olduğu birkaç problem vardır. İlk olarak, yıldızlararası uzayda ağırlıklı olarak proton bulunduğundan, füzyon motorunun saf hidrojen yakması gerekir, ama bu yeterince enerji üretmez. (Hidrojenleri birleştirmenin birçok yolu vardır. Dünya'da tercih edilen yöntem, dö-

teryum[107] ve trityumu[108] birleştirmektir. Ancak, dış uzayda hidrojen tek bir proton olarak bulunur, bu nedenle ramjet motorları yalnızca proton-proton birleştirmesi yapabilir, bu ise döteryum-trityum füzyonu kadar enerji üretmez.) Buna karşın, Bussard, yakıt karışımına eklenecek bir miktar karbonun katalizör gibi davranacağını, sonuçta muazzam miktarlarda enerji yaratacağını ve bunun da bir yıldız gemisini sevk etmeye yeteceğini gösterdi.

İkinci problem, yeterli miktarda hidrojeni toplaması gereken kepçenin devasa bir boyutta, 160 kilometre mertebesinde, olma zorunluluğudur; bu yüzden kepçenin uzayda monte edilmesi gerekmektedir.

Hâlâ çözülmemiş bir başka problem daha var. Mühendisler Robert Zubrin ve Dana Andrews 1985'te, ramjet motorunun maruz kaldığı sürtünmenin, yıldız gemisinin ışık hızına yakın değerlere çıkmasını engelleyecek kadar büyük olacağını gösterdi. Sürtünmenin nedeni, geminin hidrojen atomlarından oluşan bir ortamda hareket ederken karşılaştığı dirençtir. Yine de, bu iki mühendisin hesapları ciddi ölçüde, geleceğin ramjet tasarımları için geçerli olmayabilecek belirli varsayımlara dayanır.

Halihazırda, bizler füzyon sürecini (ve uzaydaki iyonlardan kaynaklanan sürtünmenin etkilerini) daha iyi kavrayana kadar, ramjet füzyon motorları hakkında son söz söylenemez. Ancak bu mühendislik problemleri çözülebilirse ramjet füzyon roketi kesinlikle final listesinde yerini alacaktır.

Antimadde Roketleri

Çok farklı bir diğer olasılık, uzay gemisine enerji sağlamak için evrenin en büyük enerji kaynağını, antimaddeyi,[109] kullanmak-

---

[107] *deuterium*: çekirdeğinde bir proton ve bir nötron içeren hidrojen izotopu (normal hidrojen çekirdeğinde yalnızca tek bir proton bulunur); *ağır hidrojen* (*heavy hydrogen*) diğer adıdır; sözcüğün başındaki *deu-* "iki" anlamına gelir ve çekirdekteki iki bileşeni temsil eder. (ç.n.)

[108] *tritium*: çekirdeğinde bir proton ve iki nötron içeren hidrojen izotopu; sözcüğün başındaki *tri-* "üç" anlamına gelir ve çekirdeğin üç bileşenini temsil eder. (ç.n.)

[109] *antimatter*

tır. Antimadde, maddenin zıt yüklü karşıtıdır; örneğin, bir elektronun negatif yükü vardır, ama bir antimadde elektronun, yani pozitronun,[110] pozitif yükü vardır. Antimadde, sıradan madde[111] ile temas ederse yok olur. Aslına bakarsanız, bir çay kaşığı antimadde, tüm New York kentini yok edebilecek enerjiye sahiptir.

Antimadde o kadar güçlüdür ki Dan Brown, *Melekler ve Şeytanlar*[112] adlı romanındaki kötü insanlara, İsviçre'nin Cenevre şehri dışındaki CERN'den[113] çalınan antimaddeyi kullanarak bir bomba yaptırır; amaçları Vatikan'ı havaya uçurmaktır. Verimi yalnızca %1 olan bir hidrojen bombasının aksine, bir antimadde bomba, Einstein'ın $E = mc^2$ denklemine uygun olarak, maddeyi tümüyle enerjiye dönüştürecek ve %100 verimli olacaktır.

Antimadde, prensip olarak, bir yıldız gemisi için ideal roket yakıtını sağlar. Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nden[114] Gerald Smith, 4 miligram antimaddenin bizi Mars'a götürmeye yeteceğini ve muhtemelen yüz gramının da bizi yakın yıldızlara götürebileceğini tahmin ediyor. Antimadde, bire bir karşılaştırılırsa roket yakıtından bir milyar kat daha fazla enerji serbest bırakır. Bir antimadde motoru oldukça basit görünümlü olacaktır. Siz yalnızca roket haznesine ardı ardına antimadde parçacıkları bırakacaksınız, orada bunlar sıradan madde ile birleşecekler ve muazzam bir patlamaya neden olacaklar. Patlayıcı gaz sonra, haznenin bir diğer ucundan itme oluşturarak dışarı atılacak.

Biz bu hayalden oldukça uzağız. Fizikçiler şimdiye kadar antielektronları ve antiprotonları ve bir antiproton etrafında dolaşan bir antielektrondan oluşan antihidrojenleri oluşturabildiler. Bu CERN'de ve aynı zamanda Chicago dışındaki Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı'ndaki (Fermilab)[115] *Tevat-*

---

[110] *the positron*

[111] *ordinary matter*

[112] *Angels and Demons*

[113] *the European Organization for Nuclear Research* ya da *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*: Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi. (ç.n.)

[114] *Pennsylvania State University*

[115] *the Fermi National Accelerator Laboratory, Fermilab*

ron'da yapıldı. (Tevatron, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndan[116] sonra gelen, dünyadaki en büyük ikinci atom çarpıştırıcısı,[117] ya da parçacık hızlandırıcısıdır.[118]) Her iki laboratuvardaki fizikçiler, belirli bir hedefe bir yüksek-enerjili-parçacık ışını çarptırdılar ve sonuçta antiproton içeren bir birikinti sağanağı oluşturdular. Antimaddeyi sıradan maddeden ayırmak için güçlü mıknatıslar kullanıldı. Bu antiprotonlar daha sonra yavaşlatıldı, bu, antielektronların antiprotonlarla karışmalarına olanak sağladı ve sonuçta antihidrojen atomları yaratılmış oldu.

Antimaddenin pratik uygulanabilirliği hakkında uzun zamandır ve sıkı bir şekilde kafa patladan biri, Fermilab'da bir fizikçi olan Dave McGinnis'tir. Antimaddenin ürkütücü ekonomisi hakkındaki bilgileri, bana Tevatron'un yanında ayakta açıkladı. İstikrarlı miktarlarda antimadde üretmek için bilinen tek yolun, Tevatron gibi bir atom çarpıştırıcısı kullanmak olduğunun altını çizdi. Bu makineler son derece pahalıdırlar ve yalnızca küçük, ama çok küçük, miktarlarda antimadde üretirler. Örneğin, 2004'te, CERN'deki atom çarpıştırcısı 20 milyon dolarlık bir maliyetle, bir gramın birkaç trilyonda biri kadar antimadde üretti. Bu oranla giderse bir yıldız gemisine güç sağlamaya yetecek kadar antimadde üretmek, tüm dünyanın ekonomisini iflasa sürükleyecektir. McGinnis, antimadde motorlarının olasılık dışı bir kavram olmadığını vurguladı. Bunlar kesinlikle fizik yasaları bünyesindedir. Ancak, bir antimadde motorunun yakın gelecekte yapılabilme maliyeti çok fahiş olacaktır.

Antimaddenin yanına yaklaşılmaz derecede pahalı oluşunun bir nedeni, onu üretmek için gereken atom çarpıştırıcılarının o dillere düşmüş pahalılığıdır. Ancak, bu atom çarpıştırıcıları çok amaçlı makinelerdir, esas olarak egzotik atomaltı parçacıkları[119] üretmek için tasarlanmışlardır, daha sıradan anti-

---

[116] *the Large Hadron Collider*
[117] *atom smasher*
[118] *particle accelerator*
[119] *exotic subatomic particles*

madde parçacıkları için değil. Bunlar ticari makineler değil, araştırma araçlarıdır. Bol miktarlarda antimadde üretecek yeni bir tür atom çarpıştırıcısı özel olarak tasarlanırsa maliyetlerin önemli ölçüde aşağı çekilebileceği akla yatkındır. Daha sonra, bu makineler seri olarak üretilirler ve böylece yüklü miktarlarda antimadde oluşturmak mümkün olabilir. NASA'dan Harold Gerrish, antimadde maliyetinin en sonunda mikrogram[120] başına 5000 dolara kadar inebileceğine inanıyor.

Bir diğer olasılık, dış uzayda bir antimadde göktaşı bulmaktır. Böyle bir nesne bulunabilseydi, bir yıldız gemisine güç sağlamaya yetecek enerjiyi sağlayabilirdi. İşin doğrusu, bir Avrupa uydusu PAMELA,[121] özellikle dış uzayda doğal olarak oluşan antimaddeyi arayıp bulması için 2006'da fırlatıldı.

Uzayda büyük miktarlarda antimadde bulunursa onları toplamak için büyük elektromanyetik ağlar kullanılması düşünülebilir.

Sonuçta, yıldızlararası antimadde roketleri kesinlikle fizik yasaları içinde olmalarına karşın, maliyetleri aşağı çekmek yüzyılın sonunu bulabilir. Bu yapıldığında, antimadde roketi de herkesin yıldız gemisi final listesinde yerini alacaktır.

Nanogemiler

Yıldız Savaşları[122] ya da *Uzay Yolu*[123] dizileri özel efektleriyle gözlerimizi kamaştırdıkları zaman, aklımıza hemen devasa fütüristik, en son ileri-teknoloji ürünü aletlerle dolu bir yıldız gemisi gelir. Yine de bir diğer olasılık, muhtemelen bir dikiş yüksüğünden, bir iğneden daha büyük olmayan, hatta daha küçük olan, minik yıldız gemileri yapmak için nanoteknoloji kullanmaktır. Bir yıldız gemisi, *Enterprise*[124] gibi devasa olmalı ve ast-

---

[120] 1 mikrogram, 1 gramın milyonda 1'ine eşittir. (ç.n.)

[121] *Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics: Antimadde Madde Keşfi ve Hafif-Çekirdek Astrofiziği (için) Yük* olarak çevrilebilir. Bu modül bir dünya çevresindeki bir uyduya iliştirildiği için, isminde "yük" sözcüğü geçer. (ç.n.)

[122] *Star Wars*

[123] *Star Trek*

[124] *Uzay Yolu* dizisindeki yıldız gemisinin ismi. (ç.n.)

ronotlardan oluşan bir mürettebatın ağırlığını çekebilecek kapasitede olmalı diye önyargılara sahibiz. Ancak, bir yıldız gemisinin temel işlevleri nanoteknoloji ile küçültülebilir, böylece yakın yıldızlara belki de milyonlarca nanogemi gönderilebilir ve muhtemelen bunların yalnızca bir kısmı başarılı olur. Bunlar yakındaki bir uyduya ulaştıklarında, kendilerinin limitsiz kopyalarını oluşturmak için bir fabrika yaratabilirler.

İnternet'in özgün yaratıcılarından biri olan Vint Cerf, yalnızca Güneş Sistemi'ni değil, en sonunda yıldızların kendilerini de keşfedebilecek küçük nanogemiler tasavvur ediyor. "Güneş Sistemi'nin keşfi, küçük ama güçlü, nano-ölçekte araçların yapılmasıyla daha etkili bir şekilde yapılabilir; bunların komşu gezegenlere ve haberleşme uydularına ulaştırılması ve onların yüzeyleri üzerine, yüzey altlarına ve atmosferlerine bırakılmaları kolay olacak. ... Bu olasılıklar yıldızlararası keşiflere de genişletilebilir." diye konuşuyor Vint Cerf.

Doğada, memeliler yalnızca birkaç yavru yaparlar ve hayatta kalmalarını temin ederler. Böcekler ise büyük miktarlarda yavru üretirler, bunların yalnızca çok küçük bir kısmı hayatta kalır. Her iki strateji de bu türleri milyonlarca yıl hayatta tutabilir. Benzer şekilde, yıldızlara tek bir pahalı uzay gemisi göndermek yerine, her biri iki kuruşa mal olan ve çok az roket yakıtı gerektiren, milyonlarca küçük yıldız gemisi gönderilebilir.

Bu kavram, doğada bulunan çok başarılı bir stratejiden sonra şekillendi: Sürüler halinde hareket etmek.[125] Kuşlar, arılar ve diğer uçan hayvanlar sürüler ya da kümeler halinde uçarlar. Sürünün emniyeti yalnızca çok sayıda olmalarından kaynaklanmaz, sürünün kendisi bir erken uyarı sistemi görevi de yapar. Eğer sürünün bir bölümünde tehlikeli bir kargaşa oluşursa bir yırtıcı hayvan saldırısı olursa örneğin, mesaj hızla sürünün geri kalanına iletilir. Sürü halinde hareket etmek enerji açısından da oldukça verimlidir. Kuşlar karakteristik bir V deseninde uçarlar, bu tertibin oluşturduğu hava akımı ve türbülans, her kuşun uçması için gerekli olan enerjiyi azaltır.

Bilim insanları bir sürüyü, tek bir bireyin yeteneklerinden bağımsız, kendine ait bir zekâya sahip olduğu görünen bir "sü-

---

[125] *swarming*

per organizma"[126] olarak sınıflandırırlar. Örneğin, karıncaların çok basit bir sinir sistemi ve minik bir beyinleri vardır, ama hep beraber karmaşık karınca yuvaları yapabilirler. Bilim insanları, doğadan alınan bu derslerin bazılarını bir araya getirmeyi, bir gün öteki gezegen ve yıldızlara yolculuk yapabilecek robot sürüleri tasarlamayı umut ediyorlar.

Bu, Pentagon[127] tarafından yürütülen varsayımsal akıllı toz[128] kavramına benzer: Minik bir alıcıya sahip milyarlarca parçacığın keşif amacıyla havaya gönderilmesi. Tek bir alıcı çok da zeki değildir, ama toplu halde dağ gibi bilgi aktarabilirler. Pentagon'un DARPA'sı,[129] savaş alanında düşmanın konumunu izlemek gibi, olası askeri uygulamalar için bu araştırmayı finanse etti. 2007 ve 2009'da, Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri, önümüzdeki onyılları detaylandıran, (bugün her biri 4,5 milyon dolara mal olan) Predator[130] insansız hava araçlarının gelişmiş sürümlerinden, bir güveden daha küçük olan ve birkaç kuruşa mal olan minik alıcı sürülerine kadar her şeyin ana hatlarının belirlendiği, görüş belgesini yayınladı.

Bilim insanları da bu kavramla ilgilendiler; kasırgalar, yıldırımlı fırtınalar, volkanik patlamalar, depremler, seller, orman yangınları ve diğer doğal afetler esnasında, aynı anda binlerce coğrafi yeri izlemek için akıllı toz sıkmayı isteyebilirler. Örneğin, *Twister*[131] adlı filmde, bir hortumun etrafına alıcılar yerleştirmek için hayatlarını tehlikeye atan bir grup cesur fırtına avcısını izledik. Yaptıkları hiç de etkili değildir. Bir volkanik patlama ya da kasırga sırasında sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı ölçmek için birkaç alıcı yerleştirecek bir avuç bilim insanına sahip olmak yerine, akıllı toz, yüzlerce kilometrelik bir alan içinde, aynı anda farklı yerlerden binlerce veriyi size iletebilir. Bir bilgisayara girildiğinde, bu veriler, bir kasırga ya da volkanın gelişimi

---

[126] *"superorganism"*

[127] *The Pentagon*: Birleşik Devletler Savunma Bakanlığı ve Genelkurmay Başkanlığı. (ç.n.)

[128] *smart dust*

[129] *the Defense Advanced Research Projects Agency*: İleri Araştırma Projeleri Ajansı. (ç.n.)

[130] Türkçe'de "avcı" anlamına gelir. (ç.n.)

[131] *Hortum.* (ç.n.)

hakkında, gerçek-zamanlı üç boyutlu bilgileri size derhal verebilir. Bazıları bir toplu iğne başından daha büyük olmayan bu küçük alıcıları piyasaya sürmek için ticari girişimlere şimdiden başlanmıştır.

Nanogemilerin bir diğer avantajı da uzaya gönderilmeleri için çok az yakıt gerekli olmasıdır. Saatte yalnızca 40000 kilometreye ulaşabilen devasa güçlendirici roketler kullanmak yerine, uzaya inanılmaz hızlarda küçük bir nesne göndermek nispeten daha kolaydır. Aslında, sıradan elektrik alanları kullanarak, ışık hızına yakın hızlarda atomaltı parçacıklar göndermek kolaydır. Bu nanoparçacıklar küçük bir elektrik yükü taşırlar ve elektrik alanlar ile kolayca hızlandırılabilirler.

Başka bir uydu ya da gezegene bir keşif aracını göndermek için muazzam kaynaklar kullanmak yerine, tek bir keşif aracı kendini çoğaltma yeteneğine sahip olabilir ve böylece bir fabrikayı bütünüyle kurabilir, hatta bir uydu üssü bile yaratabilir. Bu kendi kendini kopyalayan keşif araçları, daha sonra diğer dünyaları keşfetmek için uzayın derinliklerine yola çıkabilirler. (Problem, kendi kendini kopyalayabilen ilk nano keşif aracını yapabilmektir, böyle bir şey ise ancak çok uzak gelecekte mümkündür.)

NASA kendi kendini kopyalayabilen robot keşif araçları fikrini ciddiye aldı ve çeşitli olasılıkları araştırmak için 1986'da, Santa Clara Üniversitesi'nde,[132] Uzay Uçuşları İçin İleri Otomasyon[133] olarak adlandırılan özel bir çalışma düzenledi. NASA'daki bilim insanlarınca tetkik edilmiş bir olasılık, Ay'a küçük, kendi kendini kopyalayabilen robotlar göndermekti. Robotlar orada Ay toprağını kullanacaklar ve kendi sınırsız kopyalarını yaratacaklardı.

Raporun çoğu, *regolit*[134] denilen Ay kayalarını işlemek için kimyasal bir fabrika kurulmasının ayrıntılarına ayrılmıştır. Örneğin, robot Ay'a inecek, kendisini parçalara ayıracak, parçalarını yeniden düzenleyecek ve böylece yeni bir fabrika yarata-

---

[132] *the University of Santa Clara*
[133] *Advanced Automation for Space Missions*
[134] *regoliths*

caktı, tam da oyuncak bir *Transformers*[135] robotu gibi. Robot, örneğin, güneş ışığını odaklamak için büyük parabolik aynalar yapacak ve regolitleri eritmeye başlayacak. Sonra, hidroflorik-asit-özütleme[136] yoluyla regolitleri işlemeye koyulacak ve kullanılabilir mineralleri ve metalleri çekip çıkartacak. Metalleri daha sonra ay üssünün inşasında kullanacak. En sonunda, robot kendisini yeniden üretmek için küçük bir Ay fabrikası inşa edecek.

Bu rapora dayanarak, 2002 yılında, NASA'nın İleri Fikirler/Kavramlar Enstitüsü,[137] kendi kendini kopyalayan robotlara dayanan bir dizi projeye finansman sağlamaya başladı. Bir çip üzerinde bir yıldız gemisi önerisini ciddiye alan bir bilim insanı, Cornell Üniversitesi'nden[138] Mason Peck'tir.

Peck'i laboratuvarında ziyaret etme şansım olmuştu. Tezgâhı, en nihayetinde yörüngeye gönderilebilecek parçalarla doluydu. Tezgâhının hemen yanında hassas uydu bileşenlerinin monte edildiği, plastikle kaplanmış duvarları olan küçük bir temiz oda vardı.

Onun uzay araştırmaları hakkındaki görüşleri, Hollywood filmleri tarafından bize dikte ettirilenden oldukça farklıdır. Peck, bir santimetre büyüklüğünde ve bir gram ağırlığında, ışık hızının %1'i ila %10'u arası bir hıza çıkabilecek bir mikroçip tasavvur ediyor. NASA'nın uzay araçlarını büyük hızlarla fırlatmak için kullandığı mancınık etkisinden[139] istifade ediyor. Bu kütleçekimi-destekli manevra, mancınıkla bir kaya atar gibi, bir uzay aracını bir gezegenin etrafına fırlatmayı içerir, böylece uzay aracının hızını arttırmak için Dünya'nın kütleçekim kuvvetini kullanmış olur.

Ama Peck, kütleçekimi yerine manyetik kuvvetleri kullanmak istiyor. Onun düşüncesi, Dünya'nın manyetik alanından 20.000 kat daha büyük olan Jüpiter'in manyetik alanı etrafında

---

[135] çok meşhur bir Japon-Amerikan oyuncak markası; çizgi romanları, çizgi filmleri, ve uzun bir filmi bile vardır. (ç.n.)

[136] *hydrofluoric acid leeching*

[137] *NASA Institute for Advanced Concepts*

[138] *Cornell University*

[139] *the slingshot effect*

dönecek bir mikroçip uzay gemisi göndermektir. Nano boyuttaki yıldız gemisini, atom çarpıştırıcılarındaki, atom altı parçacıkları trilyonlarca elektron volta fırlatmakta kullanılan, manyetik kuvvetle hızlandırmayı planlıyor.

Peck bana bir gün Jüpiter'in etrafına fırlatılabileceğini düşündüğü örnek bir çip gösterdi. Bu, bilimsel amaçlı devrelerle dolu, parmak ucunuzdan daha küçük, minik bir kareydi. Onun yıldız gemisi basittir. Çipin bir tarafında, haberleşme için enerji sağlayacak bir güneş pili bulunur. Diğer tarafında ise bir radyo vericisi, kamera ve diğer alıcılar var. Yalnızca Jüpiter'in manyetik alanını kullanarak itileceğinden, cihazda herhangi bir motor yoktur. (1998'den bu yana, [kendisinin] uzay programı için bu ve buna benzer yenilikçi önerileri finanse eden NASA'nın İleri Fikirler Enstitüsü, ne yazık ki, bütçe kesintileri nedeniyle, 2007'de kapandı.)

Sonuçta, Peck'in bir yıldız gemisi hakkındaki görüşleri, bilimkurguda her zaman rastlanılan, cesur bir astronot mürettebatınca yönlendirilen, uzayın derinliklerinde ağır ağır yol alan devasa yıldız gemisi fikrinden kesin olarak ayrılıyordu. Örneğin, Jüpiter'in bir uydusu üzerinde bir üs kurulursa bunlardan çok sayıda minik çip bu dev gezegenin etrafındaki yörüngeye gönderilebilir. Eğer bu uydu üzerinde bir lazer topu bataryası da inşa edilirse bu çipler lazer ışığıyla itilerek ivmelendirilebilir, hızları ışık hızının belirli bir kısmına ulaşana dek arttırılabilir.

O zaman Peck'e basit bir soru sordum: Nanoteknoloji kullanarak çiplerinizi molekül boyutuna indirgeyebilir misiniz? Bu durumda, bu çipleri hızlandırmak için Jüpiter'in manyetik alanlarını kullanmak yerine, moleküler boyuttaki keşif araçlarını ışık hızına yakın hızlarda ateşlemek için kendi Ay'ımız üzerinde kurulu atom hızlandırıcılarını kullanabilirsiniz. Peck, bunun büyük bir olasılık olacağı konusunda mutabık olduğunu, ama henüz ayrıntıları çalışmadığını söyledi.

Bunun üzerine bir kâğıt çıkardık ve birlikte bu olasılık için denklemler üretmeye başladık. (Bu, araştırmacı bilim insanlarının birbirleriyle etkileşme yöntemidir; bir problemi çözmek için tahtaya giderler ya da bir kâğıt çıkartırlar ve denklemler yazar-

lar.) Peck'in çiplerini Jüpiter etrafında hızlandırmak için kullandığı Lorentz kuvveti[140] için denklemler yazdık, çipleri molekül boyutlarına indirgedik ve onları CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'na[141] benzer varsayımsal bir hızlandırıcı içine yerleştirdik. Denklemlerin, yalnızca Ay'da kurulmuş sıradan bir atom hızlandırıcı kullanarak, nano ölçekteki böyle bir yıldız gemisinin ışık hızına yakın hızlara ulaşması için ivmelendirilmesine olanak tanıdıklarını çabucak görebildik. Yıldız gemimizin boyutunu bir çipten bir moleküle indirgediğimizden, hızlandırıcımızın boyutunu Jüpiter büyüklüğünden sıradan bir atom hızlandırıcısı boyutuna küçültebildik. Bu fikir gözümüze büyük bir olasılık olarak göründü.

Ama denklemleri analiz ettikten sonra, ikimiz de tek problemin bu hassas nano yıldız gemilerinin dayanıklılığı olduğunu kabul ettik. Maruz kaldıkları ivme en sonunda bu molekülleri parçalar mıydı? Bir ipin ucunda dönen top gibi, bu moleküller ışık hızına yakın hızlara doğru ivmelendiklerinde, merkezkaç kuvvetlerine maruz kalacaklar. Öte yandan, bu moleküllerin elektrik yükleri olacak, bu nedenle elektrik kuvvetleri bile onları parçalayabilir. İkimiz de nanogemilerin kesin bir olasılık olduğu, ama Peck'in çiplerini bir molekül büyüklüğüne küçültmek ve ışık hızına yakın hızlara doğru ivmelendirildiklerinde parçalanmadan kalsınlar diye onları güçlendirmek gerektiği ve bütün bunlar için daha onlarca yıl sürebilecek araştırma yapılmasının gerektiği sonuçlarına vardık.

Sonuçta, Mason Peck'in hayali, bazılarının gerçekten yıldızlararası uzayı boydan boya geçmeyi başaracağı umuduyla, en yakın yıldıza bir çip sürüsü göndermektir. İyi de ulaştıklarında ne yapacaklar?

Burası, Silikon Vadisi'ndeki[142] Carnegie Mellon Üniversitesi'nden[143] Pei Zhang'ın çalışmalarının sahneye girdiği yerdir. Bir gün bir başka gezegene gidebilecek minik helikopterlerden

---

[140] *the Lorentz force*
[141] *the Large Hadron Collider*
[142] Silicon Valley
[143] *Carnegie Mellon University*

oluşan bir filo yaptı. Bana gururla oyuncak helikopterlere benzeyen sürü-robot[144] filosunu gösterdi. Ancak görünüş aldatıcıdır. Her birinin merkezinde, gelişmiş devre sistemleriyle dolu bir çip olduğunu görebiliyordum. Bir düğmeye basarak, dört tane sürü-robotu havada serbest bıraktı, her yöne uçtular ve geriye bilgi gönderdiler. Kısa süre içinde, birçok sürü-robot tarafından etrafım sarıldı.

Bana, bu sürü-robotların amacının, yangınlar ve patlamalar gibi acil durumlarda keşif ve gözetleme yapmak olduğunu, böylece çok önemli bir yardım sağlayacaklarını söyledi. Bu sürü-robotlar, en sonunda, acil durumlarda kritik önemde olan sıcaklık, basınç, rüzgâr yönü vb. bilgileri algılayan kameralar ve alıcılarla donatılabilirler. Sürü-robotlardan binlercesi bir savaş alanına, bir yangına hatta Dünya dışı bir bölgeye yollanabilir. Ayrıca, bu sürü-robotlar birbirleriyle haberleşebilirler; bir tanesi bir engele çarparsa sahip olduğu bilgileri diğer sürü-robotlara radyo dalgalarıyla iletir.

Sonuç olarak, uzay yolculuğunun bir amacı, Mason Peck gibi insanlar tarafından geliştirilen, ucuz ve gözden çıkarılabilir çiplerin binlercesini ışık hızına yakın hızlarda en yakın yıldıza göndermek olabilir. Bu çiplerin az bir kısmı hedeflerine ulaştıklarında, kanatlarını ve pervanelerini açacaklar ve yabancı topraklar üzerinde uçacaklar, aynen Pei Zhang'ın sürü-robotlar filosu gibi. Daha sonra da elde ettikleri bilgileri radyo dalgalarıyla Dünya'ya gönderecekler. Umut verici gezegenler bulunduğunda, sürü-robotların ikinci bir nesli, bu gezegenler üzerinde fabrikalar kurmak için gönderilecek, buralarda bu sürü-robotların kopyaları üretilecek. Bu süreç böylece süresiz olarak devam eder.

Dünya'dan Göç Etmek

2100 yılına geldiğimizde, büyük olasılıkla Mars'a ve göktaşı kuşağına[145] astronotlar göndermiş, Jüpiter'in uydularını keşfetmiş

---

[144] *swarm-bot*

[145] *the asteroid belt*: Mars ve Jüpiter arasında, göktaşlarının en çok olduğu bölge. (ç.n.)

ve yıldızlara bir keşif aracı göndermek için ilk adımları başlatmış olacağız.

Ama insanlık ne olacak? Dış uzayda yeni bir yurt edinecek, Dünya nüfusunu rahatlatmak için uzay kolonilerine mi sahip olacağız? İnsan ırkı 2100 yılında Dünya'dan ayrılmaya mı başlayacak?

Hayır. Maliyetler göz önüne alındığında, 2100 yılında ve sonrasında bile, insan ırkının çoğunluğu diğer gezegenleri ziyaret etmek amacıyla bir uzay gemisine binmeyecek. Bir avuç astronot gezegenler arasında küçük karakollar yaratmış olsa da, insanlığın kendisi Dünya üzerinde sıkışıp kalmış olacak.

Dünya'nın önümüzdeki yüzyıllar içinde hâlâ insanlığın yurdu olacağının göz önüne alınması, bir diğer soruyu akla getiriyor: Uygarlığın kendisi nasıl evrilecek? Bilim, yaşam tarzımızı, mesleklerimizi ve toplumumuzu nasıl etkileyecek? Bilim refahın motorudur, öyleyse bilim, uygarlık ve zenginliği gelecekte nasıl şekillendirecek acaba?

Teknoloji ve ideoloji, yirmi birinci yüzyıl kapitalizminin temellerini sarsıyor. Teknoloji, bilgi ve becerileri sürdürülebilir stratejik avantajın yegâne kaynakları yapıyor.

—LESTER THUROW

7
Sermayenin Geleceği

Kazananlar ve Kaybedenler

MİTOLOJİDE, büyük imparatorlukların yükselişleri ve gerilemeleri, güce ve orduların kurnazlığına bağlıydı. Roma İmparatorluğu'nun büyük generalleri, dönüm noktası olacak askeri mücadeleleri öncesinde, tapınaklarında savaş tanrısı Mars'a taparlardı. Thor'un[1] efsanevi kahramanlıkları, Viking'leri birçok kahramanca savaşın içine çekti. Antik zaman insanları, düşmanlarıyla olan savaşlardaki zaferlerinin anısına, tanrılara adanmış devasa tapınaklar ve anıtlar inşa ettiler.

Ancak, büyük uygarlıkların yükselişlerinin ve gerilemelerinin gerçek nedenlerini analiz ettiğimizde, tamamen farklı bir hikâye görürüz.

---

[1] İskandinav mitolojisindeki, sihirli çekici ve altın kemeriyle, en güçlü tanrılarından biri. (ç.n.)

1500 yılında Dünya'yı ziyaret eden ve bütün büyük uygarlıkları gören Mars gezegeninden bir yabancı olsaydınız, en sonunda hangisinin dünyaya hükmedeceğini düşünürdünüz? Bu sorunun cevabı kolay olurdu: Avrupalı olmayan herhangi bir uygarlık.

Doğuda, varlığını binlerce yıldır devam ettiren büyük Çin uygarlığını görürdünüz. Çinlilerin öncülük ettiği uzun icatlar ve buluşlar listesinin bir rakibi yoktur: Kâğıt, matbaa, barut, pusula vb. Çin'in bilim insanları gezegen üzerindeki en iyilerdi. Yekvücut bir yönetimi vardı ve anakara barış içindeydi.

Güneyde Osmanlı İmparatorluğu vardı, Avrupa'yı tümden istila etmelerine ramak kalmıştı. Bu büyük islam uygarlığı, cebiri icat etmiş, optik ve fizikte gelişmeler kaydetmiş ve yıldızlara adlarını vermişti. Sanat ve bilim serpilip büyümüştü. Osmanlının büyük orduları hiçbir ciddi rakiple karşılaşmamıştı. İstanbul, bilim tahsil etmek için dünyanın en büyük merkezlerinden biriydi.

Sonra, zavallı Avrupa ülkeleri vardı; dinî tutuculukla, cadı mahkemeleriyle ve Engizisyon[2] ile kıvranıyordu. Roma İmparatorluğu'nun çöküşünden bu yana bin yıl boyunca devamlı düşmüş olan Batı Avrupa o kadar gerideydi ki, katıksız bir teknoloji ithalatçısıydı. Avrupa Orta Çağ'ın bir kara deliğiydi. Roma İmparatorluğu'nun bilgi dağarcığının çoğu çoktan ortadan kaybolmuş, boğucu dini dogmalar bu bilgi birikiminin yerini almıştı. İtiraz ya da görüş ayrılığı sık sık işkenceyle, hatta daha kötüsüyle karşılaşıyordu. Üstelik, Avrupa'nın şehir devletleri sürekli olarak birbirleriyle savaş halindeydiler.

Peki ne oldu?

Büyük Çin ve Osmanlı imparatorluklarının her ikisi de 500 yıllık bir teknolojik durgunluk dönemine girdi; Avrupa ise bilim ve teknolojiyi benzeri görülmemiş bir şekilde kucaklamaya başladı.

1405 yılından başlayarak, Çin imparatoru Yongle Dünya'yı keşfetmek için, dünyanın o güne kadar gördüğü en büyük deniz filosunu oluşturdu. (Kolomb'un üç ufak gemisi, bu devasa

---

[2] *the Inquisition*

gemilerin yalnızca birinin güvertesine rahatlıkla sığardı.) Her biri bir öncekinden daha büyük olan, yedi büyük sefer yapıldı. Bu filo, Güneydoğu Asya kıyılarında yol aldı ve Afrika'ya, Madagaskar'a ve muhtemelen daha ötelere kadar ulaştı. Filo dönüşünde, Dünya'nın çok uzak noktalarından çok zengin armağanlar, nefis yiyecekler ve egzotik hayvanlar getirdi. Bir Ming Hanedanı'nın[3] hayvanat bahçesinde, üzerinde Afrika zürafalarının geçit töreni yaptığı, dikkate şayan eski gravürler vardır.

Ancak Çin'e hükmedenler hayal kırıklığına da uğramışlardı. Hepsi orada olanlar mıydı? Çin'e rakip olabilecek büyük ordular neredeydi? Egzotik yiyecekler ve garip hayvanlar, Dünya'nın geri kalanının sunabileceği yegâne şeyler miydi? İlgilerini kaybeden Çin'in daha sonraki yöneticileri, büyük deniz filolarının çürümesine ve en sonunda yanmasına izin verdiler. Dünya ileriye doğru hamle yaparken, Çin durgunlaştı, kendini yavaş yavaş dış dünyadan tecrit etti.

Benzer bir tutum Osmanlı İmparatorluğu'na yerleşti. Bildikleri dünyanın çoğunu fetheden Osmanlılar kendi içlerine döndüler, dinî tutuculuğun ve yüz yıllarca sürecek bir durgunluğun içine saplandılar. Malezya'nın eski Malezya başbakanlarından Mahathir Mohamad şunları söylemişti: "Müslüman âlimlerin, bilgi edinmeyi, Kur'an'da buyurulmuş gibi, yalnızca dinî bilgi olarak yorumlamaları, dinî bilgiden gayrısını İslam dışı görmeleriyle, büyük İslam uygarlığı inişe geçti. Sonuç olarak, Müslümanlar bilim, matematik, tıp ve diğer sözde dünyevi öğretileri çalışmayı bıraktılar. Bunun yerine, İslam'ın öğretileri ve yorumları üzerine, İslam fıkhı ve İslami uygulamalar üzerine tartışmaya çok zaman harcadılar; bu, Ümmet'in bölünmesine ve çok sayıda mezhebin, tarikatın ve ekolün kurulmasına yol açtı."

Avrupa'da ise büyük bir uyanış başlıyordu. Ticaret yeni ve devrimci fikirler getirdi, Gutenberg'in matbaası bunu hızlandırdı. Kilisenin gücü bin yıllık egemenliğinden sonra zayıflamaya başladı. Üniversiteler dikkatlerini yavaş yavaş İncil'in muğlak pasajlarının yorumlamasından Newton fiziğinin ve Dalton kimyasının ve diğerlerinin uygulamalarına yönelttiler.

---

[3] 1368-1644 arasında Çin'i yöneten hanedan. (ç.n.)

Yale'den[4] tarihçi Paul Kennedy, Avrupa'nın çok hızlı yükselişine bir etken daha ekliyor: Hemen hemen eşit Avrupalı güçler arasındaki daimî savaş durumu nedeniyle hiçbiri Kıta'ya egemen olamadı. Sürekli birbirleriyle savaşan hükümdarlar, toprak ve hükümdarlık hırslarını daha ileri taşımak için bilim ve mühendisliğe para sağladılar. Bilim, yalnızca akademik bir çalışma değildi, yeni silahların ve servete giden yeni yolların ortaya konması için bir araçtı.

Çok geçmeden, Avrupa'da bilim ve teknolojinin yükselişi, Çin'in ve Osmanlı İmparatorluğu'nun güçlerini zayıflatmaya başladı. Doğu ve Batı arasındaki ticaretin bir geçidi olarak, yüzyıllar boyunca çok zenginleşmiş Müslüman uygarlığını, Avrupa'lı denizcilerin Yeni Dünya'ya[5] ve Doğu'ya -özellikle Afrika etrafını dolanarak ve Orta Doğu'yu atlayarak- erişen ticaret yolları oluşturmaları, çok bocalattı. Çin'in kendisi, ironik bir şekilde, kendilerinin iki önemli buluşunu, barut ve pusulayı, kullanan Avrupa savaş gemilerince parçalara bölündü.

"Ne oldu?" sorusunun cevabı açıktır. Bilim ve teknoloji yerlerini aldı. Bilim ve teknoloji refahın motorlarıdır. Elbette bir kimse bilim ve teknolojiyi görmezden gelmekte özgürdür, ama bu yalnızca kendini riske atmaktır. Siz dinî bir metin okuyorsunuz diye Dünya yerinde kalmayacak. Bilim ve teknolojideki son gelişmelere hâkim olmayabilirsiniz, ama rakipleriniz olacak.

Dört Kuvvetin Hâkimi Olmak

İyi de, yarışı kazanma olasılığı olmayan Avrupa, yüzyıllar süren bir cehalet döneminden sonra, tam olarak nasıl birdenbire depara kalktı ve Çin ve İslam dünyasını geçti? Bu olağanüstü altüst oluşta, sosyal ve teknolojik faktörlerin her ikisi de bulunur.

1500 sonrası dünya tarihi analiz edilirse Avrupa'nın bir sonraki büyük ilerleme için olgunlaşmış olduğu fark edilir; derebeylik sistemi[6] zayıflamış, bir tüccar sınıfı ortaya çıkmış ve Rö-

---

[4] *Yale University*

[5] *the New World*: Amerika Kıtası. (ç.n.)

[6] *feudalism*, feodalizm: Daha çok Avrupa'da görülen, koruyan-korunan ilişkisine dayanan, merkezi otoritenin zayıf, yerel yönetimlerin daha güçlü olduğu bir siyasi ve ekonomik örgütleniş biçimi. (ç.n.)

nesans'ın coşkulu rüzgârları esmeye başlamıştı. Lakin fizikçiler bu büyük dönüşüme, evrene hükmeden dört temel kuvvettin merceğinden bakarlar. Bunlar, makineler, roketler ve bombalardan yıldızlar ve evrenin kendisine kadar, etrafımızdaki her şeyi açıklayabilen temel kuvvetlerdir. Değişen sosyal eğilimler bu dönüşüm için zemin hazırlamış olabilir, ama en sonunda onu diğer dünya güçlerinin önüne iten şey, Avrupa'nın bu dört kuvveti öğrenmesi, onlara egemen olmasıdır.

İlk kuvvet, bizi yere demirlemiş, orada tutan, Güneş'in patlamasını engelleyen ve Güneş Sistemi'ni bir arada tutan kütleçekimidir.[7] İkincisi, şehirlerimizi aydınlatan, dinamolarımızı ve motorlarımızı harekete geçiren ve lazerlerimize ve bilgisayarlarımıza güç veren elektromanyetik kuvvettir.[8] Üçüncü ve dördüncü kuvvetler, atomun çekirdeğini bir arada tutan, göklerdeki yıldızları parlatan ve Güneş'imizin ortasındaki nükleer yangını yaratan, zayıf ve güçlü nükleer kuvvetlerdir.[9] Dört kuvvetin sırları hep Avrupa'da çözülmüştür.

Fizikçiler bu kuvvetlerden birini her anladıklarında, insanlık tarihi değişti ve Avrupa bu yeni bilgiden yararlanmak için elverişli ve idealdi. Isaac Newton bir elmanın düşüşüne tanıklık ettiğinde ve Ay'a baktığında, kendine, insanlık tarihini sonsuza kadar değiştiren bir soru sordu: Eğer elma düşüyorsa Ay da düşer mi? Yirmi üç yaşındayken, dâhiyane bir kavrayışla, bir elmayı tutan, göklerdeki gezegenlere ve kuyruklu yıldızlara kadar ulaşan kuvvetlerin aslında hep aynı kuvvet olduğunu fark etti. Bu, onun daha henüz icat ettiği yeni matematiği, yüksek matematiği[10], gezegenlerin ve uyduların yörüngelerini çizmek için ve göklerin hareketlerini ilk kez çözmek için kullanmasına olanak verdi. 1687 yılında, tüm insanlık tarihinin en etkili kitapları arasında yer alan, muhtemelen şimdiye kadar yazılmış en önemli bilim kitabı olan, başyapıtı *Principia*'yı yayınladı.

Daha da önemlisi, Newton yeni bir düşünce tarzı yarattı; kuvvetler aracılığı ile hareket eden nesnelerin hareketlerinin

---

[7] *gravity*

[8] *the electromagnetic force*

[9] *the weak and strong nuclear forces*

[10] *calculus*: diferansiyel ve integral hesapları. (ç.n.)

hesaplanabildiği mekanik düşünceyi başlattı. Artık bizler ruhların, iblislerin ve hayaletlerin kaprislerine tabi değildik. Nesneler, ölçülebilen ve kontrol edilebilen, iyi tanımlanmış kuvvetler nedeniyle hareket ediyorlardı. Bu Newton mekaniğinin[11] yolunu açtı, bunu kullanarak bilim insanları makinelerin davranışlarını tam olarak belirleyebiliyordu; bu ise buhar makinelerinin ve lokomotiflerin yolunu açtı. Buhar gücüyle çalışan karmaşık makinelerde rol alan anlaşılması zor dinamikler, civatalarına, manivela kollarına kadar parçalarına ayrılabiliyor, Newton yasaları tarafından sistematik olarak analiz edilebiliyordu. Sonuçta, Newton'un kütleçekim tasviri, Avrupa'daki Sanayi Devrimi'nin[12] yolunun açılmasına yardımcı olmuştu.

Daha sonra, 1800'lü yıllarda, yine Avrupa'da, Michael Faraday, James Clerk Maxwell ve diğerleri, bir sonraki büyük devrimi başlatan ikinci büyük kuvveti, elektromanyetizmayı, denetimleri altına aldılar. Thomas Edison Aşağı Manhattan'daki Pearl Street İstasyonu'nda jeneratörler kurup, Dünya'da ilk defa bir sokağa elektrik verdiği zaman, tüm gezegeni elektriklendirme yolunu da açmış oldu. Bugün, geceleri dış uzaydan Dünya'ya baktığımızda, tüm kıtaları ışıl ışıl görebiliyoruz. Uzaydan Dünya'ya bakan herhangi bir uzaylı, dünyalıların elektromanyetizmayı çok iyi bildiklerini hemen fark eder. Bizler, her elektrik kesildiğinde, ona olan bağımlılığımızı içtenlikle kabul ederiz. Bir anda, kredi kartları, bilgisayarlar, ışıklar, asansörler, televizyon, radyo, internet, motorlar vb. hepsi ortadan kalkar, derhal 100 yıldan fazla geriye gideriz.

Son olarak, yine Avrupa bilim insanları tarafından öğrenilmiş olan nükleer kuvvetler çevremizdeki her şeyi değiştirmekteler. Yalnızca göklerin sırlarını çözmekle, yıldızları ateşe veren güç kaynağını ortaya çıkartmakla kalmadık, kendi içimizin gizlerini de çözmeye başladık; bu yeni bilgiyi, MRI,[13] CAT[14] ve PET[15] taramaları ve radyasyon terapisi yoluyla tıpta kullandık,

---

[11] *Newtonian mechanics*

[12] *the Industrial Revolution*

[13] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

[14] *the computer-assisted tomography*: bilgisayar destekli tomografi. (ç.n.)

[15] *the positron emission tomography*: pozitron salımlı tomografi. (ç.n.)

nükleer tıbbı yarattık. Nükleer kuvvetler atomun içinde depolanmış olan muazzam güce hükmettiklerinden, nükleer kuvvetler en nihayetinde insanlığın kaderini belirleyebilirler; ya füzyonun sınırsız enerjisini kontrol ederek refaha erecek ya da nükleer bir cehennem içinde öleceğiz.

YAKIN GELECEK (Bugünden 2030'a)

Teknolojinin Dört Aşaması

Toplumsal koşulların değişmesi ve dört kuvveti kullanabilmedeki ustalık, Avrupa'yı diğer devletlerin önüne geçirdi. Ancak, teknolojiler dinamiktir, her zaman değişir; doğar, gelişir, yükselirler ve gözden düşer. Belli başlı teknolojilerin yakın geleceği nasıl değiştireceğini görmek için, teknolojilerin evrimin belirli yasalarına nasıl uyduklarını görmek yararlı olacaktır.

Kitlesel teknolojiler genellikle dört temel aşamada gelişirler. Bu, kâğıdın, şebeke suyunun, elektriğin ve bilgisayarların evriminde görülebilir. 1. aşamada, teknolojinin ürünleri o kadar değerlidir ki özenle korunurlar. Antik Mısırlılar tarafından papirüs şeklinde ve daha sonra Çinliler tarafından binlerce yıl önce icat edilen kâğıt o kadar değerliydi ki tek bir papirüs rulosu çok sayıda rahip tarafından dikkatle korunuyordu. Bu mütevazı teknolojinin antik uygarlıkları harekete geçirmekte çok yardımı olmuştu.

Kâğıt 2. aşamaya 1450 civarında, Gutenberg portatif matbaa harflerinden[16] baskıyı icat edince girdi. Bu "kişisel kitabı" mümkün kılmıştı, bir kişi yüzlerce rulonun bilgisini içeren bir kitaba sahip olabiliyordu. Gutenberg'ten önce, tüm Avrupa'da yalnızca 30.000 kitap vardı. 1500 yılına gelindiğinde, yoğun bir entelektüel mayalanmayı başlatan ve böylece Rönesans'ı[17] tetikleyen 9 milyon kitap vardı.

1930'larda, maliyet sayfa başına bir kuruşa düştüğünde, kâğıt 3. aşamayı gördü. Bu, bir kişinin yüzlerce kitaba sahip

[16] eskiden *hurufat* da denirdi. (ç.n.)
[17] *the Renaissance*

olabileceği, kişisel bir kütüphaneyi mümkün kıldı. Kâğıt tonla satılan, sıradan bir ürün haline geldi. Kâğıt her yerde ve hiçbir yerdeydi, görünmezdi ama çok yaygındı. Şimdi, kâğıdın bir moda aracı olduğu 4. aşamada bulunuyoruz. Farklı renk, şekil ve boyutlardaki kâğıtlarla Dünyamızı dekore ediyoruz. Kentsel atıkların en büyük kaynağı kâğıttır. Yani, kâğıt özenle korunan bir ürün olmaktan çıkmış, atık haline gelmiştir.

Aynı şey şebeke suyu için de geçerlidir. Antik zamanlarda, yani 1. aşamada, su o kadar değerliydi ki tek bir kuyu bütün bir köy tarafından paylaşılmak zorundaydı. Bu durum, 1900'lerin başlarında kişisel su tesisatları yavaş yavaş ortaya çıkana kadar binlerce yıl sürdü ve böylece 2. aşamaya girdik. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, şebeke suyu 3. aşamaya girdi ve ucuzladı; genişleyen bir orta sınıf için ulaşılabilir hale geldi. Bugün, şebeke suyu 4. aşamadadır ve o da bin bir şekilde, boyutta ve uygulamada görünen bir moda aracıdır; Dünyamızı, fıskiyeler ve görseller formunda, su ile dekore ederiz.

Elektrik de aynı aşamalardan geçti. Thomas Edison'un ve diğerlerinin öncülük ettiği çalışmalarla, 1. aşamada bir fabrika tek bir ampul ve elektrik motorunu paylaştı. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra, kişisel ampul ve kişisel motorla 2. aşamaya girdik. Bugün, elektrik gözden kaybolmuş durumda; o her yerde ve hiçbir yerdedir. Hatta "elektrik" sözcüğü neredeyse lügatten silindi. Noel'de, evlerimizi süslemek için yanıp sönen ışıklardan yüzlercesini kullanırız. Bizler elektriğin duvarlarda gizli, hazır ve nazır olduğunu varsayarız. Elektrik, Broadway'i aydınlatan ve dünyamızı dekore eden bir moda aracıdır.

4. aşamada, hem elektrik ve hem de şebeke suyu kamu hizmetleri haline gelmişlerdir. Çok ucuzdurlar ve o kadar çok tüketiriz ki evimize gelen elektrik ve su miktarını elektrik ve su saatleriyle ölçeriz.

Bilgisayar da aynı şemayı takip eder. Bunu anlayan şirketler büyüdü ve zenginleşti. Bunu anlamayan şirketler neredeyse iflasın eşiğine geldi. IBM[18] 1950'li yıllarda merkezi işlem bilgisayarıyla 1. aşamaya hâkim oldu. Bir merkezi bilgisayar o kadar

[18] *the International Business Machines Corporation: Uluslararası İş Makineleri Şirketi* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

değerliydi ki 100 bilim insanı ve mühendis tarafından paylaşılıyordu. Bununla birlikte, IBM'in yönetimi Moore yasasının değerini anlayamadı, bu yüzden, 1980'lerde 2. aşamaya girdiğimizde, kişisel bilgisayarın gelişiyle, neredeyse iflas ediyordu.

Ama kişisel bilgisayar üreticileri bile gelişmelere kayıtsız kalmışlar, boşvermişlerdi. Her masada bağımsız[19] bilgisayarların olduğu bir dünya tasavvuruyla yetinmişlerdi. 3. aşamanın, bir bilgisayarın milyonlarca bilgisayar ile etkileşebildiği internet bağlantılı bilgisayarların, gelişi ile gafil avlandılar. Bugün, bağımsız bir bilgisayar bulabileceğiniz tek yer bir müzedir.

Sonuçta, bilgisayarın kaderi de en sonunda 4. aşamaya girmektir; en başta gözden kaybolacak ve sonra bir moda aracı olarak dirilecek. Dünyamızı bilgisayarlarla dekore edeceğiz. *Bilgisayar* sözcüğünün kendisi bile yavaş yavaş lügatten silinecek. Gelecekte, kentsel atığın en büyük kısmını kâğıtlar değil çipler oluşturacak. Bilgisayarın kaderi gözden kaybolmak ve elektrik ve su gibi bir kamu hizmeti haline gelmektir. Bilgisayar çipleri de yavaş yavaş kaybolacaklar; çünkü her türlü hesaplama "bulutlarda"[20] yapılacak.

Sonuç olarak, bilgisayarın evrimi bir sır değil; selefleri elektrik, kâğıt ve su gibi, o da çok kullanılmış yolu takip ediyor.

Ancak bilgisayar ve internet hâlâ evrilmeye devam ediyorlar. Ekonomist John Steele Gordon'a bu devrimin sona erip ermediği soruldu. "Tanrı korusun. Aynen buhar motorunda olduğu gibi, oyun dışında kalmadan önce en az bir yüzyıl geçecektir. Bugünün interneti, 1850'lerin demiryoluna karşılık gelir. Bu yalnızca başlangıç" diye yanıt vermişti.

Burada, tüm teknolojilerin 3. ve 4. aşamaya girmediğini belirtmemiz gerekir. Örnek olarak lokomotifi düşünün. Mekanize ulaşım, buharla çalışan lokomotifin gelişiyle, 1800'lerin başında 1. aşamaya girdi. Yüz kişi tek bir lokomotifi paylaşacaktı.

---

[19] *stand alone*

[20] burada *cloud computing*, yani *bulut bilişim*'e gönderme yapılıyor; bunda, her türlü yazılım, işlem, veri aktarım vb. hizmet, bir ana sağlayıcı aracılığı ile evlerden ve işyerlerinden yerel olarak alınacak. Basite indirgenirse yılda bir defa kullanacağınız programı satın almak zorunda olmayacaksınız, kullandığınız kadar ödeyerek ana sağlayıcıdaki programı kullanacaksınız. (ç.n.)

1900'lerin başlarında, "kişisel lokomotif"lerin, yani arabaların ortaya çıkmasıyla, 2. aşamaya girdik. Ancak, (aslında raylar ya da tekerler üzerinde bir kutu olan) lokomotif ve araba geçmiş yıllarda çok da değişmemişlerdir. Değişen, daha güçlü ve verimli motorlar ve daha akıllı tasarımlar gibi iyileştirmelerdir. Sonuç olarak, 3. ve 4. aşamaya giremeyen teknolojiler, eklenen ayrıntılarla gitgide güzelleşip gelişecekler; örneğin, içlerine yerleştirilmiş çipleri olacak, böylece zeki olacaklar. Bazı teknolojiler, elektrik, bilgisayar, kâğıt ve su gibi, tamamen 4. aşamaya kadar evrilecekler. Diğerleri bir ara aşamada sıkışıp kalacaklar ama eklenen çiplerle, örneğin, arttırılan minik iyileştirmeler ve verimlilik artışlarıyla, gelişmeye devam edecekler.

Yükseliş ve Çöküşler Neden Oluyor?

Bugün, büyük 2008 ekonomik bunalımından sonra, bütün bu gelişmelerin bir yanılsama olduğunu, sade bir yaşama geri dönmemiz gerektiğini, sistemin temelinden kusurlu olduğunu söyleyen sesler duyulabilir.

Tarihe dönüp uzun uzun bakarsak, bir anda ortaya çıkmış gibi görünen, beklenmedik devasa ölçekteki yükselişleri ve çöküşleri işaret etmek kolaydır. Tesadüfen meydana gelmişler gibi, kötü kaderin ve insan ahmaklığının bir yan ürünü gibi görünüyorlar. Tarihçiler ve ekonomistler, 2008 çöküşü hakkında ciltler dolusu kitap yazdılar; insan doğası, hırs, yozlaşma, yasal eksiklikler, kontrol mekanizmasındaki zayıflıklar vb. gibi çeşitli nedenleri masaya yatırarak, bu bunalımdan bir anlam çıkartmaya çalıştılar.

Lakin ben, bu büyük bunalıma farklı bir bakış açısından, bilimin objektifinden bakacağım. Uzun vadede, bilim refahın motorudur. Örneğin, *Oxford Ekonomi Tarihi Ansiklopedisi*,[21] "1780'den sonra İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki gelir artışının %90'ını, salt sermaye birikimine değil, teknolojik yeniliklere bağlayan" çalışmalara değinir.

Bilim olmadan, binlerce yıl geriye, loş bir geçmişe geri atılırız. Ancak bilim tekdüze değildir, dalgalar halinde gelir. Çığır

[21] *the Oxford Encyclopedia of Economic History*

açan bir buluş (buhar makinesi, ampul ve transistör gibi örneğin), genellikle bir dizi ikincil buluşlara neden olur; bunlar ise bir yenilik ve ilerleme çığını tetikler. Çok büyük miktarlarda zenginlik meydana getirdiğinden, bilimin bu dalgaları ekonomiye yansıtılırlar.

İlk büyük dalga, en sonunda lokomotifin yaratılmasına yol açacak olan buhar gücüydü. Buhar gücü, toplumu tepe taklak edecek Sanayi Devrimi'ni[22] besledi. Buhar gücü müthiş bir sermaye oluşturdu. Ancak, kapitalizm altında sermaye asla yerinde kalmaz. Sermaye bir yere gitmek zorundadır. Kapitalistler, hep bir sonraki fırsatın peşindedirler, sermayeyi daha spekülatif yatırımlara kaydırırlar ve bazen bunun felaket sonuçları olur.

1800'lerin başında, buhar gücü ve Sanayi Devrimi'nce yaratılan sermaye fazlasının çoğu Londra Borsası'ndaki[23] lokomotif hisse senetlerine gitti. Gerçekten, Londra Borsası'ndaki çok sayıdaki lokomotif şirketi nedeniyle, bir yükseliş/balon oluşmaya başladı. *New York Times*'ta bir ticaret yazarı olan Virginia Postrel "Yüzyıl önce, demiryolu şirketleri New York Borsası'nda[24] listelenen tahvillerin yarısını oluşturuyordu." diye yazar. Lokomotif hâlâ başlangıç aşamasında olduğundan, bu yükseliş/balon sürdürülemezdi ve nihayet patladı, kapitalizm tarihindeki en büyük çöküşlerinden birini, 1850 Çöküşü'nü[25] yarattı. Bunu, Sanayi Devrimi'nin durmaksızın ürettiği sermaye fazlasının neden olduğu, hemen hemen her on yılda bir meydana gelen, bir dizi mini çöküşler izledi.

Burada ironi vardır: Demiryolunun altın çağı 1880'ler ve 1890'lar olacaktır. Yani, 1850 Çöküşü spekülatif telaş ve bilimin yarattığı sermaye nedeniyle oldu, dünyaya ray döşeme işinin olgunlaşması önünde daha onyıllar vardı.

Thomas Friedman, "19. yüzyılda, Amerika'da demiryolunun hızlı bir çıkışı, yükselişi/balonu ve patlaması vardı. ... Ama bu balon patladığı zaman bile, Amerika'ya, kıta içinde se-

---

[22] *the Industrial Revolution*

[23] *the London Stock Exchange*: Londra Menkul Kıymetler Borsası. (ç.n.)

[24] *the New York Stock Exchange*: New York Menkul Kıymetler Borsası. (ç.n.)

[25] *the Crash of 1850*

yahat ve nakliyeyi çarpıcı ölçüde daha kolay ve daha ucuz yapan demiryollarının bir altyapısını bıraktı." diye yazar.

Kapitalistler ders almadılar, bu döngü kısa sürede tekrar başladı. Edison ve Ford'un elektrik ve otomotiv devrimleri liderliğinde, teknolojinin ikinci büyük dalgası yayıldı. Fabrikaların ve evlerin elektriğe kavuşmalarıyla aynı zamanda model T'nin[26] de yaygınlaşması, bir kez daha inanılmaz bir sermaye yarattı. Her zaman olduğu gibi, sermaye fazlası bir yere gitmek zorunda kalmıştı. Bu kez, Amerika Birleşik Devletleri Borsası'na gitti[27] ve kamu ve otomotiv hisselerinde bir yükselişe/balona neden oldu. Seksen yıl önceki sisli geçmişte kaldığından, insanlar 1850 Çöküşü'nden çıkarılan dersleri göz ardı ettiler. 1900 ila 1925 yılları arasında açılan otomobil şirketlerinin sayısı 3000'e ulaştı, piyasa bu rakamı destekleyemezdi. Bir kez daha, yükseliş sürdürülemez oldu. Bu ve diğer nedenlerden dolayı, bu balon 1929 yılında patladı, arkasında Büyük Buhran'ı[28] bıraktı.

Buradaki ironi, Amerika ve Avrupa'nın asfaltlanması ve elektriklendirilmesi bu çöküşün sonrasında bile gerçekleşmedi, 1950'ler ve 1960'ları bekledi.

Daha yakın zamanlarda, bilimin üçüncü büyük dalgasına şahit olduk; bu kez yüksek teknoloji olarak, bilgisayar, lazer, uzay uydusu, internet ve elektronik cihaz formunda girdi hayatımıza. Yüksek teknolojinin yarattığı o çok büyük sermaye bir yere gitmek zorunda kaldı. Bu kez gayrimenkule gitti ve devasa bir balon oluşturdu. Gayrimenkul değerleri tavan yapıp patlayınca, insanlar evlerinin değerine karşılık borçlanmaya başladılar, evlerini kumbara olarak kullandılar; bu balonu daha da şişirdi. Ahlaksız bankacılar, su gibi ev ipotek kredisi vererek balonu iyice şişirdiler. İnsanlar bir kez daha, 160 ve 80 yıl önce gerçekleşmiş olan, 1850 ile 1929[29] çöküşlerinin derslerini hiçe saydılar. En sonunda, bu yeni balonun da şişmesi sürdürüle-

---

[26] *the Model T*: Henry Ford'un sahibi olduğu Ford Motor Şirketinin 1908-1927 yılları arasında ürettiği meşhur otomobil modeli. (ç.n.)

[27] *the U.S. Stock Exchange*: Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymetler Borsası. (ç.n.)

[28] *the Great Depression*

[29] *the Crash of 1929*

medi ve 2008 çöküşüne[30] ve büyük ekonomik bunalıma şahit olduk.

Thomas Friedman, "21. yüzyılın başları finansal sektörler etrafında bir çıkış, bir balon ve şimdi de bir patlama gördü. Korkarım arkada bırakacağı yegâne şey, Florida'daki hiç inşa edilmemiş olmaları gereken bomboş apartman daireleri, zenginlerin daha fazla güç yetiremeyecekleri kullanılmış özel jetler ve kimsenin anlayamayacağı ölü ipotek sözleşmeleri olacak." diye yazar.

Ancak son çöküşe eşlik eden tüm ahmaklığa karşın, buradaki ironi, bir bilgi ağı kurulup, tüm dünyanın bu ağa bağlanmasının 2008 çöküşünden sonra gerçekleşecek olmasıdır. Bilgi devriminin altın çağı henüz başlamamıştır.

Bu, bir sonraki soruya yol açar: Dördüncü dalga nedir? Kimse emin olamaz. Bu bilim dalgası, yapay zekâ, nanoteknoloji, telekomünikasyon ve biyoteknolojinin bir birleşimi olabilir. Önceki döngülerde olduğu gibi, söz konusu teknolojilerin bir çok-yüksek sermaye gelgiti yaratabilmeleri için bir seksen yıl gerekebilir. Umarım insanlar, 2090 yılı civarında, bir önceki seksen yılın derslerini bir kez daha göz ardı etmeyecekler.

YÜZYILIN ORTASI (2030'dan 2070'e)

Kazananlar ve Kaybedenler: Meslekler

Teknolojiler evrildikçe, ekonomide bazen sosyal altüstlere yol açan ani değişiklikler yaratırlar. Her devrimin kazananları ve kaybedenleri vardır. Bu, yüzyıl ortasında daha belirgin bir hale gelecektir. Artık köylerde demirciler ve at arabası yapanlar bulunmuyor. Dahası, biz bu işlerin çoğunun yok olmasına da üzülmüyoruz. Fakat yine de soru şu: Yüzyıl ortasına kadar hangi meslekler gözde hale gelecek? Teknolojinin evrimi çalışma şeklimizi nasıl değiştirecek?

Basit bir soru sorarak cevabı kısmen de olsa belirleyebiliriz: Robotların sınırları nelerdir? Daha önce gördüğümüz gibi, ya-

[30] *the Crash of 2008*

pay zekâ için en az iki temel engel vardır: Şekil/örgü tanıma[31] ve ortak akıl[32] (ya da sağduyu). Dolayısıyla, gelecekte varlığını sürdürecek işler çoğunlukla, robotların yapamayacağı -bu iki yeteneği gerektiren- işler olacaktır.

Mavi yakalı çalışanlar[33] arasında, fabrika hattındaki otomobil işçileri gibi, tekrarlayıp duran bir işi yapan işçiler kaybedenler sınıfında olacaklar; çünkü robotlar bu tür işlerde çok iyidirler. Bilgisayarlar bir zekâya sahip oldukları izlenimi verirler, bunun nedeni yalnızca bizden milyonlarca kez daha hızlı toplayabilmeleridir. Bilgisayarların yalnızca gelişmiş toplama makineleri olduğunu ve en iyi yaptıkları şeyin de tekrarlanıp duran işler olduğunu unuturuz. Bilgisayar devriminin muzdaripleri arasında ilk sırayı, otomobil montaj hattı işçilerinin alma nedeni budur. Bu, bir dizi komutla, birbirini tekrar eden hareketlere indirgenebilecek herhangi bir fabrika işinin en sonunda yok olacağı anlamına gelir.

Şaşırtıcı bir şekilde, bilgisayar devriminden kurtulacak ve hatta daha da büyüyecek, mavi yakalıların yapacağı büyük bir iş sınıfı var. Kazananlar sınıfına, şekil tanıma gerektiren, tekrarlayıp durmayan işleri yapanlar girecek. Çöp toplayıcılar, polis memurları, inşaat işçileri, bahçıvanlar ve tesisatçıların tümü gelecekte iş sahibi olacaklar. Farklı evler ve dairelerdeki çöpleri toplayabilmek için, toplayıcıların çöp torbalarını tanımaları, bunları kamyonlara koymaları ve atık alanlarına taşımaları gerekir. Ancak, her bir çöp parçasını bertaraf etmek için farklı bir yöntem gerekir. İnşaat işçileri için, her iş farklı aletler, planlar ve talimatlar gerektirir. Hiçbir inşaat alanı bir diğerine benzemez, hiçbir inşaat işi bir diğeriyle aynı değildir. Polis memurlarının farklı durumlardaki birçok suçu analiz edebilmeleri gerekir. Dahası, suçluların yöntemlerini ve onları suça iten nedenleri anlamak zorundadırlar, bu herhangi bir bilgisayarın yeteneğinin çok ötesinde bir iştir. Benzer şekilde, her bahçe ve lavabo farklıdır, farklı becerileri olan bir bahçıvana ve farklı aletleri olan bir tesisatçıya gerek duyarlar.

---

[31] *pattern recognition*

[32] *common sense*

[33] bedensel iş yapanlar. (ç.n.)

Beyaz yakalı çalışanlar[34] arasında, envanter çıkarma ve "muhasebecilik"[35] gibi ara işleri yapanlar, kaybedenler sınıfında olacaklar. Bu, alt kademe acentaların, komisyoncuların veznedarların, muhasebecilerin ve benzerlerinin, meslekleri giderek yok olurken giderek daha fazla işsiz kalacakları anlamına gelir. Bu meslekler "kapitalizmin sürtünmesi"[36] olarak adlandırılır. Şimdiden, bir seyahat acentasını atlayarak, en iyi fiyat için internet'i tarıyor ve bir uçak bileti satın alabiliyoruz.

Örneğin, Merrill Lynch,[37] *çevrim içi*[38] hisse senedi alım-satımını asla benimsemeyeceğini duyurmuştu. Hisse senedi alım-satımını daima eski usullerle yapacaktı. Merrill'in aracılık faaliyetlerini yöneten John Steffens, "İnternetten alım-satıma dayalı kendin-yap[39] yatırım modeli, Amerika'nın mali hayatı için ciddi bir tehdit olarak kabul edilmelidir." demişti. Bu duyurusuna karşın, Merrill Lynch'in en sonunda, 1999'da, piyasa güçleri tarafından çevrim içi alım-satımı kabul etmek zorunda bırakılması çok küçük düşürücü olmuştur. ZDNet haberden[40] Charles Gasparino, "Bir endüstri lideri tarihte nadiren yüz seksen derece dönüş yapmaya zorlanmıştır ve neredeyse bir gecede, tamamen yeni bir iş modelini benimsemiştir." diye yazdı.

Bu aynı zamanda kurumsal piramitin inceleceği anlamına gelir. En üstteki insanlar, piyasadaki satış kadrosu ve satış temsilcileriyle doğrudan etkileşebileceklerinden, üstten gelen emirleri uygulamak için aracılara daha az ihtiyaç olacaktır. Aslında, kişisel bilgisayarlar ofislere ilk girdiklerinde, bu tür iş azalmaları olmuştu.

Peki aracılar gelecekte nasıl hayatta kalacaklar? Onlar işlerine değer katmak ve robotların veremeyeceği bir şeyi sağlamak zorunda kalacaklar: Ortak akıl (ya da sağduyu).

---

[34] zihinsel iş yapanlar. (ç.n.)

[35] "bean counter": kötü anlamda "komisyoncu." (ç.n.)

[36] *"the friction of capitalism"*

[37] New York merkezli, dünyanın en büyük yatırım bankalarından biriydi; 2008 ekonomik bunalımının aktörlerinden biri; 2009'da *Bank of America*'ya satıldı. (ç.n.)

[38] *on line*

[39] *the do-it-yourself*

[40] *ZDNet news*

Örneğin, gelecekte, saatiniz ya da kontakt lensiniz aracılığıyla internetten bir ev satın alabileceksiniz. Yine de kimse bu yolla ev satın almayacak; çünkü bu tüm hayatınız boyunca yapacağınız en önemli ekonomik işlerden biridir. Ev gibi önemli bir meta satın alırken, size iyi okulların yerlerini, suç oranının düşük olduğu yerleri, kanalizasyon sisteminin iyi çalışıp çalışmadığını vb. söyleyebilecek bir insan ile konuşmak istersiniz. Bunun için, yaptığı işe değer katan yetenekli bir emlakçı ile konuşmak istersiniz.

Benzer şekilde, alt kademe borsacılar, çevrim içi alım-satım nedeniyle oyun dışına itilecekler, ama gerekçeleriyle beraber akıllı yatırım tavsiyesi veren borsacılara her zaman talep olacak. Borsada aracılık yaparak komisyon alma işleri, üst düzey piyasa analistlerinin ve ekonomistlerin bilgelikleri gibi, deneyimli borsacıların "içeriden" aktardıkları bilgiler gibi, içine değer katılmış hizmet sunmadıkları sürece, ortadan kaybolmaya devam edecekler. Çevrim içi alış-verişin, hisse alım-satım maliyetini acımasızca aşağı çektiği bir dönemde, borsada aracılık yapan komisyoncular, kendilerinin deneyim, bilgi ve analiz gibi maddi olmayan niteliklerini de pazarlayabilirlerse ancak o zaman hayatta kalacaklar.

Sonuçta, beyaz yakalı çalışanlar arasında, müşterisine işe yarar "[ortak] akıl" verebilenler, kazananlar sınıfında yer alacaklar. Bunlar, sanat üretme, oyunculuk yapma, fıkra anlatma, program yazma, liderlik etme, analiz yapma, bilim üretme, yaratıcılık gösterme gibi "bizi insan yapan" niteliklerle donanmış insanlardır.

İnternet yaratıcı sanata karşı doymak bilmez bir iştaha sahip olduğundan, sanatla uğraşan insanların işleri olacak. Bilgisayarlar sanat eserlerini çoğaltmada ve sanatçıların eserlerini güzelleştirmelerine yardımcı olmada çok iyidirler, ama yeni sanat formları yaratmada berbattırlar. Bize ilham veren, bizi şaşırtan ve heyecanlandıran, duygularımızı kabartan sanat, bir bilgisayarın yeteneğinin çok ötesindedir; çünkü tüm bu nitelikler sağduyu/ortak akıl içerir.

Roman, senaryo ve oyun yazarlarının da işleri olacak; çünkü onlar gerçekçi sahneleri, insana ait çatışma, zafer ve mağlubiyet

duygularını iletmek zorundadırlar. Bilgisayarlar için insan doğasını modellemek yeteneklerinin ötesinde bir iştir; çünkü böyle bir çaba, insanı motive eden şeyleri ve onların yönelimlerini anlamayı gerektirir. Bilgisayarlar, kendileri ağlayıp gülemediklerinden ya da neyin komik neyin üzücü olduğunu anlamadıklarından, bizi ağlatan ya da güldürenin ne olduğunu belirlemekte iyi değillerdir.

Avukat gibi, beşeri ilişkiler içinde olan insanların da işi olacak.

Bir robo-avukat yasalarla ilgili temel sorulara yanıt verebilir, ama değişen sosyal standartlar ve geleneklere bağlı olarak, yasaların kendileri sürekli olarak değişirler. Yasaların yorumu en sonunda bir yargı kararına indirgenir ve bunda bilgisayarlar yetersizdir. Eğer yasalar, kolay anlaşılır yorumlarla, net bir biçimde tanımlanmış sabit kurallar olsalardı, mahkemelere, hâkimlere ve jürilere gerek kalmazdı. Bir robot bir jüri üyesinin yerine geçemez; çünkü jüriler genellikle, zamanla sürekli değişen belirli bir grubun geleneklerini temsil ederler. Bunun en göze çarpan örneği, Yüksek Mahkeme hâkimi Potter Stewart'ın bir defasında pornografiyi tanımlamak zorunda kaldığı zaman yaşanmıştı. Tanımlamakta başarısız olmuş, ama "Gördüğümde onu tanıyorum." diye de eklemişti.

Dahası, robotlar için adalet sistemini değiştirmek muhtemelen yasadışı olacaktır; çünkü [Amerikan] yasaları temel bir ilkeyi en yükseğe koyar: Jüri üyeleri emsallerimizden oluşturulur. Robotlar bizim emsalimiz olamayacaklarına göre, onlar için adalet sistemini değiştirmek yasa dışı olur.

Yasalar görünüşte kesin ve iyi tanımlanmış görünebilirler; özenle yazılmış kesin ifadelere ve gizemli başlık ve tanımlara sahiptirler. Ancak bu yalnızca görünüştedir; tanımların yorumları sürekli değişir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Anayasası, iyi tanımlanmış bir belge gibi görünür, ama Yüksek Mahkeme[41] tartışmalı konularda sürekli ikiye bölünür. Anayasa'daki her sözcük ve ibare, tekrar tekrar yorumlanır. İnsani değerlerin değişen doğası yalnızca tarihe bakarak bile kolayca

[41] *the U.S. Supreme Court*

görülebilir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Yüksek Mahkemesi, 1857 yılında, kölelerin asla Amerika Birleşik Devletleri'nin vatandaşı olamayacakları kararını verdi. Bu kararın bozulması, bir anlamda, bir iç savaşa ve binlerce ölüme mal oldu.

Liderlik de gelecekte değerli bir *ürün* olacak. Liderlik, kısmen, mevcut bilgiyi, değişik bakış açılarını ve seçenekleri değerlendirmekten ve daha sonra belirli hedefler ile uyumlu en uygun olanı tercih etmekten oluşur. Liderlik her zaman özellikle karmaşıktır; çünkü kendi kişisel güçlü ve zayıf tarafları olan insan çalışanlarını teşvik etmekle, onlara rehberlik etmekle ilgilidir. Tüm bu faktörler, insan doğasını, piyasa güçlerini vb. ileri düzeyde anlamayı gerektirir; bu, bir bilgisayarın yeteneğinin çok ötesindedir.

Eğlencenin Geleceği

Bu, aynı zamanda, eğlence gibi tüm sektörlerin, köklü bir değişim geçireceği anlamına gelir. Örneğin, müzik endüstrisi, kadim zamanlardan beri, kasaba kasaba gezip kişisel gösteriler yapan bireysel müzisyenlere dayanıyordu. Gösteri sanatçıları sürekli yoldaydılar, bir gün bir yerde tezgâh kuruyorlar ve sonra bir sonraki köye geçiyorlardı. Bu zor bir hayattı, çok az maddi karşılığı vardı. Bu çok eski âdet, Thomas Edison gramofonu keşfettiğinde ve sonsuza kadar müzik dinleme şeklimizi değiştirdiğinde, ansızın değişti. Birdenbire, bir şarkıcı milyonlarca satılan plaklar üretebildi ve evvelce hayal bile edilemeyen ölçekte gelir elde edebildi. Tek bir nesil içinde, rock şarkıcıları toplumun sonradan görme zenginleri oldu. Bir önceki nesilde mütevazı birer garson olabilecek rock yıldızları, genç toplumun saygı gösterdiği idoller haline geldiler.

Müzik endüstrisi ne yazık ki müziğin kolayca, e-posta gibi, internet üzerinden gönderileceği günü öngören bilim insanlarının tahminlerini göz ardı etti. Müzik endüstrisi, çevrim içi satış yaparak para kazanmanın zeminini hazırlamak yerine, bir CD maliyetinin çok altında müzik sunan sonradan türeme şirketleri dava etmeye kalktı. Bu okyanusu temizlemeye çalışmak gibiydi. Bu ihmal, müzik endüstrisi içinde mevcut kargaşanın nedenidir.

(Ama yine de iyi olan bir şey var. Adı sanı duyulmamış şarkıcılar, büyük müzik şirketlerinin gizli sansürüyle karşı karşıya kalmadan, şimdi zirveye çıkabiliyor. Geçmişte, bu müzik imparatorları bir sonraki rock yıldızını neredeyse seçebiliyorlardı. Sonuç olarak, gelecekte, zirvedeki müzisyenler, müzik şirketlerinin yöneticilerince değil, piyasa güçlerini ve teknolojiyi içeren, herkese açık bir yarışmayla, daha demokratik bir şekilde seçilecekler.)

Gazeteler de benzer bir ikilem ile karşı karşıya. Gazeteler geleneksel olarak özellikle seri ilanlar bölümüne reklam verenlerden gelen bir gelir akışına güvenirdi. Gelir akışı, gazetelerin kendi satışından çok da fazla gelmez, bu sayfalarda üretilen reklam gelirlerinden sağlanırdı. Şimdi günlük haberleri internetten ücretsiz indirebiliyor, çeşitli çevrim içi küçük ilan sitelerini kullanarak ülke çapında reklam yapabiliyoruz. Sonuç olarak, ülke çapındaki gazete miktarı ve dolaşımı azalıyor.

Lakin bu süreç ancak şimdiye kadar devam edebilirdi. Tuhaf fikirleri empoze etmek amacıyla izleyicilerine ve megalomanlarına günlük nutuk atan sözde peygamberleriyle, internette o kadar çok şamata var ki, en sonunda insanlar yeni bir *ürünü* el üstünde tutacaklar: Bilgelik. Rastgele gerçeklerin bilgelik ile ilgisi yoktur, gelecekte insanlar kaçık blogcuların boş laflarından bıkacaklar ve bu nadir bulunan bilgelik ürününü sunan saygın internet sitelerini arayacaklar.

Ekonomist Hamish McRae, "Uygulamada, yığınlar halindeki bu 'bilgi' yalnızca çöptür, istenmeyen e-postaların entelektüel eşdeğeridir" der ve "İyi muhakeme son derece değerli olmaya devam edecek: Başarılı finansal analistler, bir grup olarak, dünyanın en çok kazanan araştırmacılarıdır." diye iddia eder.

Matrix

İyi de Hollywood oyuncularına ne olacak? Gişe ünlüleri ve toplumun dedikodu konuları olmak yerine, aktörler de mi kendilerini işsizliğin sınırında bulacaklar? Son zamanlarda, insan bedeninin bilgisayar canlandırmalarında muazzam ilerlemeler

kaydedilmiştir, öyle ki neredeyse gerçek gibi görünürler. Canlandırma karakterler şimdilerde gölgelendirilmiş üç boyutlu (3D) çehrelere sahipler. Öyleyse aktörler ve aktrisler yakın zamanda demode mi olacaklar?

Muhtemelen olmayacaklar. Bilgisayar ile insan yüzünü modellemede önemli sorunlar var. İnsanlar birbirlerinin yüzlerini ayırt etmek için olağanüstü bir yetenek geliştirdiler; çünkü hayatta kalmamız buna bağlıydı. Birinin düşman ya da dost olduğunu derhal anlamak zorundaydık. Saniyeler içinde, bir kişinin yaşını, cinsiyetini, gücünü ve duygusunu süratle belirlemeliydik. Bunu yapamayanlar, bir sonraki kuşağa genlerini aktarmak için hayatta kalamadılar. Bu nedenle, insan beyni işlem yapma kapasitesinin önemli bir miktarını insanların yüzlerini okumak için ayırır. Aslında, evrimsel tarihimizin büyük bir bölümünde, konuşmayı öğrenmeden önce, bizler mimikler ve vücut dili aracılığıyla iletişim kurmuştuk ve beyin gücümüzün büyük bir kısmı, yüzlerin hemen göze çarpmayan ipuçlarını bulmaya ayrılmıştı. Ancak, çevrelerindeki basit nesneleri bile tanımakta sıkıntı çeken bilgisayarlar, gerçek bir hareketli insan yüzü yaratmakta daha büyük zorluk çekerler. Çocuklar filmlerde gördükleri bir yüzün, gerçek bir insan yüzü mü ya da bir bilgisayar simülasyonu mu olduğunu anında fark ederler. (Bu Mağara Adamı İlkesi'nden[42] kaynaklanır. Favori aktörümüzün bizzat rol aldığı gişe rekorları kıran bir aksiyon filmi izlemek mi, yoksa bilgisayar canlandırmalı film izlemek mi? Hâlâ ilkini tercih ederiz.)

Bir insan yüzünün aksine, bir insan bedenini bilgisayarla modellemek çok daha kolaydır. Hollywood, filmlerde gerçeğe çok benzeyen bu canavarları ve kurgu karakterleri yarattığı zaman, bir kısayol kullanır. Bir aktör eklemlerinde alıcılar olan daracık bir elbise giyer. Aktör hareketlendiğinde ya da dans ettiğinde, alıcılar sinyalleri bir bilgisayara gönderir; bilgisayar da bu hareketleri *Avatar* filminde olduğu gibi kusursuzca yapan bir canlandırma karakter yaratır.

---

[42] *the Cave Man Principle*

Bir defasında, nükleer silahlar tasarlanan Livermore Ulusal Laboratuvarı[43] tarafından desteklenen bir konferansta konuşmuş ve akşam yemeğinde *Matrix*[44] filminde çalışmış birinin yanına oturmuştum. Filmde göz kamaştırıcı özel efektler oluşturmak için bilgisayar başında muazzam bir süre geçirmek zorunda kaldıklarını itiraf etti. En zor sahnelerden birinin, bir helikopterin üzerinde uçtuğu tamamen hayali bir şehri yeniden oluşturmayı gerektirdiğini söyledi. Yeterli bilgisayar süresiyle, tamamen kurgusal bir şehri yaratabileceğini söyledi. Ancak, sahici bir insan yüzü modellemenin onun yeteneğinin çok ötesinde olduğunu kabul etti. Bunun nedeni, insan yüzüne çarpan bir ışık demetinin, yüzün özelliklerine bağlı olarak, her yöne saçılmasıdır. Işığın her bir parçasını bilgisayarla takip etmek gerekir. Dolayısıyla, bir kişinin yüzündeki cildin her bir noktası karmaşık bir matematiksel fonksiyon tarafından tanımlanmak zorundadır; bu ise bir bilgisayar programcısı için gerçek bir baş ağrısıdır.

Bunun, benim uzmanlık alanım olan yüksek enerji fiziğine çok benzediğini belirttim. Atom çarpıştırıcılarımızda, bir hedefe çarparak her yöne saçılan bir parçacık sağanağı oluşturan güçlü bir proton demeti oluştururuz. Daha sonra her bir parçacığı tanımlayan (form faktörü[45] olarak adlandırılan) matematiksel bir fonksiyon ortaya koyarız.

Yarı şaka yarı ciddi, insan yüzü ve yüksek enerji parçacık fiziği arasında bir ilişki olup olmadığını sordum. Evet, diye yanıtladı. Bilgisayar animatörleri beyaz perdede gördüğünüz yüzleri oluşturmak için yüksek enerji fiziğinde kullanılanla aynı formalizmi kullanır! Biz kuramsal fizikçilerin kullandığı gizemli formüllerin bir gün insan yüzü modelleme sorununu çözecebileceğini hiç fark etmemiştim. Sonuç olarak, insan yüzünü tanıyabilme yöntemimiz, biz fizikçilerin atom altı parçacıkları analiz etme yoluna benzer!

---

[43] *the Livermore National Laboratory*

[44] *the Matrix*

[45] *the form factor*: form faktörü (ya da biçim çarpanı). (ç.n.)

UZAK GELECEK (2070'ten 2100'e)

Kapitalizmin Etkilenmesi

Bu kitapta tartışmakta olduğumuz yeni teknolojiler o kadar güçlüdürler ki, yüzyılın sonuna gelene kadar, kapitalizmin kendisi üzerinde mutlaka büyük etkileri olacaktır. Arz ve talep yasaları aynı, ama bilim ve teknolojinin yükselişi Adam Smith'in[46] kapitalizmini, malların dağıtım yollarından sermayenin kendi doğasına kadar, birçok yönden değiştirdi. Kapitalizmin en çok etkilenen yönlerinden bazıları şunlardır:

- **Kusursuz kapitalizm**[47]
  Adam Smith'in kapitalizmi arz ve talep yasalarına dayanır: Herhangi bir mal için arz talebi karşıladığı zaman, fiyatlar [bir makulde] oluşur. Bir nesne az bulunuyor ve çok talep ediliyorsa fiyatı yükselir. Ancak tüketici ve üretici, yalnızca kısmi, eksik bir arz ve talep anlayışına sahiptir ve bu nedenle fiyatlar bölgeden bölgeye büyük ölçüde değişebilir. Yani, Adam Smith'in kapitalizmi kusurluydu.[48] Ama bu, gelecekte yavaş yavaş değişecek.

  "Kusursuz kapitalizm" üretici ve tüketici, piyasa hakkında sonsuz bir bilgiye sahip olduğunda ve böylece fiyatlar kusursuz bir biçimde belirlendiğinde görülendir. Örneğin, gelecekte, tüketiciler kontakt lensleri yoluyla interneti tarayacaklar ve karşılaştırmalı fiyatlar ve performanslar hakkında sonsuz bilgiye sahip olacaklar. Halihazırda, interneti en uygun uçak biletini bulmak için tarayabiliyoruz. Bu, en sonunda Dünya'da satılan tüm ürünler için geçerli olacak. Gözlükleri, duvar ekranları ya da cep telefonları aracılığıyla, tüketiciler bir ürün hakkında her şeyi bilecekler. Örneğin, bir bakkal dükkânının

---

[46] *Adam Smith (1723-1790)*: modern ekonominin babası, İskoçyalı bir ahlak/etik filozofu; özellikle *The Wealth of Nations* (*Ulusların Zenginliği*) adlı çalışmasıyla tanınır. (ç.n.)

[47] *perfect capitalism*

[48] *imperfect*

içine girecek, ekrandaki birçok ürünü tarayacaksınız ve kontakt lensinizdeki internet aracılığıyla, ürünün kelepir olup olmadığını hemen anlayacaksınız. Avantaj tüketicilere geçecek; çünkü bir ürün hakkında her şeyi -geçmiş tarihini, performans kayıtlarını, diğerlerine göre fiyatını, kuvvetli olduğu taraflarını ve yükümlülüklerini- bilecekler.

Üretici de, tüketicinin isteklerini ve ihtiyaçlarını anlamak için veri madenciliğini[49] kullanmak ve ürün fiyatları için interneti taramak gibi gizli kozlara sahip olacak. Bu fiyatların belirlenmesindeki varsayımların çoğunu ortadan kaldıracak. Ancak avantaja sahip olan taraf genellikle tüketici olacak; çünkü herhangi bir ürün hakkında karşılaştırmalı bilgiye anında ulaşacak ve en ucuz fiyatı talep edecek. Üreticinin, tüketicinin sürekli değişen taleplerine tepki vermesi gerekecek.

- **Seri üretim *ve* müşteri odaklı seri üretim**
  Mevcut sistemde, ürünler seri üretim[50] ile oluşturulur., Henry Ford bir keresinde, siyah olduğu sürece tüketicilerin her renkte Model T [bir araba] alabileceğini söylemişti. Seri üretim fiyatları çarpıcı bir şekilde düşürmüştü, esnaf birliklerinin ve el yapımı malların o eski verimsiz sisteminin yerini almıştı. Bilgisayar devrimi bütün bunları değiştirecek.

  Bugün, bir müşteri mükemmel bir stil ve renkte, fakat yanlış ölçülerde bir elbise görürse bir alışveriş olmaz. Gelecekte, hassas üç boyutlu ölçülerimiz kredi kartımızda ya da cüzdanımızda saklanacak. Bir elbise ya da başka bir giysi yanlış ölçülerde ise ölçülerinizi fabrikaya e-posta ile gönderecek, hemen uygun ölçülerde bir tane ürettireceksiniz. Gelecekte, her şey [bize] uyacak.

  Yalnızca tek bir tüketici için yeni bir ürün yaratmak çok pahalı olduğu için, müşteri odaklı seri üretim[51] bugün pratik değildir. Ancak herkes, fabrikalar da dahil

---

[49] *data mining*
[50] *mass production*
[51] *mass customisation*

olmak üzere, internete bağlı olduğunda, ısmarlama ürünler, seri olarak üretilenlerle aynı fiyata imal edilebilirler.

- **Bir kamu hizmeti olarak kitlesel teknoloji**[52]
  Teknolojiler, elektrik ve şebeke suyu gibi yaygınlaştıklarında, en sonunda kamu hizmeti olacaklar. Kapitalizmin fiyatları aşağı çekmesi ve rekabeti arttırmasıyla, bu teknolojiler birer kamu hizmeti gibi satılacaklar, yani, nereden geldiklerini önemsemeyeceğiz ve yalnızca onları [kullanmak] istediğimiz zaman ödeme yapacağız. Aynı şey bilgisayar için de geçerlidir. Birçok bilgisayar faaliyeti için, çok büyük ölçüde internete dayalı olan "bulut bilişim"[53] giderek popülerlik kazanacak. Bulut bilişim, bilgisayar faaliyetlerini, ihtiyacımız olduğunda ödeyeceğimiz, ihtiyacımız olmadığında aklımıza getirmeyeceğimiz, bir kamu hizmetine indirgeyecek.

  Bu, çoğumuzun bir masaüstü ya da dizüstü bilgisayarda kendi yazımızı yazdığımız, metnimizi şekillendirdiğimiz ya da çizimimizi yaptığımız ve bir bilgiye ulaşmak istediğimizde internete bağlandığımız, bugünkü durumdan farklıdır. Gelecekte, bilgisayarı, aşama aşama, tamamen kullanımdan kaldıracağız ve tüm bilgilerimize doğrudan internet üzerinden erişeceğiz ve bunun için harcadığımız zaman kadar faturalandırılacağız. Yani, bilgisayar hizmeti, su ve elektrik gibi ölçülen bir kamu hizmetine dönüşecek. Bizler, beyaz eşya, mobilya, giysi gibi eşyalarımızın akıllı olacağı ve özel hizmetlere ihtiyacımız olduğunda onlarla iletişim kuracağımız bir dünyada yaşayacağız. İnternet ekranları her yerde gizlenmiş olacak, klavye ihtiyaç duyduğumuzda ortaya çıkacak. İşlev biçim değiştirecek ve ironik bir şekilde, bilgisayar devrimi, en sonunda bilgisayarı bulutların içinde görünmez kılacak.

- **Müşteriyi hedeflemek**
  Şirketler tarih boyunca sık sık gazetelere, radyolara, televizyonlara ve benzerlerine reklam verdiler, sms reklam-

---

[52] *mass technology*
[53] *cloud computing*

ların etkileri hakkında en ufak bir fikirleri yoktu. Reklam kampanyalarının etkili olup olmadığını, yalnızca satışlardaki artışlara bakarak anlamaya çalıştılar. Gelecekte, şirketler neredeyse her an kaç kişinin ürünlerini indirdiğini ya da izlediğini bilecekler. Örneğin, bir internet radyo sitesinde röportaj verdiyseniz, tam olarak kaç kişinin dinlediğini belirlemek mümkündür. Bu, şirketlerin, hedef kitlesini kendilerinin kişiye özel tasarımlarına yönlendirmelerini sağlayacak.

(Ancak bu, başka bir sorunu ortaya çıkarıyor: Geleceğin büyük tartışmalarından biri olacak, çok hassas mahremiyet sorununu. Geçmişte, bilgisayarın Büyük Birader'i[54] mümkün kılacağı endişeleri vardı. George Orwell'in *1984* adlı romanında, totaliter bir rejim dünyaya egemen olur, cehennem gibi bir geleceğin önü açılır, casuslar her yerdedir, tüm özgürlükler baskılanır ve yaşam sonsuz bir aşağılanma halini alır. Bir noktada, internet her yanı kuşatan bir casusluk makinesi haline gelmiş olabilir. Bununla birlikte, Sovyet bloğunun 1989'da dağılmasından sonra, Ulusal Bilim Kurumu,[55] interneti, sonuç itibariyle, öncelikli bir askeri araç olmaktan çıkartıp, üniversiteler ve hatta ticari oluşumlar arasında bir ağa dönüştürdü, geliştirdi; bu da 1990'lardaki internet patlamasına neden oldu. Bugün, Büyük Birader mümkün değildir. Asıl problem "küçük birader[56]"dir, yani, meraklı işgüzarlar, adi suçlular, magazin gazeteleri ve hatta kişisel tercihlerimizi öğrenmek için veri madenciliğini kullanan şirketler. Bu, bir sonraki bölümde tartışacağımız gibi, ortadan kalkmayacak ama zamanla evrilecek bir sorundur. Büyük olasılıkla, gizliliğimizi korumak için programları yaratan yazılım geliştiricileriyle bunları kırmak için program yaratanlar arasında sonu gelmez bir kedifare oyunu olacak.)

---

[54] *Big Brother.* George Orwell'in *1984* adlı romanında geçen *Büyük Birader seni izliyor! (Big Brother is watching you!)* deyişi çok meşhurdur. (ç.n.)

[55] *the National Science Foundation*

[56] *little brother*

Ticari Mal Kapitalizminden[57] Entelektüel Kapitalizme[58]

Şimdiye kadar, yalnızca teknolojinin kapitalizmin faaliyet yollarını nasıl değiştirdiğini sorguladık. Ancak, yarattığı tüm bu hengâmeyle, ileri teknolojideki gelişmelerin kapitalizmin kendi doğası üzerinde ne gibi etkileri olacak? Bu devrimin yaratmakta olduğu tüm bu kargaşa tek bir kavramla özetlenebilir: Emtia[59] kapitalizminden entelektüel kapitalizme geçiş.

Adam Smith'in zamanında, sermaye mal/emtia ile ölçülürdü. Emtia fiyatları dalgalanır, ama emtia fiyatları, ortalama olarak, son 150 yıldır sürekli düşüyor. Bugün, 100 yıl önce İngiltere kralının yapamadığı kahvaltıyı yaptınız. Dünyanın dört bir yanından gelen egzotik lezzetler artık rutin olarak süpermarketlerde satılıyor. Emtia fiyatlarının düşmesi, daha iyi seri üretim, konteynırlarla taşıma, nakliye, iletişim ve rekabet gibi çeşitli faktörler nedeniyledir. (Örneğin, bugünün lise öğrencileri, Kolomb'un, Doğu'nun baharatlarına daha kısa bir ticaret yolu bulmak için hayatını neden riske attığını anlamakta zorlanıyorlar. "Neden bir süpermarkete gidip biraz kekik otu almadı?" diye soruyorlar. Ancak, Kolomb'un zamanında baharat ve otlar son derece pahalıydı. Baharatlar değerliydi, çürüyen gıdaların [kötü] tadını maskeliyorlardı; çünkü o günlerde hiç buzdolabı yoktu. Zaman zaman, krallar ve imparatorlar bile akşam yemeğinde çürümüş yiyecek yemek zorunda kalıyorlardı. Okyanus ötesinden baharat taşımak için hiçbir soğutmalı araç, konteynır, ya da gemi yoktu.) Her ne kadar bugün iki üç liraya satılılıyor olsalar da, bu ürünler o kadar değerliydiler ki, Kolomb onlara ulaşmak için hayatıyla kumar oynamıştı.

Emtia kapitalizminin yerini alan entelektüel kapitalizmdir. Entelektüel sermaye, robotların ve yapay zekâ'nın[60] henüz tam olarak sağlayamadığı, şekil/örgü tanımayı[61] ve ortak aklı[62] (ya da sağduyuyu) içerir.

---

[57] *commodity capitalism*
[58] *intellectual capitalism*
[59] *commodity*: emtia, eşya, mal, ürün, alınan satılan şey, ticari mal. (ç.n.)
[60] *artificial intelligence*
[61] *pattern recognition*
[62] *common sense*

MIT[63] ekonomisti Lester Thurow'un dediği gibi, "Bugün, bilgi ve beceri, tek başlarına karşılaştırmalı üstünlüğün yegâne kaynağıdır. ... Silikon Vadisi[64] ve Route 128[65] oradadırlar; çünkü beyin gücünün olduğu yerlerdir. Beyin gücünden başka da bir şeyleri yoktur."

Bu tarihî geçiş kapitalizmin temelini neden sarsıyor? Oldukça basit bir biçimde söylersek, insan beyni seri olarak üretilemez. Her türlü ticari mal seri olarak üretilebilir ve tonlarca satılabilir, insan beyni seri olarak üretilemez ve satılamaz; bu, ortak aklın/sağduyunun geleceğin para birimi olacağı anlamına gelir. Emtialardan farklı olarak, entelektüel sermaye oluşturmak için bir insanı beslemek, yetiştirmek ve eğitmek zorundasınız; bu, onlarca yıllık bireysel çaba gerektirir.

Thurow şöyle der: "Diğer her şeyin rekabet denkleminden çıkmasıyla, bilgi, uzun vadede sürdürülebilir rekabet üstünlüğünün yegâne kaynağı haline gelmiştir."

Örneğin, yazılım giderek donanımdan daha önemli hale gelecek. Bilgisayar çiplerinin fiyatları düşmeye devam edecek, kamyon dolusu satılacaklar, fakat bir yazılımın, bir sandalyede sessizce oturan, kalem ve kâğıt ile çalışan bir insan tarafından, eski usulde oluşturulması gerekir. Örneğin, değerli planlarınızı, taslaklarınızı ve verilerinizi içeren dizüstünüzde kayıtlı olan dosyalar yüzlerce bin dolar değerinde olabilir, ama bilgisayarın kendisi yalnızca birkaç yüz dolar değerindedir. Yazılım elbette kolayca kopyalanabilir ve seri olarak üretilebilir, ancak yeni bir yazılım bu şekilde oluşturulamaz. Yazılım, insan düşüncesine ihtiyaç duyar.

İngiliz ekonomist Hamish McRae'ye göre, "İngiltere 1991'de görünmez ihraçlardan (hizmetlerden) görünür olanlara göre daha fazla kazanan ilk ülke oldu."

---

[63] *the Massachusetts Institute of Technology*

[64] *Silicon Valley*

[65] *Route 128*, 128 no'lu yol: Birleşik Devletler'de, Boston ile Massachusetts arasındaki yol; 1960'lardan 1990'a kadar ileri teknoloji ürünleri bu yol etrafındaki şirketlerce üretildiğinden, bu yol, aynen Silikon Vadisi gibi, çok meşhurdur. (ç.n.)

Amerika Birleşik Devletleri ekonomisinin imalattan gelen payı onlarca yılda çarpıcı şekilde azalırken, (Hollywood filmleri, müzik endüstrisi, video oyunları, bilgisayarlar ve telekomünikasyon gibi) entelektüel kapitalizm içeren sektör hızla yükselmiştir. Emtia kapitalizminden entelektüel kapitalizme olan bu değişim, kademeli olarak gerçekleşti, geçen yüzyıl başladı ama her on yılda bir ivmelendi. MIT ekonomisti Thurow "Genel enflasyon etkisi düzeltildikten sonra, 1970'lerin ortalarından 1990'ların ortalarına kadar, doğal kaynak fiyatları neredeyse %60 düştü." diye yazar.

Bazı ülkeler bunu anlar. Savaş sonrası dönemdeki Japonya'dan alınan dersi düşünün. Japonya'nın hiçbir büyük doğal kaynağı yoktur, ama ekonomisi dünyanın en büyükleri arasındadır. Japonya'nın bugünkü zenginliği, kendi halkının çalışkanlığının ve birliğinin bir kanıtıdır, ayakları altındaki zenginliğin değil.

Ne yazık ki, birçok ülke bu temel gerçeği kavrayamıyor ve gelecek için vatandaşlarını hazırlamıyor, bunun yerine, daha çok elindeki ticari mallara güveniyor. Bu, doğal kaynaklar bakımından zengin olan ve bu ilkeyi anlamayan ülkelerin gelecekte yoksulluğa sürüklenebileceği anlamına geliyor.

Dijital Ayrışma

Bazı sesler, "dijital zengin" ve "dijital yoksul" arasında, yani bilgisayar gücüne erişimi olan ve olmayanlar arasında, gittikçe genişleyecek bir uçurum oluşacağını belirterek, bilgi devrimini yeriyorlar. Bu devrimin toplumdaki fay hattını genişleteceğini, toplumun dokusunu parçalayabilecek yeni zenginlik ve eşitsizlik dengesizliklerine yol açacağını iddia ediyorlar.

Ama bu, gerçek problemin cüzi bir görüntüsüdür yalnızca. Her on sekiz ayda iki katına çıkan bilgisayar gücüyle, fakir çocuklar bile bilgisayarlara ulaşabiliyorlar. Akran baskısı ve ucuz fiyatlar, yoksul çocuklar arasında bilgisayar ve internet kullanımını arttırdı. Bir deneyde, her sınıfa bir dizüstü bilgisayar satın alınması için ödenek verildi. Tüm iyi niyetlere karşın, program geniş ölçüde bir başarısızlık olarak görüldü. İlk olarak, di-

züstü bilgisayar genellikle sınıfın bir köşesinde kullanılmadan durdu; çünkü öğretmen çoğunlukla onu nasıl kullanacağını bilmiyordu. İkinci olarak, öğrencilerin çoğu zaten arkadaşları ile çevrim içiydi, sınıftaki dizüstü bilgisayarı umursamadılar.

Sorun [bilgisayar gücüne] erişim değildir. Asıl sorun mesleklerdir. İş piyasası tarihî bir değişim geçirmekte; gelecekte başarılı olacak ülkeler bu değişimi fırsat bilip ondan yararlanacak olanlardır.

Gelişmekte olan ülkeler için uygun bir strateji, sağlam bir temel oluşturmak için [ticari] ürünleri kullanmak ve sonra bu temeli entelektüel kapitalizme geçiş yapmak için bir basamak olarak kullanmak olabilir. Örnek olarak, Çin başarılı bir şekilde bu iki aşamalı süreci benimsemiştir: Çinliler dünya pazarı için mal üreten binlerce fabrikalar inşa ediyorlar, ama entelektüel kapitalizm üzerine kurulu bir hizmet sektörü oluşturmak için elde ettikleri kârı kullanıyorlar. Amerika Birleşik Devletleri'nde, fizikteki doktora öğrencilerinin %50'si yabancı uyrukludur (bunun nedeni, büyük ölçüde, Amerika Birleşik Devletleri'nin kendi içinden yeterince nitelikli öğrenci üretmemesidir). Bu yabancı uyruklu doktora öğrencilerinin çoğu Çin'den ve Hindistan'dan gelmektedir. Bu öğrencilerin bir kısmı, tamamen yeni sanayiler oluşturmak için kendi ülkelerine dönmüşlerdir.

Başlangıç Düzeyindeki İşler

[Emtia kapitalizminden entelektüel kapitalizme] geçişin kurbanlarından biri başlangıç seviyesindeki işler olacak. Her asır, ekonomide ve insanların yaşamlarında yürek parçalayıcı yerinden etmelere yol açan, yeni teknolojilere sahne oldu. Örneğin, 1850'de Amerikan iş gücünün %65'i çiftliklerde çalışıyordu. (Bugün, yalnızca %2,4'ü çalışır.) Aynı şey bu yüzyılda da geçerli olacak.

1800'lü yıllarda, yeni göçmen dalgaları Amerika Birleşik Devletleri'ne sel gibi aktı; çünkü ekonomisi yeni gelenleri hazmetmeye yetecek bir hızla büyüyordu. New York'ta, örneğin, göçmenler hazır giyim sektöründe ya da hafif ölçekli üretimlerde iş bulabiliyorlardı. Eğitim düzeyi ne olursa olsun, dürüstçe iş yapmak isteyen herhangi bir gündelikçi işçi, gittikçe bü-

yüyen bir ekonomide yapacak bir şeyler bulabiliyordu. Bu, Avrupa'nın gettolarından ve yoksul kenar mahallelerinden aldığı göçmenleri Amerika'nın gelişen orta sınıfı içine sokan bir taşıma bandı gibiydi.

Ekonomist James Grant, "Ellerin ve zihinlerin, tarladan fabrikaya, ofise ve sınıfa uzanan bu sürekli göçü, kesinlikle bir verimlilik artışına işaret eder. ... Teknolojik ilerleme modern ekonominin muhafazasıdır. Üstelik, son 200 yılın çoğunda hep böyle oldu." demişti.

Bugün, başlangıç düzeyindeki işlerin çoğu kalmadı. Dahası, ekonominin doğası değişti. Başlangıç seviyesindeki işlerin çoğu, ucuz işgücü arayan şirketler tarafından yurtdışına [Amerika Birleşik Devletleri dışına] gönderildi. Fabrikalardaki eski imalat işleri uzun zaman önce kayboldu.

Ama bunda çok miktarda ironi var. Birçok insan yıllarca kayırma ya da ayrımcılığın olmadığı, herkese eşit fırsatın verildiği bir düzeni talep etti. Ancak, [fabrikadaki] işler bir düğmeye basarak dışarıya yollanabiliyorsa eşit koşullar şu anda Çin'e ve Hindistan'a kadar ulaşmış olmalı. Böylece, orta sınıfın taşıma bandı olarak kullandığı başlangıç seviyesindeki işler, şimdi başka yerlere yollanıyorlar. Bu, okyanus ötesinde çalışan işçiler için iyi; çünkü eşit koşullardan yararlanabilirler, fakat Amerika Birleşik Devletleri'nin iç taraflarındaki şehirlerin boşalmasına neden olabilir.

Tüketici de bundan yararlanır. Eğer küresel bir rekabet varsa ürünler ve hizmetler daha ucuz, bunların üretim ve dağıtımları daha verimli olur. Eski işletmeleri ve yüksek ödeme yapılan işleri desteklemeye çalışmak, halinden memnun bir kayıtsızlık, israf ve verimsizlik yaratır. Başarısız endüstrileri sübvanse etmek yalnızca kaçınılmazı uzatır, çöküşün acısını geciktirir ve gerçekte her şeyi daha kötü hale getirir.

Başka bir ironi daha var. Birçok yüksek ücretli, yetenek isteyen hizmet sektörü işi, nitelikli adayların eksikliği nedeniyle boş kalmıştır. Eğitim sistemi çoğu zaman yeterince kalifiye eleman üretmez, bu nedenle şirketler az eğitimli bir işgücü ile başa çıkmak zorundadırlar. Şirketler, eğitim sisteminin genellikle ortaya çıkartamadığı vasıflı işçiler için yalvarırlar. Kriz

içindeki bir ekonomide bile, vasıflı çalışanlar tarafından boş bırakılmış işler vardır.

Ama bir şey açıktır. Sanayi sonrası bir ekonomide,[66] eski mavi yakalıların yapacağı fabrika işlerinin çoğu sonsuza dek yok oldular. Yıllar boyu, zamanın geri çevrilemeyeceğini anlayana kadar, ekonomistler Amerika'nın "yeniden sanayileşmesi" fikrini kurcaladılar. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa onlarca yıl önce, büyük çaptaki sanayi ekonomisinden servis ekonomisine geçiş yaptı ve bu tarihî değişim geri döndürülemez. Sanayileşmenin altın çağı geçti, hem de sonsuza kadar.

Bunun yerine, entelektüel kapitalizmi en üst düzeye çıkartacak sektörlere yeniden yön vermek ve tekrar yatırım yapmak için çaba sarfedilmelidir. Bu, hükümetlerin yirmi birinci yüzyıldaki en zor görevlerinden biri olacak; çünkü bunun hızlı ve kolay bir çözümü yok. Bu görev, bir taraftan eğitim sisteminin büyük bir revizyonu anlamına gelir, böylece çalışanlar tekrar eğitilebilirler ve ayrıca böylece lise öğrencileri işsizlik ordusuna katılmak için mezun olmazlar. Entelektüel kapitalizm yalnızca yazılım programcıları ve bilim insanları için iş anlamına gelmez; yaratıcılık, sanatsal yetenek, yenilikçilik, liderlik ve analiz -yani sağduyu/ortak akıl- içeren faaliyetlerin geniş bir yelpazesi için iş anlamına gelir. Yirmi birinci yüzyılın zorluklarını karşılamak için işgücünün eğitilmesi gerekir; zorluklardan kaçmamak gerekir. Bilim müfredatı özellikle yenilenmeli ve öğretmenler, geleceğin teknoloji toplumuna uyumlarının sağlanması için, yeniden eğitilmelidir. (Amerika'da şu eski deyişin olması üzücüdür: "Yapabilen, yapar. Yapamayan, öğretir.")

MIT ekonomisti Lester Thurow şöyle demişti: "Başarı ya da başarısızlık, bir ülkenin, geleceğin insan-yapısı beyin-gücüne dayanan endüstrilerine başarılı bir geçiş yapıyor olup olmadığına bağlıdır - belirli bir sektörün büyüklüğüne değil."

Bu, teknolojik yeniliklerden yeni sanayiler ve yeni sermaye oluşumu yaratacak yenilikçi girişimcilerin yeni bir dalgası demektir. Bu insanların enerji ve şevklerinin önündeki engellerin

---

[66] *postindustrial economy*

kaldırılması gerekir. Onların piyasalara yeni bir liderlik enjekte etmelerine izin verilmelidir.

Kazananlar ve Kaybedenler: Uluslar

Ne yazık ki, pek çok ülke bu yolu izlemiyor, bunun yerine yalnızca ticari mal kapitalizmine bel bağlıyor. Ancak bu malların fiyatları, ortalama olarak son 150 yıldır düştüğünden, en sonunda, tüm dünya onları geçerken, onların ekonomileri zamanla küçülecek.

Bu süreç kaçınılmaz değildir. Bütün nüfuslarının açlık sınırında olduğu, şehirlerinin harabeye döndüğü ve hükümetlerinin çökmüş olduğu, 1945'teki Almanya ve Japonya örneklerine bakın. Yalnızca bir kuşaklık zaman içinde, dünya ekonomisinin önünde yürümeyi başardılar. Yüzde 8 ila 10'luk dörtnala bir büyüme oranıyla 500 yıllık ekonomik inişi geri çeviren bugünkü Çin'e bir bakın. Bir zamanlar herkesin "Asya'nın hasta adamı" olarak alay ettiği bu ülke, bir diğer kuşak içinde gelişmiş ülkeler içine katılacaktır.

Bu üç toplumu diğerlerinden ayıran şey, her birinin ülke olarak bir bütün olması, çalışkan vatandaşlara sahip olmaları ve dünyanın satın almak için yarıştığı ürünleri yapıyor olmalarıdır. Bu ülkeler eğitime, ülkelerini ve insanlarını bir tutmaya ve ekonomik kalkınmaya önem verdiler.

İngiliz ekonomist ve gazeteci McRae'nin de yazdığı gibi, "Büyümenin eski motorları -toprak, sermaye ve doğal kaynaklar- artık çok da önemli değiller. Toprak az bir öneme sahiptir; çünkü tarımda rekoltenin artması endüstriyel dünyada ihtiyaçtan çok daha fazla gıda üretmeyi mümkün hale getirdi. Sermaye artık çok bir önem taşımaz çünkü, az bir maliyetle, gelir getirici projeler için uluslararası piyasalardan neredeyse sonsuz miktarda sermaye temin edilebilir. ... Geleneksel olarak ülkeleri zengin yapmış, bu nicel/rakamsal varlıkların yerini, orada yaşayan insanların kalitesine, organizasyonuna, motivasyonuna ve iç disiplinine indirgenmiş bir dizi nitel özellikler alıyor. Üretimde, özel sektör hizmetlerinde ve kamu sektöründe, insanların beceri düzeylerinin giderek daha önemli hale geliyor olması, bu tespitleri doğrulamaktadır."

Ancak, her ulus bu yolu takip etmiyor. Bazı ülkeler beceriksiz liderler tarafından yönetiliyor, kültürel ve etnik olarak parçalanıyor, yönetim bozukluğu yaşıyor ve dünyadaki diğer ülkelerin istediği ürünleri ortaya koyamıyorlar. Eğitime yatırım yapmak yerine, kendi insanlarını korkutmak ve ayrıcalıklarını korumak için büyük ordular ve silahlara yatırım yapıyorlar. Kendi ülkelerinin sanayileşmesini hızlandırmak için altyapıya yatırım yapmıyorlar; yolsuzluğa batmış bir biçimde, kendilerini iktidarda tutmaya çalışıyorlar; iktidarları kişilerin bireysel üstünlüğüne ve liyakate[67] değil, siyasal yozlaşmanın egemen olduğu bir düzene dayanıyor.[68]

Ne yazık ki, bu yozlaşmış hükümetler Batı tarafından sağlanan yardımların çoğunu, ne kadar az olursa olsun, çarçur ediyorlar. İki fütürist Alvin ve Heidi Toffler, 1950 ile 2000 arasında, 1 trilyon dolardan daha fazla yardımın zengin ülkelerce fakir ülkelere verildiğine dikkat çekiyor ve ekliyorlar: "Dünya Bankası, yaklaşık 2,8 milyar insanın –neredeyse gezegen nüfusunun yarısı– hâlâ günlük dört liraya eşdeğer ya da daha az, bir gelirle geçindiğini söylüyor. Bunlardan 1,1 milyarı ise günlük iki liradan da az bir gelirle, en dip noktada, mutlak yoksulluk içinde hayatta kalmaya çalışıyorlar."

Elbette, gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeleri içinde oldukları kötü durumdan kurtarmak için onları destekler gibi görünmek yerine daha fazlasını yapabilirler. Yine de her şeye karşın, gelişme için temel sorumluluk, gelişmekte olan ülkelerin kendi içlerindeki bilge ileri gelenlerce üstlenilmelidir. Bu, şu eski söyleme kadar gider: "Bana bir balık verirsen, bir günlük yiyeceğim olur. Bana balık tutmasını öğretirsen, bir ömür boyu yiyeceğim olur." Yani, gelişmekte olan ülkelere yalnızca maddi yardımda bulunmak yerine, asıl önem eğitime verilmeli, yeni sanayiler geliştirmelerine yardımcı olunmalıdır; böylece kendi kendilerine yeterli olabileceklerdir.

---

[67] *kleptocracy*
[68] *meritocracy*

Bilimden Faydalanmak

Gelişmekte olan ülkelerin bilgi devriminden yararlanmaları mümkün olabilir. Prensipte, gelişmiş ülkeleri birçok alanda sıçrayıp geçebilirler. Gelişmiş dünyada, telefon şirketleri büyük maliyetlerle her evi ve çiftliği kablolarla, meşakkatli bir süreç dahilinde, ana şebekeye bağlamak zorundaydılar. Ancak, cep telefonu teknolojisi herhangi bir yol ya da altyapı gerektirmeden kırsal alanlara ulaşabildiğinden, gelişmekte olan bir ulus ülkesini kablolarla donatmak zorunda değildir.

Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin eskiyen bir altyapıyı yeniden inşa etmek zorunda olmama avantajları da var. Örneğin, New York ve Londra'nın metro sistemleri bir asırdan daha eskidirler ve ciddi ölçekli onarımlara ihtiyaçları vardır. Günümüzde bu harap sistemlerin yenilenmesi, orijinal sistemin kendisini inşa etmekten çok daha fazlasına mal olur. Gelişmekte olan bir ülke, metal sanayisinde, inşaat tekniklerinde ve teknolojide görülen büyük ilerlemelerden faydalanarak, en son teknolojiyle, ışıl ışıl yeni bir metro sistemi yaratma kararı alabilir. Son teknolojiyle yapılacak bir metro sistemi, bir yüzyıl önceki sisteme göre çok daha az maliyetli olabilir.

Örneğin, Çin bir şehri daha temelden bina ederken, Batı'da yapılan tüm hatalardan yararlanabildi. Sonuçta, Pekin ve Şanghay, Batı'daki büyük bir şehir bina edilirken yapılan toplam maliyetin çok az bir kısmıyla inşa edilmekteler. Pekin bugün, Batı'da yaratılmış olan tüm bilgisayar teknolojisinden yararlanarak, çok büyük bir hızla artan kentsel nüfusa hizmet etmek için, dünyanın en büyük, en modern metro sistemlerinden birini inşa ediyor.

İnternet, gelişmekte olan ülkeler için geleceğe kestirme bir yoldan ulaşmanın, Batı'da yapılan hatalara düşmeden, özellikle bilimde ilerlemenin bir diğer yoludur. Daha önce, gelişmekte olan ülkelerdeki bilim insanları ilkel bir posta sistemine güvenmek zorundalardı; bilimsel dergiler genellikle yayınlanmasından aylar sonra, bazen bir yıl sonra ulaşırdı, tabii hiç ulaşmama olasılığı da vardı. Bu dergiler pahalıydı ve her biri yalnızca belirli bir alanda yayın yapıyordu, dolayısıyla yalnızca büyük kütüphaneler bunlara para yetirip alabiliyorlardı. Ba-

tı'dan bir bilim insanı ile işbirliği yapmak neredeyse olanaksızdı. Ünlü bir bilim insanının altında çalışmak amacıyla Batılı bir üniversitede bir pozisyon elde etmek için ya kendiniz başlı başına zengin olmalıydınız, ya da son derece iddialı olmak zorundaydınız. Şimdi sıradan bir bilim insanının, bilimsel makaleleri internete konulduktan saliseler sonra, dünyanın hemen her yerinden, ücretsiz olarak elde etmesi mümkündür. Hatta, internet üzerinden, daha önce hiç karşılaşmadığınız Batı'daki bilim insanlarıyla işbirliği yapmanız da mümkündür.

Gelecek Herkese Açıktır

Gelecek ardına kadar açıktır. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, Silikon Çağı[69] sona ererken ve meşale bir sonraki yenilikçinin eline geçerken, Silikon Vadisi[70] önümüzdeki onyıllarda bir sonraki Pas Kuşağı[71] haline gelebilir. Gelecekte hangi ülkeler öncülük edecek? Soğuk Savaş günlerinde, süper güçler, ellerindeki askeri gücü dünyayı istedikleri gibi yönlendirmek için kullanan ülkelerdi. Fakat Sovyetler Birliği'nin dağılmasının da açıkça gösterdiği gibi, kendi ekonomilerini bina edebilen ülkeler, gelecekte zirveye yükselecekler; bu ise bilim ve teknolojinin geliştirilmesine ve desteklenmesine bağlıdır.

Peki yarının liderleri kimler? Bu gerçeği gerçekten kavrayan ülkeler. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri, öğrencilerinin fen ve matematik gibi temel konular söz konusu olduğu zaman genellikle sıralamanın en sonunda olmaları gerçeğine karşın, bilim ve teknolojideki egemenliğini sürdürüyor. Örnek vermek gerekirse 1991'deki yeterlilik sınavı sonuçları, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki on üç-yaş öğrencilerinin, her iki kategoride on sekizinci sırayı alan Ürdün öğrencilerinin hemen üstünde, matematikte on beşinci, fizikte on dördüncü sırada yer aldıklarını gösterdi. O zamandan beri tekrarlanan sınavlar, her yıl bu iç karartıcı sıraları teyit etmeye devam ediyor. (Bu sıralamaların,

---

[69] *the Silicon Age*

[70] *Silicon Valley*

[71] *the Rust Belt*: "Pas Kuşağı", Birleşik Devletler'de eski ve ağır sanayilerin bulunduğu soğuk kuzey bölgesi. (ç.n.)

kabaca öğrencilerin okulda olduğu gün sayısına karşılık geldiğini ifade etmekte yarar var. Amerika Birleşik Devletleri'nde bir yılda ortalama olarak yalnızca 178 gün okulda eğitim verilirken, bu sıralamalarda hep 1. sırada olan Çin'de yılda ortalama 251 gün okulda geçer.)

Bu korkunç sayılara karşın, Amerika Birleşik Devletleri'nin bilim ve teknolojide uluslararası düzeyde iyi gitmeye devam etmesi bir gizem gibi görünür, ta ki bilimin çoğunun Amerika Birleşik Devletleri'ne "beyin göçü" olarak yurtdışından geldiğini fark edene kadar. Amerika Birleşik Devletleri gizli bir silaha sahiptir: Dahi vizesi[72] olarak adlandırılan H1B vizesi. Eğer özel bir yeteneğe ya da kaynağa sahipseniz ya da bilimsel bilgi sahibi olduğunuzu gösterebilirseniz, sıranın önüne geçebilir ve bir H1B vizesi alabilirsiniz. Bu bilimsel gücümüzü sürekli tazeledi. Örneğin, Silikon Vadisi'nin kabaca %50'si yabancı uyrukludur, çoğu Tayvan ve Hindistan'dan gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tüm fizik doktora öğrencilerinin %50'si yabancı uyrukludur. Bu rakam benim üniversitemde, New York Şehir Üniversitesi'nde,[73] %100'e yakındır.

Bazı kongre üyeleri H1B vizesini ortadan kaldırmayı denediler; çünkü bununla Amerikalıların işlerinin ellerinden alındığını iddia ediyorlar, ancak bu vizenin oynadığı gerçek rolü anlamıyorlar. Genellikle, Silikon Vadisi'ndeki yüksek seviyeli işlerde pozisyon verilebilecek düzeyde bir Amerikalı yoktur ve sonuç olarak bu pozisyonların sık sık boş kaldığını görürüz. Bu o kadar aşikârdır ki, eski Şansölye[74] Gerhard Schröder Almanya için benzer bir H1B göçmenlik vize yasası çıkartmaya çalışmıştı; ama bu yasa yerli Almanlar'ın işlerinin ellerinden alınacağını iddia edenler tarafından engellendi. Yasa teklifini eleştirenler, yine, yüksek düzeydeki işleri yapabilecek bir Alman'ın çoğu zaman olmadığını ve bu yüzden bu pozisyonların doldurulamadığını anlayamamışlardı. H1B göçmenleri kimsenin elinden işini almaz, tamamen yeni bir sanayi yaratırlar.

---

[72] *the genius visa*

[73] *the City University of New York*

[74] *Chancellor*: Başbakan. (ç.n.)

Ama H1B vizesi yalnızca geçici bir önlemdir. Amerika Birleşik Devletleri geçimini yabancı bilim insanlarından sağlamaya devam edemez; çünkü bu insanların çoğu, ekonomileri geliştikçe, Çin'e ve Hindistan'a dönmeye başlamıştır. Sonuçta, beyin göçü sürdürülebilir değildir. Bu, Amerika Birleşik Devletleri'nin eninde sonunda kendi modası geçmiş, katılaşmış eğitim sistemini elden geçirmek zorunda kalacağı anlamına gelir. Halihazırda, kötü yetişmiş lise öğrencileri iş piyasasına ve üniversitelere akın ediyorlar, bir tıkanıklığa neden oluyorlar. İşverenler ise yeni işe aldıklarını, çalışmaya hazır hale gelsinler diye, eğitmek için bir yıl harcamak zorunda olduklarından sürekli şikâyet ederler. Üniversiteler, zayıf lise eğitim sistemini telafi etmek amacıyla, bir dizi yeni takviye edici dersler açmak zorunda kalırlar, yükleri artar.

Neyse ki, üniversitelerimiz ve işletmelerimiz en sonunda, lisedeki eğitim sisteminin neden olduğu hasarın tamiratını alkışı hakedecek bir özveriyle yaparlar, ama yine de bu, zaman ve yetenek israfıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nin gelecekte rekabet gücünü koruyabilmesi için, ilk ve orta öğretim sistemlerinde köklü değişiklikler yapılması gerekir.

Adil olmak gerekirse Amerika Birleşik Devletleri'nin yine de önemli avantajları var. Ben bir defasında New York'taki Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nde[75] bir kokteyl partisindeydim ve orada Belçika'lı bir biyoteknoloji girişimcisiyle karşılaştım. Belçika'nın kendine ait güçlü bir biyoteknoloji endüstrisi varken, ona neden ayrıldığını sordum. Avrupa'da çoğunlukla ikinci bir şans elde edemeyeceğinizi söyledi. İnsanlar sizin ve ailenizin kim olduğunu bildiklerinden, bir hata yapmanız halinde, anında üzeriniz çizilebilir. Hatalarınız sizi her yerde takip eder. Ancak, Amerika Birleşik Devletleri'nde, kendinizi her zaman yeniden oluşturabileceğinizi söyledi. Burada insanlar atalarınızın kim olduğunu önemsemezler. Yalnızca bugün, şu an onlar için ne yapabileceğinizi önemserler. Bunun iç ferahlatıcı olduğunu ve diğer Avrupalı bilim insanlarının Amerika Birleşik Devletleri'ne yerleşmelerinin bir diğer nedeni olduğunu söyledi.

---

[75] *the American Museum of Natural History*

Singapur Dersi

Batı'da "Ağlamayan çocuğa meme vermezler." diye bir deyim vardır. Fakat Doğu'da da "Meyve veren ağaç taşlanır."[76] derler. Bu iki ifade taban tabana birbirine zıttır ama Batı ve Doğu düşüncelerinin bazı temel özelliklerini içlerinde barındırırlar.

Asya'daki öğrencilerin genellikle Batı'daki emsallerinin çok ötesinde test puanları vardır. Ancak, bu bilgilerin çoğu, onları yalnızca belirli bir seviyeye çıkartacak, kitaba ve ezbere dayalı bir öğrenmeyle elde edilir. Bilim ve teknolojide yüksek seviyelere ulaşmak için, yaratıcılık, hayal gücü ve yenilik gerekir, bunları Doğu'nun eğitim sistemleri öğrenciye veremez. Sonuçta, Çin en sonunda ilk kez Batı'da yapılan ürünlerin fabrika yapımı ucuz kopyalarını üretmek söz konusu olduğunda Batı'yı yakalayabilir, ama söz konusu olan yeni ürünler ve yeni stratejiler icat etmek olunca, her zaman Batı'nın onlarca yıl gerisinde olacaktır.

Bir keresinde, 1959'dan 1990'a kadar Singapur'un başbakanı olan Lee Kuan Yew'in de konuşmacı olduğu, Suudi Arabistan'daki bir konferansta konuşmuştum. Yew, gelişmekte olan ülkeler arasında bir rock yıldızı gibiydi; çünkü şu an bilimde en iyi ülkeler arasında yer alan modern Singapur'un oluşmasında çok büyük bir emeği vardı. Doğrusunu söylemek gerekirse kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılayı hesaplarsanız, Singapur Dünya'daki beşinci zengin ulustur. İzleyiciler bu efsanevi şahsiyetten mümkün olan her sözcüğü duymak için büyük bir çaba gösteriyordu.

Yew öncelikle Singapur'un korsanlık, kaçakçılık, sarhoş denizciler ve diğer berbat faaliyetlerle tanındığı, hiçbir gelişmenin olmadığı durgun bir liman olarak görüldüğü zamanları hatırlattı. Ancak, bir grup arkadaşıyla bu küçük limanın Batı'nın rakibi olacağı günün hayalini kurmuştu. Singapur'un önemli bir doğal kaynağı yoktu, en büyük kaynağı çalışkan ve yarıkalifiye olan kendi halkıydı. Yew ve grubu muazzam bir işe girişti, bu durgun deniz ulusunu ele aldı, onu bir nesillik zaman

---

[76] bu deyimin orijinali şöyledir: "*the nail that sticks out gets hammered down*" "*başını çıkaran çivi çekiçle (geri) çakılır.*" diye çevrilebilir. (ç.n.)

içinde bilimsel bir güç haline dönüştürdü. Bu muhtemelen sosyal mühendislik tarihindeki en ilginç durumlardan biriydi.

Yew ve partisi, bilim ve eğitime özel önem vererek, ileri teknolojiye dayalı sanayilere yoğunlaşarak, tüm ülkeyi kökten dönüştürecek sistematik bir sürece girdiler. Singapur yalnızca yirmi otuz yıl içinde büyük bir yüksek eğitimli teknisyen havuzu oluşturdu; bu insanlar ülkelerinin elektronikte, kimyasal maddelerde ve biyomedikal malzemelerde, en önde gelen ihracatçılardan biri haline gelmesini mümkün kıldılar. Singapur 2006'da, bilgisayarlar için, tüm dünyanın silikon döküm-devre plakası üretiminin %10'unu gerçekleştirdi.

Yew, ulusunun modernize edilmesi süreci boyunca birçok problemle karşılaşıldığını itiraf etti. Toplumsal düzeni sağlamak için, sokakta tükürmekten (kırbaç ile cezalandırılabilir) zehir tacirliğine (ölümle cezalandırılabilir) kadar her şeyi yasaklayan, acımasız yasalar koymuşlardı. Önemli bir şeyin de farkına varmıştı. Mesleklerinin zirvesinde olan bilim insanlarının Singapur'u ziyaret etmek için istekli olduklarını, ama bunların yalnızca çok azının kalmaya devam ettiklerini görmüştü. Bunun nedenini daha sonra anlamıştı: Onları Singapur'da tutacak kültürel hoşluklar, olanaklar, tesisler ve yerler yoktu. Bu ona bir sonraki fikrini verdi: Kasıtlı olarak, modern bir ülkede bulunabilecek her şeyi (bale şirketleri, senfoni orkestraları vb.) teşvik edecekler ve böylece bu en iyi bilim insanları Singapur'a köklerini salacaklardı. Neredeyse bir gece içinde, elit bilim sınıfının Singapur'a demir atmalarını sağlamak amaçlı, yem niyetine, tüm ülke çapında kültürel organizasyonlar ve etkinlikler peyda olmuştu.

Yew, daha sonra, Singapur çocuklarının körü körüne öğretmenlerinin sözlerini tekrarladıklarını fark etmişti, basmakalıp bilgiyi zorlamıyorlar ve yeni fikirler geliştirmiyorlardı. Doğu'nun, başkalarını kopya etmekten başka bir şey yapmayan bilim insanı yetiştirdiği sürece, sonsuza kadar Batı'nın takipçisi olacağını fark etmişti. Bu nedenle eğitimde köklü bir değişime gitti: Yaratıcı öğrenciler ayrılacak ve kendi adımlarıyla hayallerini takip etmelerine izin verilecekti. Bill Gates ya da Steve Jobs gibi birinin Singapur'un boğucu eğitim sistemi tarafından daha

fark edilmeden ezileceğini fark edince, öğretmenlerden bilimsel hayalleri ile ekonomiyi yeniden canlandırabilecek geleceğin dahilerini sistematik olarak belirlemelerini istemişti.

Singapur dersi herkes için değildir; bir avuç öngörülü kimsenin kontrollü ulus oluşturma pratiği yaptığı küçük bir şehir devletidir. Hiç kimse sokakta tükürdüğü için kırbaçlanmak istemez. Yine de sistematik olarak bilgi devriminin önüne sıçramak istiyorsanız Singapur size ne yapabileceğinizi gösterir.

Gelecekteki Sorunumuz

Bir defasında, Princeton'da İleri Çalışmalar Enstitüsü'nde[77] biraz zaman geçirmiş ve Freeman Dyson ile bir öğle yemeği yemiştim. Bilimdeki uzun kariyeri hakkında anılarını anlatmaya başlamış ve rahatsız edici bir gerçekten bahsetmişti. Savaştan önce, İngiltere'de genç bir üniversite öğrencisiyken, İngiltere'nin en parlak zihinlerinin fizik ve kimya gibi zor bilimlere sırtlarını döndüklerini fark etmişti, bunu finans ve bankacılıktaki bol kazançlı kariyerler için yapıyorlardı. Bir önceki nesil elektrik ve kimya tesisleri kurarak ve yeni elektromekanik makineler icat ederek zenginlik yaratıyorlarken, yeni nesil diğer insanların paralarını okşamaktan ve yönetmekten keyif alıyordu. Bunun Britanya İmparatorluğu'nun gerilemesinin bir işareti olduğundan yakınmıştı. Dağılmak üzere olan bir bilimsel temele sahip olursa İngiltere bir dünya gücü olma statüsünü koruyamazdı.

Sonra dikkatimi çeken bir şey söylemişti.

Bunu hayatında ikinci kez görüyor olduğunu belirtmişti. Princeton'ın en parlak zihinleri artık fizik ve matematikteki zor problemlerle mücadele etmiyorlar, yatırım bankacılığı gibi kariyerlerin içine çekiliyorlardı. Yine, bunun, bir toplumun liderlerinin artık toplumlarını büyük yapan buluşları ve teknolojileri destekleyemediklerinde oluşan, bir gerilemenin işareti olabileceğini düşünmüştü.

Bu bizim gelecekteki sorunumuzdur.

---

[77] *the Institute for Advanced Study*

Şu anda hayatta olan insanlar, insanlık tarihindeki en sıra dışı olarak görülebilecek üç ya da dört yüzyılın ortasında yaşıyorlar.

—JULIAN SIMON

Bir vizyonun olmadığı yerde, insanlar helak olur.

—ÖZDEYİŞLER[1] 29:18

8
İnsanlığın Geleceği
Gezegensel Uygarlık

MİTOLOJİDE TANRILAR, sıradan ölümlülerin önemsiz sorunlarının çok üstünde, göklerin tanrısal ihtişamında yaşarlardı. Onur ve sonsuz zafer için savaşan İskandinav tanrıları Valhalla'nın[2] kutsal salonlarında ölmüş savaşçıların ruhları ile ziyafet çekerlerken, Yunan tanrıları, Olimpos Dağı'nın cennet bahçelerinde gülüp eğlenirdi. İyi de, bizim kaderimiz yüzyılın sonuna kadar tanrıların gücünü elde etmek ise uygarlığımız 2100 yılında neye benzeyecek? Tüm bu teknolojik yenilikler uygarlığımızı nereye götürüyor?

---

[1] *(Book of) Proverbs*, (*Süleyman'ın*) *Özdeyişler(i)* ya da *Meseller(i)*: Museviliğin kutsal kitabı *Tanah*'ın üçüncü ve son bölümü olan *Ketuvim*'in bir parçası. (ç.n.)

[2] İskandinav mitolojisinde, Asgard'da görkemli bir salon; "katledilmişlerin salonu" anlamına gelir; savaşta ölen kahramanlar bu salona getirilirlerdi. (ç.n.)

Burada açıklanan tüm teknolojik devrimler tek bir noktaya çıkıyor: gezegensel bir uygarlığın ortaya çıkmasına. Bu geçiş muhtemelen insanlık tarihinin en büyüğüdür. Doğrusunu söylemek gerekirse bugün yaşayan insanlar gezegen yüzeyinde yürüyen gelmiş geçmiş insanlar içinde en önemlileridir; çünkü bu hedefe mi ulaşacağız yoksa bir kaos içine mi sürükleneceğiz, bunu onlar belirleyecekler. 100.000 yıl önce Afrika'da ilk ortaya çıktığımızdan bu yana muhtemelen 5000 insan nesli Dünya yüzeyinde yürüdü, bunlar içinde, bu yüzyılda yaşayanlar bizim nihai kaderimizi belirleyecekler.

Bir doğal afet ya da felaket getiren aptalca bir eylem olmadıkça, müşterek tarihimizin bu aşamasına girmemiz kaçınılmazdır. Bunu en net şekilde enerjinin tarihini analiz ederek görebiliriz.

Uygarlıkların Sıralanması

Profesyonel tarihçiler tarihi yazarlarken, ona insan deneyiminin ve çılgınlığının merceğinden bakarlar, yani, kralların ve kraliçelerin kahramanca davranışlarından, toplumsal hareketlerin doğmaları ve tırmanmalarından ve fikirlerin yayılmalarından bakarlar tarihe. Fizikçiler, aksine, tarihe oldukça farklı bakarlar.

Fizikçiler her şeyi, hatta insanların kurdukları uygarlıkları bile, tükettikleri enerji ile sıralar. Bunu insanlık tarihine uyguladığımızda, enerjimizin binlerce yıl boyunca 1/5 beygir gücüyle sınırlı olduğunu görürüz; bu çıplak ellerimizin gücüydü. Dolayısıyla sert, kaba ve acımasız ortamlarda yiyecek bulmak için etrafı kolaçan ederek dolaşan küçük kabileler içinde göçebe hayatlar yaşadık. Çağlar boyunca kurtlardan ayırt edilemedik. Hiçbir yazılı kayıt yoktu, yalnızca ıssız kamp ateşinde kuşaktan kuşağa aktarılan hikâyeler vardı. Hayat kısa ve yabaniydi, ortalama ömür on sekiz ila yirmi arasındaydı. Tüm zenginliğiniz sırtınızda taşıyabildiklerinizden oluşurdu. Hayatınızın çoğunda açlığın içten içe kemiren o ağrısını hissederdiniz. Öldükten sonra, yaşamış olduğunuza ilişkin hiçbir iz bırakmazdınız.

Ama 10.000 yıl önce, uygarlığı harekete geçiren harikulade bir olay meydana geldi: Buz Devri sona erdi. Hâlâ anlayamadığımız nedenlerle, binlerce yıllık buzullaşma sona erdi. Bu, tarı-

mın ortaya çıkmasının ve ilerlemesinin yolunu açtı. Atlar ve öküzler kısa sürede evcilleştirildiler, enerjimizi 1 beygir gücüne arttırdılar. Artık tek bir kişi birkaç dönüm araziyi hasat etmek için enerjiye sahipti, hızla artan bir nüfusu desteklemek için yeterli enerji fazlasını da üretiyordu. Hayvanların evcilleştirilmesiyle, insanlar artık gıda için öncelikle av hayvanlarına bel bağlamıyorlardı ve ilk sabit köyler ve şehirler ormanlardan ve ovalardan yükselmeye başladı.

Tarım devriminin yarattığı aşırı zenginliği korumak ve genişletmek için yeni ve yaratıcı yöntemler geliştirildi. Bu serveti saymak için matematik ve yazı yaratıldı, ekim ve hasat zamanını takip etmek için takvimlere ihtiyaç duyuldu ve bu bolluğu takip etmek ve vergilendirmek için kâtiplere ve muhasebecilere gereksinim duyuldu. Bu aşırı zenginlik en sonunda büyük orduların, krallıkların, imparatorlukların, köleliğin ve eski uygarlıkların ortaya çıkışlarına yol açtı.

Bir sonraki devrim Sanayi Devrimi'nin[3] gelişi ile 300 yıl kadar önce gerçekleşti. Aniden, bir birey tarafından toplanan servet yalnızca ellerinin ve atının ürünü olmaktan çıktı, seri üretim ile inanılmaz servet yaratabilen makinelerin ürünü haline dönüştü.

Buhar motorları güçlü makineleri ve lokomotifleri çalıştırabiliyor böylece servet yalnızca tarlalardan değil fabrikalardan, değirmenlerden ve madenlerden yaratılabiliyordu. Dönem dönem olan kıtlıklardan kaçan, tarladaki ağır işten bıkmış köylüler şehirlere akın ettiler ve oralarda endüstriyel işçi sınıfını meydana getirdiler. Demirciler ve yük arabası yapanların yerini en sonunda otomobil işçileri aldı. İçten yanmalı motorların ortaya çıkışıyla birlikte, bir kişi şimdi yüzlerce beygir gücünü kontrol edebiliyordu. Ortalama yaşam süresi artmaya başladı, 1900 yılına kadar Amerika Birleşik Devletleri'nde kırk dokuza çıkmıştı.

Sonunda, servetin bilgiden üretildiği üçüncü dalgadayız. Artık ülkelerin zenginliği, fiber optik kablolarda tüm Dünya'yı dolaşan, sonunda Wall Street'teki[4] ve diğer finans başkentlerin-

---

[3] *the Industrial Revolution*

[4] New York'ta, dünyanın büyük finans kuruluşlarının merkezlerini barındıran sokak. (ç.n.)

deki bilgisayar ekranlarında dans eden elektronlarla ve haberleşme uydularıyla ölçülüyor. Bilim, ticaret ve eğlence ışık hızında yol alıyor, bizlere her zaman her yerde sınırsız bilgi sağlanıyor.

1., 2. ve 3. TİP UYGARLIKLAR

Enerjideki bu üstel artış, önümüzdeki yüzyıllar ve binyıllarda nasıl devam edecek? Fizikçiler uygarlıkları analiz etmeye çalıştıklarında, onları tükettikleri enerjiyi temel alarak sıralandırırlar. Bu sıralama ilk olarak 1964'te, uzaydaki gelişmiş uygarlıklardan gönderilen sinyaller için gece gökyüzü araştırmalarıyla ilgilenen, Rus astrofizikçi Nikolai Kardashev tarafından uygulandı.

Kardashev "Dünya dışı uygarlık"[5] gibi belirsiz ve eksik tanımlanan bir şeyden memnun değildi, bu nedenle gökbilimcilerin çalışmalarını yönlendirmek için sayısal bir ölçek oluşturdu. Dünya dışı uygarlıkların kültürleri, toplumları, hükümetleri vb. temelinde farklı olabileceklerini, ama hepsinin uymak zorunda oldukları tek bir şeyin olduğunu fark etti: Fizik yasaları. Bu uygarlıkları farklı katagorilerde sınıflandırmak için, Dünya'dan gözlemleyebileceğimiz ve ölçebileceğimiz tek bir şey vardı: Onların enerji tüketimleri.

Böylece üç kuramsal tip önerdi: 1. Tip uygarlık gezegenseldir,[6] gezegenlerine düşen güneş ışığının çok ince bir dilimini ya da 10^{17} watt kadarlık bir gücü, tüketir. 2. Tip uygarlık yıldızsaldır,[7] kendi güneşinin yaydığı tüm enerjiyi ya da 10^{27} watt'lık bir gücü tüketir. 3. Tip uygarlık galaktiktir,[8] milyarlarca yıldızın enerjisini ya da 10^{37} watt kadarlık bir gücü tüketir.

Bu sınıflandırmanın avantajı, her uygarlığın gücünü, belirsiz ve rastgele genellemeler yapmaktansa sayısal olarak sınıflandırabilmemizdir. Bu gök cisimlerinin enerji üretimini bildiğimiz için, gökyüzünü tararken her birine özel sayısal kısıtlamalar koyabiliriz.

---

[5] *"extraterrestrial civilization"*
[6] *planetary (civilization)*
[7] *stellar (civilization)*
[8] *galactic (civilization)*

Her tip, 10 milyar katlık bir çarpanla birbirinden ayrılır: 3. Tip bir uygarlık, 2. Tip bir uygarlıktan 10 milyar kat daha fazla enerji tüketir (çünkü bir galakside kabaca 10 milyar ya da daha fazla yıldız vardır). Benzer şekilde, 2. Tip bir uygarlık, 1. Tip bir uygarlıktan 10 milyar kat daha fazla enerji tüketir.

Bu sınıflandırmaya göre, günümüz uygarlığı 0'ıncı Tiptir. Enerjimizi ölü bitkilerden, yani petrol ve kömürden, elde ettiğimiz için, biz bu ölçekte bile sayılmıyoruz. (Bu sınıflandırmayı genelleyen Carl Sagan, bu kozmik ölçeğin neresinde olduğumuza ilişkin daha kesin bir tahmin elde etmeye çalıştı; onun hesaplamaları aslında 0,7'nci Tip bir uygarlık olduğumuzu gösterdi.)

Bu ölçekte, bilimkurguda gördüğümüz çeşitli uygarlıkları da sınıflandırabiliriz. *Buck Rogers*[9] ya da *Flash Gordon*'daki[10] tipik bir 1. Tip uygarlıktır, bunlarda tüm bir gezegenin enerji kaynakları kullanılabilecek hale getirilmiştir. Gezegensel enerji kaynaklarının hepsini kontrol edebilirler, böylece istediklerinde hava durumunu kontrol edebilirler ya da değiştirebilirler, kasırga enerjisinden yararlanabilirler ya da okyanuslar üzerinde şehirlere sahip olabilirler. Gökleri roketlerle dolaşsalar da, enerji üretimleri hâlâ büyük ölçüde bir gezegen ile kısıtlanmıştır.

2. Tip bir uygarlık *Uzay Yolu*'nun,[11] 100 yakın yıldızı kolonileştirebilen Birleşmiş Gezegenler Federasyonu'nu[12] (ışık hızından daha hızlı uçuşları[13] saymazsak) içerebilir. Teknolojileri, bir yıldızdan çıkan tüm enerjiyi manipüle etme yeteneğine ancak sahiptir.

3. Tipi bir uygarlık, *Yıldız Savaşları*[14] efsanesindeki İmparatorluk,[15] ya da belki de *Uzay Yolu* serisindeki Borg olabilir; her

---

[9] Birleşik Devletler'de çok meşhur bir kurgusal karakter; 1928'den bu yana çıkan çizgi romanları, radyo, televizyon ve sinema serileri vardır. (ç.n.)

[10] *Buck Rogers* gibi Birleşik Devletler'de çok meşhur bir kurgusal karakter; onun da 1934'ten beri yayınlanmış sayısız çizgi roman, radyo, televizyon ve sinema bölümleri vardır. (ç.n.)

[11] *Star Trek*

[12] *the United Federation of Planets*

[13] *the warp drive*

[14] *Star Wars*

[15] *the Empire*

ikisi de milyarlarca yıldız sistemini kuşatarak galaksinin büyük bir kısmını kolonileştirmişlerdi; istedikleri her an uzayda, galaktik geçitlerde, dolaşabilirler.

(Kardashev ölçeği, sınıflandırması için gezegenleri, yıldızları ve galaksileri temel alsa da, enerjisini galaksi dışındaki kaynaklardan elde eden 4. Tip bir uygarlık[16] olasılığını belirtmeliyiz. Galaksimizin ötesinde bilinen tek enerji kaynağı, bilinen evrenin madde ve enerjisinin %73'ünü oluşturan karanlık enerjidir;[17] yıldızlar ve galaksiler, evrenin yalnızca %4'ünü oluşturur. 4. Tip bir uygarlık için olası bir aday, enerjisini galaksi dışından alan, *Uzay Yolu* dizisindeki tanrısal Q olabilir.)

Bu sınıflandırmayı, bu tiplerin birine ulaşacağımız zamanı hesaplamak için kullanabiliriz. Dünya uygarlıklarının *ortak* GDP'leri[18] cinsinden yılda %1'lik bir hızla büyüdüklerini varsayalım. Son birkaç yüzyıl üzerinden ortalama aldığımızda, bu makul bir varsayımdır. Bu varsayıma göre, bir uygarlıktan bir sonrakine geçiş kabaca 2500 yıl sürer. Yüzde 2'lik bir büyüme oranı, 1200 yıllık bir geçiş dönemi verir.

Gezegenimizin 1. Tip uygarlığa ulaşmasının ne kadar süreceğini de hesaplayabiliriz. Ekonomik durgunluk ve genişlemelere, ani şişme ve patlamalara karşın, ekonomik büyümemizin ortalama hızı göz önüne alındığında, aşağı yukarı 100 yıl içinde 1. Tip statüsüne ulaşacağımızı matematiksel olarak tahmin edebiliriz.

0'ıncı Tip'ten 1. Tip'e

Bir gazeteyi her açtığımızda 0'ıncı Tip'ten 1. Tip'e geçişin kanıtlarını görürüz. Manşetlerin çoğu gözümüzün tam önünde doğmakta olan 1. Tip bir uygarlığın doğum sancılarını işaret eder.

- İnternet, 1. Tip bir gezegensel telefon sisteminin başlangıcıdır. Tarihte ilk kez, bir kıta üzerindeki bir kişi zahmetsizce başka bir kıtadaki biriyle sınırsız bilgi alışverişi yapabilir. İşin doğrusu, birçok kişi halihazırda dünyanın

[16] *extragalactic (civilization)*
[17] *dark energy*
[18] *gross domestic product:* gayrisafi millî hasıla (GSMH). (ç.n.)

diğer tarafındaki biriyle, kapı komşusuyla olduğundan daha çok ortak noktaya sahip olduğunu hissediyor. Bu süreç ancak, ülkeler daha fazla fiber-optik kablolar döşerse ve daha fazla haberleşme uydusu fırlatırsa ivmelenecek. Bu, aynı zamanda durdurulamaz bir süreçtir. Amerika Birleşik Devletleri Başkanı bile interneti yasaklamaya kalksa ona kahkahalarla gülerler. Günümüz dünyasında neredeyse bir milyar kişisel bilgisayar var ve insanlığın kabaca dörtte biri en az bir kez internette gezinmiştir.

- İngilizce liderliğindeki, Çince'nin takip ettiği, bir avuç dil, geleceğin 1. Tip dili olarak hızla ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Dünya'yı Saran Ağ[19] üzerinde, ziyaretçilerin %29'u İngilizce olarak oturum açar, bunu %22 ile Çince, %8 ile İspanyolca, %6 ile Japonca ve %5 ile Fransızca takip eder. İngilizce zaten bilimin, finansın, ticaretin ve eğlencenin fiili[20] gezegensel dilidir. İngilizce gezegende en çok kullanılan ikinci dildir. Nereye seyahat edersem edeyim, İngilizce'nin ortak iletişim dili[21] olarak ortaya çıktığını gördüm. Asya'da, örneğin, Vietnamlılar, Japonlar ve Çinliler bir toplantıda olduklarında, iletişim için İngilizce kullanırlar. Eski bir Alaska Üniversitesi,[22] Doğal Diller Merkezi çalışanı Michael E. Krauss'a göre, şu anda Dünya üzerinde konuşulan 6000 kadar dil var ve bunların %90'ının önümüzdeki onyıllarda ortadan tamamen kalkması bekleniyor. Telekomünikasyon devrimi, dünyanın en uzak bölgelerinde yaşayan insanları bile İngilizce'ye maruz bıraktığından, bu süreci ivmelendiriyor. Bu, ekonomik gelişmeyi de ivmelendirecektir; toplumlar dünya ekonomisine daha da entegre olacaklar, böylece yaşam standartları ve ekonomik aktiviteleri artacak.

  Bazı insanlar, atalardan kalma dillerin artık konuşulmayacak olmasından şikâyet edecekler. Öte yandan, bil-

---

[19] *World Wide Web, (www)*
[20] *de facto*
[21] *the lingua franca*
[22] *the University of Alaska*

gisayar devrimi bu gibi dillerin kaybolmayacağını garanti edecektir. Kendi anadilini konuşanlar, internete kendi dil ve kültürlerini ekleyecekler, orada sonsuza kadar varlıklarını sürdürecekler.

- Bizler gezegensel bir ekonominin doğumuna tanıklık ediyoruz. Avrupa Birliği'nin (AB) ve diğer ticaret bloklarının ortaya çıkışı, 1. Tip bir ekonominin ortaya çıkışını temsil etmektedir. Tarihe bakarsak, Avrupa halklarının binlerce yıl komşularıyla kan davaları güttüklerini görürüz. Roma İmparatorluğu'nun çöküşünden bu yana, bu kabileler birbirlerini kılıçtan geçirmeye devam etmişler ve en sonunda Avrupa'nın birbirlerine düşman ülkeleri haline gelmişlerdir. Oysa bugün, bu amansız rakipler aniden Avrupa Birliği'ni oluşturmak için bir araya gelmiş durumdalar; şu an gezegendeki en büyük sermaye yoğunlaşmasını temsil ediyorlar. Bu ülkelerin ansızın meşhur rekâbetlerini bir kenara koymalarının nedeni, Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması'nı (NAFTA)[23] imzalayan ülkelerin ezici ekonomik gücü ile rekâbet edebilmektir. Ülkelerin kârlı ticaret bloklarına katılmadıkları sürece rekâbetçi kalamayacaklarını fark etmeleri nedeniyle, gelecekte daha fazla ekonomik bloğun oluştuğunu göreceğiz.

  Büyük 2008 ekonomik bunalımını analiz edersek, bunun grafik bir kanıtını görürüz. Wall Street'te oluşan şok dalgaları birkaç gün içinde, Londra, Tokyo, Hong Kong ve Singapur'un mali salonlarını dalgalandırdı. Bugün, dünya ekonomisini etkileyen eğilimleri anlamadan, tek bir ülkenin bile ekonomisini anlamak mümkün değildir.
- Gezegensel bir orta sınıfın ortaya çıkışını görüyoruz. Çin, Hindistan ve başka ülkelerdeki yüzlerce milyon insan bu orta sınıfın içine girmekteler; bu, muhtemelen son yarım yüzyılın en büyük sosyal altüst oluşudur. Bu grup, gezegeni etkileyen kültürel, eğitimsel ve ekonomik eğilimlerin farkındadır. Bu gezegensel orta sınıfın odağında savaşlar, din, ya da katı etik kurallar yok; bunların yerine

[23] *the North American Free Trade Agreement*

siyasi ve sosyal istikrar ve tüketim malları var. Atalarına egemen olan ideolojiler ve kabile tutkuları onlar için çok az anlam taşır, özellikle de istedikleri, şehrin kenarında bir ev ile iki araba ise. Ataları oğullarının savaşa gittiği günü kutlamışken, şimdilerde başlıca endişelerinden biri, onları iyi bir üniversiteye sokabilmektir. Diğer insanların iyi yerlere gelmelerini imrenerek izleyen insanlara gelince, onlar sıranın ne zaman kendilerine geleceğini merak edecekler. McKinsey & Company'nin eski bir üst düzey ortağı Kenichi Ohmae, "İnsanlar kaçınılmaz olarak etraflarına bakmaya başlayacaklar ve diğerlerinin sahip olduklarına neden sahip olamadıklarını soracaklar. Aynı derecede önemli olarak, geçmişte buna neden sahip olamadıklarını da sormaya başlayacaklar." diye yazar.

- Bir süpergüç için yeni ölçüt ekonomidir, silahlar değil. AB'nin ve NAFTA'nın ortaya çıkışları önemli bir noktanın altını çiziyor: Soğuk Savaş'ın sona ermesiyle birlikte, bir dünya gücünün nüfuzlu pozisyonunu en çok ekonomik gücüyle koruyabileceği açıktır. Nükleer savaşlar kavga etmek için çok tehlikelidir, dolayısıyla ülkelerin kaderlerini belirleyecek olan büyük ölçüde onların ekonomik gücüdür. Sovyetler Birliği'nin çöküşüne katkıda bulunan faktörlerden biri Amerika Birleşik Devletleri ile olan askeri rekâbetin yarattığı ekonomik stres oldu. (Başkan Ronald Reagan'ın danışmanlarının bir zamanlar yorumladığı gibi, Amerika Birleşik Devletleri'nin stratejisi Rusya'yı bunalıma sürüklemekti: Amerika Birleşik Devletleri askeri harcamalarını arttırın, böylece, ekonomisi Amerika Birleşik Devletleri'ninkinin yarısından daha az olan Rusya, ayak uydurabilmek için, kendi halkını açlığa mahkum etmek zorunda kalsın.) Gelecekte, bir süpergücün statüsünü yalnızca ekonomik gücüyle koruyabileceği, bu gücün de yalnızca bilim ve teknolojiden geleceği çok açıktır.
- Gençlik kültürüne (*rock and roll* [24]ve gençlik modasına), filmlere (Hollywood'un gişe rekorları kıran yapımlarına),

[24] sallan (ve) yuvarlan. (ç.n.)

yüksek modaya (lüks mallara) ve yiyeceklere (kitlesel fast-food zincirlerine) dayanan gezegensel bir kültür ortaya çıkmakta. Nereye seyahat ederseniz edin, müzikte, sanatta ve modada aynı kültürel eğilimlerin kanıtlarını görebilirsiniz. Hollywood, örneğin, gişe rekoru kırma potansiyeli olan bir filmin başarısını tahmin ederken küresel cazibeleri dikkatlice hesaba katar. Kültürler arası (aksiyon ya da romantizm gibi) temaları işleyen, uluslararası kabul görmüş ünlülerle dolu filmler, Hollywood'un para basan makineleridir; bu gerçek, gelişmekte olan bir gezegensel kültürün kanıtıdır.

Biz bunu, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, tüm bir genç insan kuşağının, insanlık tarihinde ilk defa, egemen kültürü değiştirmeye yetecek ve gözden çıkarılıp harcanabilecek, net bir gelire sahip olduğu zaman gördük. Çocuklar eskiden, ergenlik çağına geldiklerinde, anne babalarıyla çalışmaları için tarlaya gönderilirlerdi. (Bu üç aylık yaz tatilinin kökenidir. Orta Çağ boyunca, ergen çocukların yaz döneminde tarlalarda yıpratıcı işler yapmalarına ihtiyaç duyulurdu.) Fakat artan refahla, savaş sonrası *baby boomer*[25] kuşağı tarlaları terketti ve sokağın yolunu tuttu. Bugün, ekonomik kalkınma bol miktarda harcanabilir gelir miktarıyla gençliği güçlendirdikçe, aynı şeyin ülke ülke her yerde meydana geldiğini görüyoruz. En sonunda, dünya halkının çoğu orta sınıfa girdiğinde, artan gelirler genç insanlara gidecek, bu da gezegensel gençlik kültürünün ebedileşmesine katkı sağlayacak.

Rock and roll, Hollywood filmleri vb. aslında entelektüel kapitalizmin ticari mal kapitalizmi ile nasıl yer değiştirdiğinin en önemli örnekleridir. Önümüzdeki onyıllar boyunca, robotlar uluslararası bir izleyici kitlesini heyecanlandırabilecek müzik ve film oluşturacak kadar yetenekli olmayacaklar.

Bu süreç, az sayıda marka ismin erişim noktalarını tüm dünyaya yaymakta olduğu moda dünyasında da

[25] *baby boomer*: İkinci Dünya Savaşı ile Soğuk Savaş arasındaki dönemde doğmuş bebekler/insanlar. (ç.n.)

gerçekleşiyor. Bir zamanlar aristokratlar ve son derece zengin insanlara mahsus olan yüksek moda hızla tüm dünyada çoğalıyor; çünkü daha fazla kişi orta sınıfa giriyor ve bu insanlar zenginliğin ihtişamından biraz da olsa tatmak istiyorlar. Yüksek moda artık ayrıcalıklı elit tabakanın özel sahası değildir.

Gezegensel kültürün ortaya çıkması, yerel kültürlerin ya da geleneklerin yitip gidecekleri anlamına gelmez. Aksine, insanlar iki kültürlü olacak. Bir yandan, yerel kültürel geleneklerini canlı tutacaklar (internet bu bölgesel geleneklerin sonsuza dek hayatta kalmasını garantileyecek). Dünyanın zengin kültürel çeşitliliği gelecekte de gelişmeye devam edecek. Aslında, yerel kültürlerin pek bilinmeyen özellikleri internet üzerinden tüm dünyaya yayılabilir, böylece dünya çapında bir izleyici kitlesi kazanabilir. Diğer taraftan, insanlar küresel kültürü etkileyen, her an değişen eğilimlerden haberdar olacaklar. İnsanlar başka kültürden diğer insanlarla iletişim kurduklarında, bunu küresel kültür aracılığı ile yapacaklar. Bu zaten gezegendeki seçkin insanların çoğunda görüldü: Bunlar yerel dilde konuşurlar ve yerel geleneklere uyarlar, ancak diğer ülkelerden insanlar ile ilgilenirlerken İngilizce'yi kullanırlar ve uluslararası gelenekleri takip ederler. Bu, ortaya çıkmakta olan 1. Tip uygarlığın bir modelidir. Yerel kültürler gelişmeye devam edecekler, büyük küresel kültür ile yan yana, bir arada var olacaklar.

- Haberler de gezegensel hale geliyor. Uydu televizyonları, cep telefonları, internet vb. ile bir ülke için haberleri tamamen kontrol etmek ve sansürlemek olanaksız hale geliyor. Dünyanın her yerinden ham/işlenmemiş görüntüler ortaya dökülüyor, sansür bunlara erişemiyor. Savaşlar ya da isyanlar patlak verdiği zaman, çıplak görüntüler tüm dünyaya gerçek zamanlı olarak anında yayınlanıyor. Geçmişte, on dokuzuncu yüzyılın Büyük Güçleri için kendi değerlerini dayatmaları ve haberleri kendi çıkarları için manipüle etmeleri nispeten kolaydı. Bugün, bu hâlâ mümkündür, ama ileri teknoloji nedeniyle çok daha kısıt-

lı bir kapsamda. Ayrıca, tüm dünyada yükselmekte olan eğitim düzeyine paralel olarak, dünya haberlerini takip eden çok daha büyük bir izleyici kitlesi var. Günümüzde, politikacılar icraatlarının sonuçları hakkında düşünürken, dünya kamuoyunu dikkate almak zorundadırlar.

- Geçmişte kabilesel, sonraları ulusal bir kimliği şekillendirmekte önemli bir yer tutan spor müsabakaları, şimdi de gezegensel bir kimliği şekillendirmekteler. Futbol ve Olimpiyatlar, gezegensel sporların hâkimi olarak ortaya çıkmaktalar. Örneğin, 2008 Olimpiyatları, büyük ölçüde, yüzyıllar süren bir izolasyondan sonra dünyada hak ettiği kültürel pozisyonu almak isteyen Çin için bir dışarıya açılma partisi olarak yorumlandı. Bu da Mağara Adamı İlkesi'ne bir örnektir; çünkü spor müsabakaları hem İleri Temas'a hem de İleri Teknoloji[26] dünyasına girerler.
- Çevresel tehditler de gezegensel bir ölçekte tartışılmaktadır. Ülkeler, neden oldukları kirliliğin ülke sınırlarını aştığını ve bu nedenle uluslararası bir kriz başlatabileceğini fark ediyorlar. Böyle bir şeyi ilk kez Güney Kutbu üzerindeki ozon tabakasında dev bir delik açıldığı zaman görmüştük. Ozon tabakası Güneş'ten gelen zararlı morötesi ve X-ışınlarının yere ulaşmasını önlediğinden, ülkeler, buzdolabı ve endüstriyel sistemlerde kullanılan kloroflorokarbon üretimini ve tüketimini kısıtlamak için bir araya geldiler. Montreal Protokolü[27] 1987'de imzalandı ve ozon tabakasına zarar veren kimyasalların kullanımını başarılı bir biçimde azalttı. Bu uluslararası başarıyı örnek alan birçok ülke, gezegenin ortamı için çok daha büyük bir tehdit olan küresel ısınma probleminin üzerine gitmek için, 1997'de Kyoto Protokolü'nü kabul etti.
- Turizm, gezegendeki en hızlı büyüyen sektörlerden biridir. İnsanlık tarihinin büyük kısmında, insanların tüm yaşamlarını kendi doğum yerlerinin birkaç kilometre çevresinde geçirmeleri yaygındı. Vicdansız liderlerin, diğer halklarla neredeyse hiçbir iletişimi olmayan kendi

---

[26] *High Touch & High Tech*
[27] *the Montreal Protocol*

halklarını idare etmeleri kolaydı. Ancak bugün, mütevazı bir bütçeyle tüm dünyayı gezebilirsiniz. Tüm dünyada gittikleri yerlerde ucuz pansiyonlarda kalan bugünün sırt çantalı gençleri yarının liderleri olacak. Bazı insanlar, turistlerin yerel kültürler, yerel tarih ve yerel politikalar hakkında çok az bir kavrayışa sahip oldukları gerçeğini kınıyorlar. Oysa bizler, bu gerçeği geçmişle karşılaştırmalıyız; eskiden, savaş zamanlarının dışında, ki bunun sonuçları çok ağır olurdu, uzak kültürler arasında hiç temas olmazdı.

- Aynı şekilde, kıtalararası seyahatlerin gittikçe düşen fiyatları farklı halklar arasındaki teması ivmelendiriyor, bu ise bir savaşı başlatmayı ve sürdürmeyi çok daha zorlaştırıyor ve demokrasi ideallerini yayıyor. Ülkeler arasındaki husumeti kamçılayan temel faktörlerden biri, insanlar arasındaki yanlış anlamalardır. Genelde, yakından tanıdığınız bir ülkeye savaş açmak oldukça zordur.
- Savaşın kendi doğası, bu yeni gerçeği yansıtacak şekilde değişiyor. Tarih göstermiştir ki, herhangi iki demokrasi birbirine neredeyse hiç savaş açmamıştır. Geçmiş savaşların hemen hemen hepsi demokrasisi olmayan iki ülke arasında, ya da demokrasiye sahip bir ülke ile demokrasisi olmayan bir diğer ülke arasında çıkmıştır. Genel olarak, savaş ateşi, düşmanı şeytan gibi gösteren kışkırtıcılar tarafından kolayca körüklenir. Ancak bir demokraside savaş ateşini beslemek çok daha zordur; çünkü canlı bir basın, muhalif partiler ve savaşta kaybedecek çok şeyi olan rahat bir orta sınıf vardır. Kuşkucu bir basın ve çocuklarının neden savaşa gittiğini bilmek isteyen anneler olduğunda, savaş ateşini körüklemek zordur.

Gelecekte savaşlar olmaya devam edecek. Prusyalı askeri teorisyen Carl von Clausewitz'in bir zamanlar dediği gibi, "Savaş diğer yollarla yapılan bir siyasettir." Savaşlar olmaya devam edecekse de, demokrasi dünyaya yayıldıkça, savaşların da doğası değişecektir.

(Dünya refah içinde oldukça, insanların kaybedecek daha çok şeyi oldukça, savaş başlatmanın daha zor bir hale gelmesinin başka bir nedeni daha var. Siyaset ku-

ramcısı Edward Luttwak, ailelerin günümüzde daha küçük olması nedeniyle, savaş başlatmanın çok daha zor olduğunu yazdı. Geçmişte, ortalama bir ailenin on kadar çocuğu vardı; en büyük kardeşe çiftlik miras kalırdı, küçük kardeşler kiliseye ya da orduya katılırlar ya da geleceklerini başka yerlerde ararlardı. Bugün, tipik bir aile ortalama 1,5 çocuğa sahipken, kolayca orduya ya da kiliseye verilecek çocuk bolluğu yok artık. Dolayısıyla, özellikle demokrasiler ve üçüncü dünya çeteleri arasında, savaş başlatmak çok daha zor olacaktır.)

- Uluslar gittikçe güçsüzleşecekler, 2100'de hâlâ var olacaklar. Hâlâ yasa çıkartmaları ve yerel sorunları çözmeleri gerekecek. Ancak, güçleri ve etkileri, ekonomik büyümenin motorları önce bölgeselleşip sonra küreselleşince, çok büyük ölçüde azalacaktır. Örneğin, 1700'lerin sonlarında ve 1800'lerin başlarında kapitalizmin yükselişi ile ülkeler ortak bir para birimi, dil vergi yasaları ve ticaret ve patentlerle ilgili düzenlemeleri dayatmaya ihtiyaç duydular. Serbest ticareti, alım satımı ve finanstaki ilerlemeleri engelleyen feodal yasalar ve gelenekler, ulusal hükümetler tarafından hızla ortadan kaldırıldı. Bu süreç normalde bir yüzyıl kadar sürebilir, ama Demir Şansölye[28] Otto von Bismarck 1871'de modern Alman devletini şekillendirdiğinde, bunun hızlandırılmış bir biçimini de görmüş olduk. Aynı şekilde, 1. Tip bir uygarlığa doğru ilerleyen bu gidişat, kapitalizmin doğasını değiştiriyor, ekonomik güç giderek ulusal hükümetlerden bölgesel güçlere ve ticaret bloklarına doğru kayıyor.

  Bu ille de bir dünya hükümeti anlamına gelmez. Gezegensel bir uygarlığın var olabilmesinin birçok yolu var. Ulusal hükümetlerin göreceli olarak güç kaybedecekleri açıktır, ama oluşan boşluğu hangi gücün dolduracağı, tahmin edilmesi zor birçok tarihî, kültürel ve ulusal eğilime bağlı olacak.
- Hastalıklar da gezegensel bir temelde kontrol edilecekler. Antik geçmişte, virüslerin neden olduğu ölümcül hasta-

[28] *the Iron Chancellor: Demir Şansölye* ya da *Başbakan.* (ç.n.)

lıklar aslında çok tehlikeli değildi; çünkü insan nüfusu çok azdı. Örnek vermek gerekirse tedavisi olmayan Ebola virüsü, binlerce yıl boyunca yalnızca birkaç köye bulaşan muhtemelen antik bir hastalıktır. Ancak, uygarlıkların önceden yerleşilmemiş arazilere doğru hızla genişlemesi ve şehirlerin ortaya çıkması, Ebola gibi bir şeyin çok dikkatle takip edilmesini zorunlu kılar.

Kentlerin nüfusu birkaç yüz binden bir milyona çıkınca, hastalıklar hızla yayılabilir ve gerçek salgınlar görülebilir. Kara Veba'nın[29] belki de Avrupa nüfusunun yarısını öldürmüş olduğu gerçeği, toplumun ilerlemesinin ironik bir işaretiydi; çünkü nüfus, salgınlar için kritik bir büyüklüğe ulaşmıştı ve ticaret yolları dünyadaki tüm eski şehirleri birbirine bağlıyordu.

H1N1[30] gribinin son salgını da, bu nedenle, bizim ilerlememizin bir ölçüsüdür. Muhtemelen Mexico City'den çıkarak, hastalık jet hızıyla/uçaklarıyla tüm dünyaya yayıldı. Daha da önemlisi, virüsün gen diziliminin yapılması ve onlarca milyon insan için aşısının hazır bulundurulması dünya ülkelerinin yalnızca birkaç ayını aldı.

Terörizm ve Diktatörlükler

Gelgelelim, 1. Tip bir uygarlığa doğru gidişe içgüdüsel olarak karşı koyan gruplar var; çünkü bunlar, bu uygarlığın ilerici, özgür, bilimsel, müreffeh ve kültürlü olduğunu bilirler. Bu güçler bunun bilincinde olmayabilir ve bunu açıkça ifade edemeyebilirler, ama oluşturdukları etki itibarıyla gerçekten 1. Tip bir uygarlığa doğru gidişe karşı mücadele ediyorlar. Bu gruplar şunlardır:

- Yirmi birinci yüzyılda yaşamaktansa bin yıl geriye, on birinci yüzyıla, geri dönmeyi tercih edecek müslüman terö-

[29] *the Black Plague*

[30] *influenza A (H1N1) virus*: 2009 yılında görülen domuz gribi (*swine influenza*) salgınına neden olan virüs; insanları grip eden *influenza A* virüsünün bir alt türüdür. (ç.n.)

ristler. Bu bağlamda kendi hoşnutsuzluklarını ifade edemezler, ama kendi demeçleriyle hüküm vererek, bilimin, şahsi münasebetlerin ve siyasetin katı dinî hükümlere bağlı olduğu bir teokraside yaşamayı tercih ederler. (Onlar, tarihsel olarak, İslam uygarlığının büyüklüğünün ve bilimsel ve teknolojik maharetinin yalnızca yeni fikirlere olan hoşgörüsü ile mümkün olduğunu unuturlar. Bu teröristler İslami geçmişin büyüklüğünün gerçek kaynağını anlamazlar.)

- Kendi insanlarını dış dünyanın zenginliklerinden ve ilerlemesinden habersiz tutmaya bel bağlayan diktatörlükler. Bunun çarpıcı bir örneği, 2009'da İran'ı etkileyen gösterilerdir; orada hükümet, mücadelelerinde mesajlarını dünyaya iletmek için Twitter ve YouTube'u kullanmakta olan göstericilerin fikirlerini bastırmaya çalışmıştı.

Geçmişte, insanlar kalemin kılıçtan daha keskin olduğunu söylerlerdi. Gelecekte, kılıçtan daha keskin olan çip olacak.

Korkunç derecede fakirleştirilmiş bir ulus olan Kuzey Kore halkının isyan etmemesinin nedenlerinden biri, dış dünya ile tüm iletişimlerinin engellenmiş olmasıdır; dış dünyadaki insanların da açlık çektiğine inanırlar. Bir dereceye kadar, kaderlerini kabullenmek zorunda olmadıklarının farkına varmadıklarından, inanılmaz sıkıntılara tahammül etmekteler.

2. Tip Uygarlıklar

Bir toplum binlerce yıl sonra 2. Tip statüye ulaşmış olduğunda, artık ölümsüzleşmiştir. Bilimce bilinen hiçbir şey 2. Tip bir uygarlığı yok edemez. Uzun zamandır hava koşullarına egemen olacaklarından, buzul çağları önlenebilir ya da değiştirilebilir. Göktaşları ve kuyruklu yıldızların yönleri de değiştirilebilir. Güneşleri süpernovaya[31] dönüşse bile, insanlar başka bir yıldız sistemine kaçabilecekler ya da belki de güneşlerinin patlamasını önleyebilecekler. (Örneğin, kendi güneşleri kırmızı bir dev

[31] *supernova*: enerjisi biten bir yıldızın durumu, en sonunda müthiş bir enerji yayarak patlar. (ç.n.)

haline dönüşürse gezegenleri etrafındaki göktaşlarının yönlerini değiştirebilecekler, oluşacak mancınık etkisiyle[32] gezegenlerini güneşten uzağa taşıyabilecekler.)

2. Tip bir uygarlığın, bir yıldızın yaydığı enerjinin tümünden yararlanabilmesinin bir yolu, yıldızın etrafında onun tüm ışığını emecek devasa bir küre yaratmaktır. Bu bir Dyson küresidir.[33]

2. Tip bir uygarlık muhtemelen kendisi ile barışık olacaktır. Uzay yolculuğu çok zor olduğundan, yüzyıllar boyunca 1. Tip bir uygarlık olarak kalmış olacak, bu yüzden toplumunun içindeki bölünmeleri gidermek için bir hayli zamana sahip olmuş olacak. 1. Tip bir uygarlık 2. Tip statüsüne ulaşana kadar, yalnızca kendilerinin bütün Güneş Sistemi'ni değil, yanıbaşlarındaki yıldızları da kolonileştirmiş olacaklardır; ama ancak birkaç yüz ışık yılı[34] dışarı çıkabilecekler, daha fazla değil. Hâlâ ışık hızı ile sınırlandırılmış olacaklar.[35]

3. Tip Uygarlıklar

Bir uygarlık 3. Tip statüsüne ulaşmış olduğunda, galaksinin çoğunu çoktan keşfetmiş olacaktır. Yüzlerce milyar gezegene ulaşmanın en uygun yolu, galaksinin her yanına kendi kendini kopyalayabilen robot keşif araçları göndermektir. Bir von Neumann keşif aracı,[36] kendisinin sınırsız sayıda kopyasını yapabilme yeteneği olan bir robottur, paslanmaz ve aşınmazdır; bir uyduya iner, ay "toprağını"[37] kullanarak kendisinin binlerce kopyasını yaratacak bir fabrika yapar. Her kopya, diğer uzak yıldız sistemlerine fırlar gider ve binlerce kopya daha yapar. Böyle tek bir keşif aracıyla başlayarak, trilyonlarca kendi kendini kopyalayabilen keşif aracından oluşan bir küreyi çabucak

---

[32] *the slingshot effect*

[33] *Dyson sphere*

[34] *light year*, ışık yılı: ışığın bir yılda boşlukta katettiği yol; gök cisimleri arasındaki mesafeleri ölçmekte kullanılır; 1 ışık yılı kabaca 9,5 trilyon kilometredir! (ç.n.)

[35] Einstein'ın *özel görelilik kuramı*na (*the theory of special relativity*) göre, evrendeki *hiçbir* şey ışık hızını geçemez; ışık hızı üst sınırdır. (ç.n.)

[36] *von Neumann probe*

[37] *lunar dirt*

yaratırız; bu küre ışık hızına yakın bir hızda genişler, tüm Samanyolu galaksisini yalnızca 100.000 yıl içinde içine alır. Evren 13,7 milyar yaşında olduğu için, bu uygarlıkların ortaya çıkabileceği (ve yıkılabileceği) bir hayli zaman var. (Böyle bir hızlı, üstel çoğalma, aynı zamanda virüslerin vücudumuza yayılma mekanizmasıdır.)

Başka bir olasılık daha var. Bir uygarlık 3. Tip statüsüne ulaşmış olduğunda, onun insanları "Planck enerjisini", yani uzay-zamanın bizzat kendisinin kararsız olduğu 10^{19} milyar elektron voltluk bir enerjiyi, araştırmaya yetecek enerji kaynaklarına sahip olacaktır. (Planck enerjisi, en büyük atom çarpıştırıcımız olan Cenevre dışındaki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı[38] tarafından üretilen enerjiden katrilyon kat daha büyüktür. Bu enerji, Einstein'ın kütleçekim kuramının en sonunda çöktüğü enerjidir. Kuram, bu enerji seviyesinde, uzay-zaman dokusunun en sonunda yırtılacağını, başka evrenlere ya da uzay-zamandaki diğer noktalara açılabilecek minik geçişler oluşacağını söyler.) Böylesi muazzam bir enerjiden yararlanabilmek için akıl almaz bir ölçekte devasa makineler gerekir; ama başarılı olunursa bu makineler, uzayı sıkıştırarak ya da solucan deliklerinden[39] geçerek, uzay-zaman dokusu içinde kestirme yolları mümkün kılabilir. Bu uygarlığın insanlarının, (yeterli miktarda pozitif ve negatif enerji kullanma ve kararsızlıkları ortadan kaldırma gibi) bir dizi inatçı kuramsal ve uygulama güçlüğünün üstesinden geleceklerini varsayarsak, tüm galaksiyi kolonileştirebilecekleri düşüncesi akla yatkındır.

Bu, birçok kişinin [bu tür keşif araçlarının] neden bizi henüz ziyaret etmedikleri konusunda spekülasyon yapmalarına yol açtı. "Onlar nerede?" diye soruyor eleştirmenler.

Olası bir yanıt, belki de bizi çoktan ziyaret ettiler, ama biz fark edemeyecek kadar ilkeliz. Kendi kendini kopyalayabilen von Neumann keşif araçları galaksiyi keşfetmenin en uygulanabilir yolu olabilir ve bu araçların devasa olmaları da gerekmez. Nanoteknolojideki devrimsel gelişmeler sayesinde, yalnızca üç beş santimetre uzunluğunda olabilirler. Alelade bir gö-

---

[38] *the Large Hadron Collider*

[39] *wormholes*

rünümleri olabilir ama biz onları fark edemiyoruzdur; çünkü yanlış bir şeye bakıyoruz, uzaydan gelen yabancıları taşıyan büyük bir yıldız gemisi bekliyoruz. Bu keşif aracı büyük olasılıkla, tam otomatik olacak, kısmen organik ve kısmen elektronik olacak ve hiçbir uzaylı yabancı içermeyecek.

Bizler, en sonunda uzaydan gelen yabancılarla karşılaştığımızda, şaşırabiliriz; çünkü kendi biyolojilerini, robot bilimi, nanoteknoloji ve biyoteknolojiden yararlanarak, çok uzun zaman önce değiştirmiş olabilirler.

Bir başka olasılık da kendi kendilerini yok etmiş olmalarıdır. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, 0'ıncı Tip'ten 1. Tip'e geçiş en tehlikeli olanıdır; çünkü biz hâlâ geçmişin tüm vahşetine, tutuculuğuna, ırkçılığına ve bunlar gibi kötü özelliklerine sahibiz. Bir gün yıldızları ziyaret ettiğimizde, 1. Tip'e geçiş yapmakta başarısız olmuş 0'ıncı Tip uygarlıkların kanıtlarını bulabiliriz (örneğin, bu uygarlıkların atmosferleri, yaşamı destekleyemeyecek kadar sıcak ya da radyoaktif olabilir).

SETI[40] (Dünya Dışı Akıllı Yaşamı Araştırma)

Dünya'daki insanlar şu anda 1. Tip gezegensel bir uygarlığa doğru ilerleyişin kesinlikle bilincinde değiller. Bu tarihî geçişin gerçekleşmekte olduğunun farkına varacak müşterek bir bilinç yoktur. Bir anket yaparsanız, bazı insanların belli belirsiz de olsa küreselleşme sürecinin farkında olduklarını görürsünüz, ama bunun ötesinde, bizlerin belirli bir istikamete yönelmiş olduğumuz gerçeğine ilişkin hiçbir bilinçli farkındalık yoktur.

Tüm bunlar, uzayda akıllı yaşam kanıtları bulursak birdenbire değişebilir. Böyle bir durumda, teknolojik düzeyimizin yabancı uygarlıklar karşısında ne durumda olduğunun farkına hemen varacağız. Özellikle bilim insanları, bu yabancı uygarlıkların ne çeşit teknolojilere egemen olduklarıyla son derece yakından ilgilenecekler.

Kesin olarak kimse bilmese de, teknolojimizdeki hızlı gelişmeleri göz önüne alırsak, muhtemelen bu yüzyıl içinde uzayda gelişmiş bir uygarlık belirleyeceğiz.

---

[40] *Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI)*: Dünya Dışı Akıllı Yaşam Arayışları. (ç.n.)

İki güncel girişim bunu mümkün hale getirmiştir. Bunlardan ilki, özellikle küçük, kayalık Güneş Sistemi dışındaki gezegenleri bulmak için tasarlanmış COROT[41] ve Kepler uydularının fırlatılması. Kepler'in uzayda 600 kadar küçük, Dünya benzeri gezegen belirlemesi bekleniyor. Bu gezegenler tespit edilir edilmez, bir sonraki adım, araştırmalarımızı bu gezegenlerden gelen akıllı [yaşamlardan gelen radyo] yayınlar[ın]a yönlendirmektir.

2001 yılında, Microsoft milyarderi Paul Allen, durmuş olan SETI programına hızlı bir dönüş için para bağışında bulunmaya başladı (bu para halihazırda 30 milyon doları geçmiş durumda). Bu miktar, San Francisco'nun kuzeyinde konumlanmış Hat Creek tesislerindeki[42] radyo teleskopların sayısını çok büyük ölçüde arttıracaktır. Allen Teleskop Dizisi,[43] tam olarak faaliyete geçtiği zaman, onu Dünya'daki en gelişmiş radyo teleskop tesisi yapacak, 350 radyo teleskobuna sahip olacak. Geçmişte astronomlar akıllı yaşam araştırmalarında 1000'den biraz fazla yıldız taramışlarken, yeni Allen Dizisi bu sayıyı 1000 kat arttırarak bir milyon yıldıza çıkartacak.

Bilim insanları neredeyse elli yıldır gelişmiş uygarlıklardan gelecek sinyalleri aramaktalar ama hiçbir sonuç elde edemediler; ama son zamanlardaki bu iki gelişme SETI programı için çok ihtiyaç duyulan desteği verdi. Birçok astronom, bu projeye adanan çabanın ve kaynağın çok az olduğuna inanıyor. Bu yeni finansal kaynak ve teleskoplardan gelecek yeni veri akışıyla, SETI programı ciddi bir bilimsel proje haline geliyor.

Bu yüzyıl içinde, uzaydaki akıllı bir uygarlıktan gelen sinyalleri tespit edebilmemiz akla yatkındır. (Bay Area'daki[44] SETI Enstitüsü'nün[45] direktörü Seth Shostak, bana, yirmi yıl içinde böyle bir uygarlıkla irtibat kuracağımıza ilişkin beklentisi olduğunu söyledi. Bu çok iyimser bir tahmin olabilir, ama bu yüzyıl

---

[41] *COROT, convection rotation and planetary transits* ya da *convection rotation et transits planétaires*: *taşınımlı dönme ve gezegensel geçişler* olarak dilimize çevrilebilir. (ç.n.)

[42] *the Hat Creek installation*

[43] *the Allen Telescope Array*

[44] *the Bay Area*: San Fransisco Körfez Bölgesi. (ç.n.)

[45] *the SETI Institute*

içinde uzaydaki bir diğer uygarlıktan gelen bir sinyal almamış olursak, bunun tuhaf kaçacağını söylemekte bir sakınca yok.)

Gelişmiş bir uygarlıktan gelen sinyaller bulunursa bu insanlık tarihindeki en önemli kilometre taşlarından biri olacaktır. Hollywood filmleri, böyle bir şeyin neden olacağı kaosu tasvir etmeyi çok severler; bunu, bize sonun yakın olduğunu söyleyen kâhinlerle ve fazla mesai yapan çılgın dinî mezheplerle yaparlar.

Gerçek ise çok daha sıradandır. Hemen panik olmaya gerek olmayacaktır; çünkü bu uygarlıklar onların konuşmalarını gizlice dinliyor olduğumuzu bilmiyor bile olabilirler. Diyelim ki biliyorlar, bize olan muazzam uzaklıkları göz önüne alınırsa onlarla bizim aramızda doğrudan bir konuşma çok zor olacaktır. İlk olarak, mesajı tamamen çözmek ve Kardashev sınıflandırmasına uyup uymadığını görmek için, bu uygarlığın teknolojisini derecelendirmek gerekir, bu aylarca ya da yıllarca sürebilir. İkinci olarak, onlarla doğrudan iletişim muhtemelen mümkün olmayacaktır; çünkü bu uygarlık bizden birçok ışık yılı uzak olacaktır, böylesine uzak bir mesafe doğrudan bir temas için çok fazladır. Sonuçta, bu uygarlıkla bir konuşma gerçekleştirmek yerine yalnızca onu gözlemleyebileceğiz. Uzaylı yabancıların mesajlarına yanıt gönderecek dev radyo vericileri inşa etmek için çaba gösterilecektir. İşin doğrusu, bu uygarlık ile iki yönlü bir iletişimin mümkün olması için yüzyıllar geçmesi gerekebilir.

Yeni Sınıflandırmalar

Kardashev sınıflandırması, fizikçilerin enerji üretiminden endişe duydukları 1960 yılında ortaya çıktı. Ancak, bilgisayar gücünün olağanüstü yükselişi dikkatleri bilgi devrimine döndürdü; çünkü bir uygarlığın işleyebildiği bit sayısı, onun enerji üretimine eş değer önemdeydi.

Örneğin, atmosferinin elektriği iletmesi nedeniyle bilgisayarın mümkün olmadığı bir gezegende kurulmuş yabancı bir uygarlığı hayal edelim. Bu durumda, herhangi bir elektrikli cihaz, kıvılcımlar oluşturarak, anında kısa devre yapacak, bu nedenle de yalnızca elektrikli aletlerin en ilkel formları mümkün olacaktır.

Herhangi bir büyük ölçekli elektrik üreteci ya da bir bilgisayar çabucak yanacak ve bozulacaktır. Böyle bir uygarlığın er ya da geç fosil yakıtlarına ve nükleer enerjiye hükmedebileceklerini hayal edebiliriz, ancak büyük miktarlarda bilgiyi işleyemeyeceklerdir. Onların bir internet ya da gezegensel bir telekomünikasyon sistemi oluşturmaları zor olacak, dolayısıyla ekonomileri ve bilimsel ilerlemeleri güdük kalacaktır. Onların Kardashev ölçeğine kadar yükselmeleri mümkündür, ama bilgisayarlar olmadan bunun gerçekleşmesi çok yavaş ve sancılı olacaktır.

Carl Sagan bu durumdan hareketle, bilgi işleme kapasitesine dayanan başka bir sınıflandırma sistemine öncülük etti. A'dan Z'ye alfabe harflerinin bir bilgi sınıfına karşılık geldiği bir ölçek geliştirdi. A Tipi bir uygarlık yalnızca bir milyon bilgi parçası işleyebilir; böyle bir uygarlık yalnızca bir konuşma diline sahiptir, bir yazı dilleri yoktur. Eğer, gelişmiş bir yazı diline ve edebiyata sahip antik Yunan'dan günümüze ulaşan tüm bilgileri derleyip toplarsak, ortaya aşağı yukarı bir milyar bitlik bilgi çıkar, bu ise onu C Tipi bir uygarlık yapar. Ölçekte yukarı doğru gidersek, kendi uygarlığımızın işlediği bilgi miktarını tahmin edebiliriz. Akıllı bir tahmin, bizi H Tipi bir uygarlığa koyar. Sonuçta, uygarlığımızın enerji ve bilgi işleme kapasitesi, 0,7 H Tipi'nde bir uygarlığa karşılık gelir.

Son yıllarda, başka bir endişe daha ortaya çıkmıştır: Kirlilik ve atık. Enerji ve bilgi bir uygarlığı sıralamak için yeterli değildir. Aslında, bir uygarlık ne kadar fazla enerji tüketirse ve ne kadar fazla bilgi ortaya koyarsa o kadar fazla kirlilik ve atık üretir. Bu akademik bir kuşku değildir; çünkü 1. ya da 2. Tip bir uygarlığın ürettiği atık onları yıkıma uğratmaya yetebilir.

Örnek olarak, 2. Tip uygarlık, bir yıldızın ürettiği tüm enerjiyi tüketir. Motorlarının %50 verimli olduğunu farz edelim, bu onun ürettiği atığın yarısının ısı formunda olduğu anlamına gelir. Bu potansiyel bir felakettir; çünkü bu miktardaki ısı, gezegen sıcaklığının onu eritene kadar yükselmesi anlamına gelir! Böyle bir gezegen üzerinde büyük miktarlarda ısı ve gaz püskürten milyarlarca kömür santrali olduğunu düşünün; gezegenin kendisini yaşamın mümkün olmadığı bir noktaya kadar ısıtacaklardır.

İşin doğrusu, Freeman Dyson bir defasında uzayda 2. Tip uygarlıklar bulmaya çalıştı; bunun için X-ışınları ya da görünür ışık yerine, öncelikle kızılötesi ışıma yayan nesneleri bulmaya çalıştı. Bunun nedeni, bir 2. Tip uygarlığın, kendi etrafında bir küre oluşturarak meraklı gözlerden varlığını gizlemek istese bile, kaçınılmaz olarak yüksek miktarlarda atık ısı üretecek olması ve böylece kızılötesi ışıma yayarak kızıla dönecek olmasıdır. Bu nedenle, astronomların esas olarak kızılötesi ışık üreten yıldız sistemlerini araştırmalarını önerdi. (Ancak, hiçbir uygarlık izi bulunmadı.)

Bu durum, öte yandan, enerjisinin kontrol dışı büyümesine izin veren herhangi bir uygarlığın canına kastedebileceği endişesini ortaya çıkarır. Dolayısıyla, ölçekte yukarı taşımalarına karşın, enerji ve bilginin bir uygarlığın hayatta kalmasını sağlamaya yetmediklerini görürüz. Verimliliği, atık ısıyı ve kirliliği dikkate alan yeni bir derecelendirme sistemine ihtiyacımız var. Bunu yapan yeni bir ölçek, *entropi*[46] denilen başka bir kavrama dayanır.

Uygarlıkların Entropi ile Sıralanması

İdeal olarak istediğimiz, enerji ve bilgiyle büyüyen, ama bunu çok akıllıca yapan, gezegeni dayanılmaz bir şekilde ısıtmayan ya da atıklarla boğmayan bir uygarlıktır.

Bu durum, bir Disney filmi olan *Wall-E*'de[47] grafiksel olarak anlatıldı; filmde biz insanlar, uzak gelecekte Dünya'yı o kadar çok kirletmiş ve harap etmişizdir ki, tüm karışıklığı ve pisliği geride bırakıp Dünya'yı terk etmişizdir; uzayda sürüklenen lüks yolcu gemilerinde rahatımıza düşkün bir hayat süreriz.

Burası termodinamiğin yasalarının önem kazandığı yerdir. Termodinamiğin birinci yasası, basitçe, hiçbir şey karşılığında bir şey elde edemezsiniz der, yani, her şeyin bir bedeli vardır.[48] Başka türlü ifade edersek, evrendeki toplam madde ve enerji

---

[46] *entropy*

[47] ülkemizde *Vol-İ* adıyla gösterildi; *Wall-E*, dilimize *Duvar-E* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

[48] metnin aslında bu ifade *there is no free lunch* diye geçer, dilimize *bedava öğle yemeği yoktur* olarak çevrilebilir. (ç.n.)

miktarı sabittir. 3. Bölüm'de gördüğümüz ikinci yasa en ilgincidir ve işin doğrusu, en sonunda gelişmiş bir uygarlığın kaderini belirleyebilir. Basitçe söylemek gerekirse termodinamiğin ikinci yasası, toplam entropi (düzensizlik ya da kaos) miktarının her zaman arttığını söyler. Bu her şeyin geçip gitmesinin, sona ermesinin gerektiği anlamına gelir; nesneler küflenmek, çürümek, paslanmak, eskimek ya da parçalanmak zorundadır. (Toplam entropinin *azaldığını* asla görmeyiz. Örneğin, kızarmış yumurtanın kızartma tavasından kabuğuna geri sıçradığını asla görmeyiz. Bir fincan kahvedeki şeker kristallerinin aniden ayrışıp kaşığınıza atladığını asla görmeyiz. Bu tür olaylar o kadar nadir görülürler ki "unmix"[49] sözcüğü İngilizce'de ya da başka bir dilde, bulunmaz.)

Sonuç olarak, geleceğin uygarlıkları 2. ya da 3. Tip bir uygarlığa doğru yükselirlerken körü körüne enerji üretirlerse o kadar çok atık ısı oluşturacaklardır ki kendi ana gezegenleri yaşanmaz hale gelecektir. Atık ısı, kaos ve kirlilik şeklindeki entropi er ya da geç kendi uygarlıklarınıyok edecektir. Benzer şekilde, gelecekteki uygarlıklar, ormanlarındaki ağaçların hepsini keserek ve dağlar kadar kâğıt atığı oluşturarak bilgi üretirlerse uygarlıkları kendi bilgi atıklarına gömülecektir.

Öyleyse uygarlıkların sıralanması için başka bir ölçek ileri sürmek zorundayız. İki yeni uygarlık tipi ortaya koymak zorundayız. Bunlardan ilki "entropi koruyan" uygarlıktır; bunda aşırıya kaçan atığı ve ısıyı kontrol altında tutmak için eldeki her olanak kullanılır. Enerjisinin üstel olarak büyümeye devam etme eğiliminin farkındadır, enerji tüketiminin gezegen ortamını değiştirebileceğini, yaşamı olanaksız hale getirebileceğini bilir. Gelişmiş bir uygarlık tarafından üretilen toplam düzensizlik ya da entropi, çok hızlı bir şekilde artmaya devam edecektir, bu kaçınılmazdır. Ancak, atık ve verimsizlik problemlerini ortadan kaldırmak için nanoteknoloji ve yenilenebilir enerji kullanırlarsa gezegenlerindeki *yerel* entropiyi azaltabilirler.

---

[49] *unmix*: *mix* kelimesinin zıttı; burada *mix* kelimesi A ve B gibi iki maddenin bir araya getirilmesi, form değiştirmesi ve üçüncü bir C maddesi oluşturması anlamındadır, dolayısıyla *unmix* kelimesi C'nin ayrışarak tekrar orijinal formlarında A ve B maddelerine dönmesi anlamına gelir. (ç.n.)

İkinci tip uygarlık bir "entropi savurganı"dır, enerji tüketimini sınırsızca arttırmaya devam eder. En sonunda ana gezegenin yaşanmaz bir hale gelmesi durumunda, kendi aşırılıklarından kaçmak için diğer gezegenlere doğru genişlemeye çalışır. Ancak, dış uzayda koloniler yaratma maliyeti onun genişleme yeteneğini sınırlayacaktır. Entropisi diğer gezegenlere doğru genişleme yeteneğinden daha hızlı büyürse o zaman bir felaketle yüzleşmek zorunda kalacaktır.

Doğanın Efendilerinden Doğanın Muhafızlarına

Daha önce bahsettiğimiz gibi, antik çağlarda doğanın yaptığı dansın pasif gözlemcileriydik, çevremizdeki gizemlerin tümüne merak içinde bakardık. Bugün, doğanın koreografları gibiyiz, ara sıra doğanın güçlerinde ufak tefek ayar yapabiliyoruz. 2100 yılında, doğanın efendileri olacağız, zihnimiz ile nesneleri hareket ettirebilecek, yaşam ve ölümü kontrol edebilecek, yıldızlara ulaşabileceğiz.

Lakin, doğanın efendileri haline gelirsek, aynı zamanda doğanın koruyucuları olmak mecburiyetinde kalacağız. Sınırsız bir entropi artışına izin verirsek, termodinamiğin yasaları gereğince, kaçınılmaz olarak yok olacağız. 2. Tip bir uygarlık, tanımı gereği, bir yıldız kadar çok enerji tüketir; dolayısıyla, entropinin hız kesmeden büyümesine izin verilirse gezegenin yüzey ısısı kavurucu sıcaklıklara yükselecektir. Ancak, entropinin büyümesini kontrol etmenin yolları var.

Örneğin, bir müzeyi ziyaret ettiğimizde ve kocaman kazanları ve vagonlar dolusu kara kömürüyle, on dokuzuncu yüzyılın devasa buhar motorlarını gördüğümüzde, enerjiyi nasıl israf ettiklerini, muazzam miktarlarda ısı ve kirlilik oluşturarak, nasıl da verimsiz olduklarını anlarız. Onları günümüzün sessiz ve şık bir elektrikli treniyle karşılaştırırsak bugün enerjiyi ne kadar daha verimli kullandığımızı anlarız. Havaya muazzam miktarlarda atık ısı ve kirlilik püskürten, devasa kömür-yakan enerji santralleri için duyulan ihtiyaç, insanların kullandığı aletler yenilenebilir enerji ve minyatürleştirme sayesinde enerji tasarruflu olursa büyük ölçüde azaltılabilir. Nanoteknoloji, makineler

atom ölçeklerine indirgendikçe, bize atık ısı miktarını daha da azaltma olanağı sağlar.

Öte yandan, oda-sıcaklığında-süperiletkenler[50] bu yüzyıl içinde bulunursa bu, enerji ihtiyaçlarımızda yapılacak tam bir revizyon anlamına gelecek. Sürtünme şeklindeki atık ısı büyük ölçüde azalacak, böylece makinelerimizin verimleri artacak. Daha önce bahsettiğimiz gibi, enerji tüketimimizin çok büyük çoğunluğu sürtünmenin bertaraf edilmesine gider; bu özellikle taşımacılıkta böyledir. Depolarımıza benzin koymamızın nedeni budur; sürtünme olmasaydı, California'dan New York'a gitmek neredeyse hiç enerji gerektirmeyecekti. İleri bir uygarlığın bugün bizim kullandığımızdan çok daha az enerjiyle çok daha fazla iş yapabileceğini kafamızda canlandırabiliriz. Bu, gelişmiş bir uygarlığın ürettiği entropiye sayısal sınırlar koyabiliriz anlamına gelir.

En Tehlikeli Geçiş

Mevcut 0'ıncı uygarlığımız ve geleceğin 1. Tip uygarlığı arasındaki geçiş, muhtemelen tarihteki en büyük geçiş olacak; büyümeye ve gelişmeye devam edip etmeyeceğimizi ya da kendi akılsızlığımız nedeniyle yok olup olmayacağımızı belirleyecek. Bu geçiş son derece tehlikelidir; çünkü bataklıktan ıstıraplı çıkışımızı simgeleyen acımasız vahşiliğimizin tümüne hâlâ sahibiz. Üzerimizdeki uygarlık cilasını kazırsak, tutuculuğun, mezhepçiliğin, ırkçılığın, tahammülsüzlüğün ve benzeri her kötülüğün hâlâ içimizde, iş başında olduğunu görürüz. Son 100.000 yıl içinde insan doğası çok bir değişime uğramadı, ama şimdi eski hesapları kapatmak için nükleer, kimyasal ve biyolojik silahlarımız var.

1. Tip uygarlığa geçiş yaptığımızda, fikir ayrılıklarımızı gidermek için yüzyıllarca zamanımız olacak. Daha önceki bölümlerde gördüğümüz gibi, uzay kolonileri gelecekte de son derece pahalı olmaya devam edecektir; bu nedenle, Dünya nüfusunun önemli bir kısmının, Mars ya da göktaşı kuşağını[51] kolonileş-

---

[50] *room temperature superconductors*

[51] *the asteroid belt*: Mars ve Jüpiter arasında, göktaşlarının en çok olduğu bölge. (ç.n.)

tirmek için ayrılması çok da olası değildir. Tamamıyla yeni roket tasarımları maliyetleri düşürünceye kadar ya da bir uzay asansörü inşa edilene kadar, uzay yolculuğu hükümetlerin ve zenginlerin özel alanı olmaya devam edecektir. Bu ise 1. Tip uygarlığa ulaştığımızda, Dünya nüfusunun çoğunluğunun gezegen üzerinde olacağı anlamına gelir. Bu, aynı zamanda, 1. Tip bir uygarlık olarak, fikir ayrılıklarımıza çözüm bulmak için yüzyıllarca zamanımız olacağı anlamına da gelir.

Bilgi İçin Araştırma

Biz heyecan verici bir zamanda yaşıyoruz. Bilim ve teknoloji, daha önce yalnızca hayalini kurabildiğimiz dünyaları bize açıyor. Bilimin geleceğine bakarken, tüm zorluklara ve tehlikelere karşın, gerçek bir umut görüyorum. Önümüzdeki onyıllarda, doğayı, tüm insanlık tarihinin toplamından daha fazla, kat kat fazlasını, keşfedeceğiz.

Ama bu her zaman böyle değildi.

Amerika'nın son büyük bilim insanı/devlet adamı Benjamin Franklin'in, yalnızca bir sonraki yüzyıl hakkında değil önümüzdeki bin yıl hakkında bir tahminde bulunurken sarfettiği sözleri düşünün. 1780'de, daha çok haşin ve sert bir dünyada hayatta kalabilmenin ezici yükünden dolayı, erkeklerin birbirlerine karşı genelde kurtlar gibi davrandığını üzüntüyle not eder.

Şöyle yazar:

> Bin yıl içinde, insanın madde üzerindeki gücünün ulaşabileceği yüksekliği hayal etmek olanaksızdır. Daha kolay bir taşımacılık adına, belki de büyük kütleleri ağırlıklarından mahrum bırakmayı ve onlara sınırsız bir hafiflik sağlamayı öğreneceğiz. Tarımdaki iş gücü azaltılabilir, üretim iki katına çıkartılabilir; yaşlılık da dahil olmak üzere tüm hastalıklar emin yollarla önlenebilir ya da tedavi edilebilir ve yaşamlarımız istediğimiz kadar uzatılabilir, hatta tufan öncesi devrin standartlarının çok ötesine çıkabilir.

Franklin, köylünün toprağı umutsuz bir yaşam için eşelediği, öküzle çekilen arabaların çürüyen ürünleri pazara getirdiği, veba ve açlığın hayatın bir gerçeği olduğu ve birkaç şanslının

kırk yaşından fazla yaşadığı bir zamanda yazıyordu. (Londra'da, 1750 yılında, çocukların üçte ikisi beş yaşına ulaşamadan hayatlarını kaybetti.) Franklin, bir gün bu asırlık sorunları çözebilmemizin umutsuz göründüğü bir zamanda yaşadı. Ya da, Thomas Hobbes'ın 1951'de yazdığı gibi, hayat "ıssız, yoksul, kötü, yabani ve kısa" idi.

Ama bugün, Franklin'in bin yılından çok daha az bir zamanda, onun tahminleri bir bir çıkmakta.

Bu inanç -mantık, bilim ve aklın bizi bir gün geçmişin boyunduruğundan kurtaracak inancı- Marquis de Condorcet'in 1795 çalışması *İnsan Zekâsının İlerlemesi Üzerine Tarihî Bir Canlandırma Çalışması*'na[52] yansımıştı; bazıları, şimdiye kadar yazılmış kitaplar içinde, gelecekteki olayların en doğru tahminini yapan çalışmanın bu kitapta olduğunu iddia eder. Tamamı inançlara oldukça ters düşen, ama hepsinin gerçekleştiği, çok çeşitli tahminlerde bulundu. Yeni Dünya kolonilerinin er ya da geç Avrupa'dan bağımsız olacaklarını ve Avrupa'nın teknolojisinden yararlanarak hızla ilerleyeceklerini tahmin etti. Her yerde köleliğin kalkacağını tahmin etti. Çiftliklerin dönüm başına ürettiği gıda miktarının ve kalitesinin büyük ölçüde artacağını tahmin etti. Bilimin hızla artacağını ve insanlığın yararına olacağını tahmin etti. Günlük yaşamın eziyetlerinden kurtulacağımızı ve daha fazla boş zamanımızın olacağını tahmin etti. Doğum kontrolünün bir gün yaygın olacağını tahmin etti.

1795 yılında, bu tahminlerin gerçekleşmesi umutsuz görünüyordu.

Benjamin Franklin ve Marquis de Condorcet'in her ikisi de ömrün kısa ve zalim olduğu ve bilimin hâlâ emekleme döneminde olduğu bir dönemde yaşadılar. Bu tahminlere dönüp bakarsak, geçmişin vahşetinden milyarlarca insanı çekip çıkartmaya yetecek lütuf ve serveti yaratan, bilim ve teknolojide gerçekleşen hızlı gelişmelerin değerini tam olarak anlayabiliriz. Franklin ve Condorcet'in dünyasına baktığımızda, insanlığın tüm yarattıkları arasında, açık farkla en önemlisinin bilimin yaratılması olduğunu anlarız. Bilim bizi bataklığın derinliklerinden çekti çıkardı ve yıldızların eşiğine yükseltti.

---

[52] *Sketch for a Historical Picture of the Progress of the Human Mind*

Ama bilim hareketsiz kalmaz. Daha önce de belirttiğimiz gibi, 2100 yılına kadar, bir zamanlar tapındığımız ve korktuğumuz mitolojinin tanrılarının güçlerine sahip olacağız. Özellikle bilgisayar devrimi, bize aklımız ile nesneleri manipüle etme yeteneği verebilir; biyoteknoloji devrimi, bize neredeyse istediğimiz anda yaşam oluşturma ve ömrümüzü uzatma yeteneği verebilir ve nanoteknoloji devrimi ise bize nesnelerin yapısını değiştirme ve hatta onları yoktan var etme yeteneği verebilir. Tüm bunlar, en sonunda 1. Tip gezegensel bir uygarlığın yaratılmasına yol açabilir. Sonuçta, şu an yaşayan nesil, Dünya yüzeyinde şimdiye kadar yürümüş insanların içinde en önemlisidir; çünkü 1. Tip bir uygarlığa yürüyüp yürümeyeceğimize ya da uçuruma düşüp düşmeyeceğimize biz karar vereceğiz.

Bilimin kendisi etik olarak nötrdür. Bilim iki ucu keskin bir kılıç gibidir. Kılıcın bir tarafı yoksulluğu, hastalığı ve cehaleti kesebilir. Ancak, kılıcın diğer tarafı da insanları kesebilir. Bu kudretli kılıcın nasıl kullanılacağı, onu tutanların bilgeliğine bağlıdır.

Einstein'ın bir zamanlar dediği gibi, "Bilim yalnızca ne olduğunu belirleyebilir, ne olacağını değil ve bilimin alanı dışında, değer yargıları kaçınılmazdır." Bilim bazı problemleri, yalnızca diğer problemleri yaratmak için çözer, ama her zaman daha yüksek bir düzeyde.

Birinci ve İkinci Dünya Savaşları sırasında, bilimin soğuk ve yıkıcı yanını gördük. Dünya dehşet içinde, zehirli gazın, makineli tüfeğin, tüm bir şehre atılan yangın bombalarının ve atom bombasının savaşta kullanılmalarıyla, bilimin daha önce hiç görülmemiş bir ölçekte nasıl tahribat ve yıkım getirebileceğine tanık oldu. Yirminci yüzyılın ilk yarısı, anlaşılması neredeyse olanaksız bir vahşetin kapılarını açtı.

Bilim, öte yandan, insanlığa yenilenme ve savaş kalıntıları üzerinde tekrar yükselme olanağı sağladı, daha büyük bir barış ve milyarlarca insan için oldukça refah bir dünya yarattı. Sonuçta, bilimin gerçek gücü bize olanak sağlaması ve bizi güçlendirmesidir; bunları bize bol seçenek bahşederek yapmasıdır. Bilim, insanlığın yenilikçi, yaratıcı ve zorluklara göğüs geren ruhunu, göze batan eksiklikleriyle birlikte yüceltir.

Geleceğin Anahtarı: Bilgelik

Bu nedenle, anahtar, bilim kılıcını ustalıkla kullanmak için gereken bilgeliği bulmaktır. Filozof Immanuel Kant'ın bir zamanlar dediği gibi, "Bilim düzenli bilgidir. Bilgelik ise düzenli bir yaşamdır." Bana göre, bilgelik çağımızın önemli sorunlarını belirleme, bunları birçok farklı bakış açısına ve perspektife göre analiz etme ve bunlar içinden asil amaçları ve ilkeleri yerine getirecek olanı seçme yeteneğidir.

Toplumumuzda bilgeliğe rastlamak zordur. Isaac Asimov'un bir zamanlar dediği gibi, "Şu anda toplumun en keder verici tarafı, bilimin bilgiyi, toplumun bilgelik kazanmasından daha hızlı devşiriyor olmasıdır." Bilginin aksine, bilgelik internet bloglarında[53] ya da internet sohbetlerinde dağıtılamaz. Bir bilgi okyanusunda boğulmakta olduğumuz için, modern toplumda en değerli sermaye bilgeliktir. Bilgelik ve kavrama gücü olmadan, hedefsiz ve amaçsız sürüklenmeye bırakılırız; sınırsız bilgi yeniliğinin etkisinin zamanla yok olmasının ardından, boş ve derin bir his kalır elimizde.

Ama bilgelik nereden gelir? Bilgelik, kısmen, muhalif tarafların makul ve bilinçli demokratik tartışmalarından gelir. Bu tartışmalar genellikle dağınık, nahoş ve çoğunlukla gürültülüdür; ama tüm bu gürlemeler ve dumanların içinden gerçek bir kavrayış, bir içgörü ortaya çıkar. Toplumumuzda, böyle bir tartışma demokrasi şeklinde ortaya çıkar. Winston Churchill'in bir zamanlar gözlemlediği gibi, "Demokrasi, zaman zaman denenmiş diğerleri hariç, en kötü yönetim şeklidir."

Sonuç olarak, demokrasi kolay değildir. Onun için çaba göstermek zorundasınız. George Bernard Shaw'un bir zamanlar dediği gibi, "Demokrasi, hak ettiğimizden daha iyi olmayan bir yönetimi garanti eden bir araçtır."

Bugün, internet, tüm kusurları ve aşırılıkları ile demokratik özgürlüklerin bir muhafızı olarak ortaya çıkmakta. Bir zamanlar kapalı kapılar ardında tartışılan sorunlar, şimdi binlerce internet sitesinde en ufak detaylarına kadar inceleniyor ve analiz ediliyor.

---

[53] İnternet/Web günlüğü. (ç.n.)

Diktatörler, halkları onlara karşı ayaklandıklarında olabileceklerin dehşetine düşmüşler, internet korkusu içinde yaşıyorlar. Böylece bugün, *1984* kâbusu[54] ortadan kalktı, internet bir terör aracı olmaktan çıktı, bir demokrasi aracına dönüştü.

Bilgelik, tartışmanın kakofonisinden ortaya çıkar. Ancak, etkin ve demokratik bir tartışmanın değerini arttırmanın en emin yolu eğitimden geçer; çünkü yalnızca eğitimli bir seçmen uygarlığımızın kaderini belirleyecek teknolojiler hakkında kararlar verebilir. Sonuçta, insanlar bu teknolojiden ne kadar yararlanacaklarına ve onun hangi yönde ilerlemesi gerektiğine, kendileri için karar verecekler; ancak, yalnızca bilinçli, eğitimli bir seçmen bu kararları akıllıca verebilir.

Ne yazık ki, birçoğu gelecekte karşımıza çıkacak büyük güçlüklerden acıklı bir şekilde habersizler. Eskilerin yerini alacak yeni endüstrileri nasıl oluşturabiliriz? Gençleri geleceğin iş piyasası için nasıl hazırlayacağız? İnsanlarda genetik mühendisliği ne kadar zorlamalıyız? Çürüyen ve işlevsiz kalmış bir eğitim sistemini, gelecekteki güçlüklerin üstesinden gelmek için nasıl yenileyebiliriz? Küresel ısınma ve nükleer yaygınlaşmanın önünü nasıl kesebiliriz?

Bir demokrasinin anahtarı, günlük sorunları mantık çerçevesinde ve duygularına kapılmadan, serinkanlılıkla tartışabilen, eğitimli, bilinçli bir seçmendir. Bu kitabın amacı, bu yüzyılın nasıl evrileceğini belirleyecek tartışmayı başlatmaya yardımcı olmaktır.

Bir Yük Treni Olarak Gelecek

Sözün özü, gelecek bizim yaratmamız içindir. Hiçbir şey taşlara kazınmamıştır, kesin değildir. Shakespeare'in *Julius Caesar*'da, yazdığı gibi, "Hata, sevgili Brutus, yıldızlarımızda değil, kendimizdedir... Ya da Henry Ford'un bir zamanlar, belki daha etkisiz bir biçimde, söylediği gibi, "Tarih az ya da çok zırvadır. Gelenektir. Biz gelenek istemiyoruz. Biz bu anı yaşamak istiyoruz ve umursamaya değecek tek tarih, bugün yazdığımız tarihtir."

---

[54] burada George Orwell'in *1984* adlı romanından bahsediliyor; bir önceki bölümde de adı geçmişti. (ç.n.)

Sonuç olarak, gelecek, yolumuzu açan, raylar üzerinde hızla ilerleyen büyük bir yük treni gibidir. Bu trenin arkasında, kendi laboratuvarlarında geleceği icat eden binlerce bilim insanının teri ve emeği var. Trenin düdüğünü duyabilirsiniz. Şöyle der: Biyoteknoloji, yapay zekâ, nanoteknoloji ve telekomünikasyon. Buna karşın bazılarının tepkisi, "Ben çok yaşlıyım. Bunları öğrenemem. Yalnızca uzanacağım ve tren beni ezip geçecek." şeklinde olur. Ancak, gençlerin, enerjiklerin ve heveslilerin tepkisi, "Beni bu trene alın! Bu tren benim geleceğimi temsil eder. Bu benim kaderim. Sürücü koltuğuna beni alın." şeklindedir.

Bu yüzyılın insanlarının akıllıca ve merhametle bilimin kılıcını kullanacağını umalım.

Lakin bir gezegensel uygarlıkta nasıl yaşayabileceğimizi daha iyi anlamak için, 2100 yılı içinde bir gün yaşamak öğretici olabilir; böylece bu teknolojilerin, kariyerimiz, umutlarımız ve hayallerimizle birlikte, günlük hayatımızı nasıl etkilediğini görebiliriz.

Aristo'dan Thomas Aquinas'a kadar, *mükemmellllk*, kökleri deneyimde ve etik bir yaşamın örnekler yoluyla öğrenildiği ilişkilerde olan *bilgellk* anlamına geliyordu. Bizim mükemmelliğimiz genlerin iyileştirilmesinde değil, karakterlerin geliştirilmesinde yatıyor.

—STEVEN POST

9
2100'deki Yaşamdan Bir Gün

1 Ocak 2100, 06:15

Yılbaşı gecesindeki ağır bir parti gecesinden sonra, mışıl mışıl uyumaktasınız.

Birden duvar ekranınız aydınlanır. Dost ve tanıdık bir yüz ekranda belirir. Bu, yeni satın aldığınız yazılım programı Molly'dir. Molly neşeli bir şekilde, "Uyan John. Ofiste sana ihtiyaç var. Bizzat. Bu önemli." der.

"Dur bakalım, Molly! Şaka yapıyor olmalısın." diye homurdanırsınız. "Bugün yılbaşı ve ben akşamdan kalmayım. Hem bu kadar önemli olan şey ne olabilir ki?"

Yavaş yavaş yataktan kendinizi dışarı sürüklersiniz ve isteksizce banyoya yönelirsiniz. Yüzünüzü yıkarken, ayna, tuvalet

ve lavaboda saklı yüzlerce DNA ve protein alıcısı sessizce harekete geçer, nefesinizden ve vücut sıvılarınızdan yayılan molekülleri analiz ederler, herhangi bir hastalığın moleküler seviyede en ufak bir belirtisi olup olmadığını kontrol ederler.

Banyodan çıktıktan sonra, başınızın etrafına, evinizi telepatik olarak kontrol etmenizi sağlayan telleri takarsınız. Zihinsel olarak dairenin sıcaklığını yükseltirsiniz, rahatlatıcı bir müzik açarsınız, mutfaktaki robot aşçıya kahvaltıyı ve biraz kahve hazırlamasını söylersiniz ve manyetik aracınızdan garajınızdan çıkmasını ve sizi almaya hazır olmasını istersiniz. Mutfağa girerken, robot aşçınızın mekanik kollarının tam da sizin sevdiğiniz şekilde yumurta hazırladığını görürsünüz.

Sonra kontakt lenslerinizi takar ve internete bağlanırsınız. Gözünüzü kırpınca, gözünüzün retinası üzerine düşen interneti görürsünüz. Sıcak kahvenizi içerken, kontakt lenslerinizde beliren haber başlıklarını taramaya başlarsınız.

- Mars üzerindeki yerleşim yeri daha fazla ödenek istiyor. Mars'ta kış hızla yaklaşıyor. Yerleşimciler kolonileşmekte bir sonraki aşamayı tamamlayacaklarsa dondurucu soğuk havayla başa çıkmak için Dünya'dan daha fazla kaynağa ihtiyaçları olacak. Planları, Mars'ın yüzey sıcaklığını yükselterek Mars'ı yaşanılabilir kılmanın ilk aşamasına başlamak.
- İlk yıldız gemileri fırlatılmaya hazır. Her biri toplu iğne başı büyüklüğünde milyonlarca nanorobot Ay üssünden ateşlenecek, Jüpiterin manyetik alanını kullanarak onun etrafından hızlıca dönüp yön değiştirecekler ve yakındaki bir yıldıza yönelecekler. Fakat yalnızca bir avuç nanorobot bir diğer yıldız sistemindeki hedefe ulaşabilecek, bu da yıllar alacak.
- Soyu tükenmiş başka bir hayvan daha yerel hayvanat bahçesine katılacak. Bu kez, bir tundrada donmuş halde bulunan DNA yoluyla hayata döndürülen, nadir bir kılıç-dişli[1] kaplan hayvanat bahçesine konacak. Dünya

[1] *saber-toothed*

ısınmakta olduğundan, soyu tükenmiş hayvanların gittikçe daha fazlasının DNA'sı geri kazanıldı ve klonlandı, şimdi tüm dünyadaki hayvanat bahçelerini dolduruyorlar.

- Yıllarca uzaya yük taşıyan uzay asansörü, şimdi sınırlı sayıda turisti uzaya götürme olanağı veriyor. Uzay yolculuğunun maliyeti, son yıllarda, uzay asansörü açıldığından bu yana, zaten 50 kat azalmıştı.
- En eski füzyon santralleri artık neredeyse elli yaşında. Bazılarının devreden çıkartılmasının ve yenilerinin inşa edilmesine başlanmasının zamanı geliyor.
- Bilim insanları, Amazon'da birdenbire ortaya çıkan yeni bir ölümcül virüsü dikkatle takip ediyorlar. Şimdiye kadar, küçük bir bölgede sınırlı gibi görünüyor, ama bilinen bir tedavisi yok. Bilim insanlarından oluşan bir ekip, telaş içinde virüsün gen dizilimini tamamlamaya çalışıyorlar, böylece onun zayıf noktalarını ve onunla nasıl mücadele edileceğini öğrenecekler.

Aniden, bir tanesi dikkatinizi çekiyor:

- Manhattan'ı çevreleyen setlerde beklenmedik bir biçimde büyük bir sızıntı belirlendi. Setler onarılmazsa tüm şehir sular altında kalabilir; bu, geçmişte birçok şehrin başına gelmişti.

Kendi kendinize "hımm" dersiniz. "Ofisten beni aramalarının ve uyandırmalarının nedeni belli oldu."

Kahvaltı yapmaktan vazgeçersiniz, giyinir ve aceleyle dışarı fırlarsınız. Garajdan dışarıya kendi kendine çıkan aracınız dışarıda sizi bekliyordur. Telepatik olarak aracınızdan sizi en kısa sürede ofisinize götürmesini istersiniz. Manyetik araç hemen internee, GPS'e ve sürekli olarak trafiği izleyen, yol boyunca gizlenmiş milyarlarca çipe bağlanır.

Manyetik aracınız sessizce havalanır, süperiletken asfaltın oluşturduğu manyetik bir yastık üzerinde süzülerek gider, Molly'nin yüzü ansızın aracınızın ön camında belirir. "John, ofisinizden gelen en son mesaj, herkesle konferans salonunda

buluşmanızı söylüyor. Ayrıca, kız kardeşinizden bir video mesajınız var."

Arabanız kendi kendisini sürerken, kız kardeşinizin bıraktığı video-postaya göz atmak için zamanınız var. Onun görüntüsü kol saatinizde belirir, "John, altıncı yaşına giren Kevin için bu hafta sonu bir doğum günü partimiz var, unutma. Ona son çıkan robot köpeği alacağına söz vermiştin. Bu arada, birisiyle görüşüyor musun? İnternet üzerinden briç oynuyordum ve hoşuna gidebilecek biriyle tanıştım." der.

Kendi kendinize "Ooo" dersiniz.

Manyetik arabanızla dolaşmayı seviyorsunuz. Yol üzerinde havada süzüldüğü için, endişelenecek hiçbir tümsek ya da çukur yok. En güzeli ise sizi yavaşlatacak neredeyse hiç sürtünme olmadığı için, nadiren yakıt almanız. (Yüzyılın başlarında bir enerji krizi olduğuna inanmak zor, diye kendi kendinize düşünürsünüz. Bu enerjinin büyük bir kısmının sürtünmeyi yenmek için boşa harcandığının farkındasınızdır, başınızı sallarsınız.)

Süperiletken otoyolun ilk açıldığı zamanı hatırlarsınız. Medya, hepimizin bildiği elektrik çağı sona eriyor diye yas tutmuştu; yeni bir manyetizma çağı başlıyordu. Aslında, elektrik çağını bir parça bile özlemiyorsunuz. Dışarıya bir göz atarsınız, havada sizi vınlayarak geçen şık arabaları, kamyonları ve trenleri görürsünüz; ilerlemenin yolunun manyetizma olduğunu ve bu süreçte para tasarrufu sağladığını fark edersiniz.

Manyetik arabanız şimdi şehir çöplüğünü geçerek yoluna devam etmektedir. Çöpün çoğunun bilgisayar ve robot parçaları olduğunu görürsünüz. Çiplerin neredeyse hiçbir maliyeti yoktur, sudan bile ucuzdur; kullanılmayan çipler, tüm dünyada, şehir çöplüklerinde dağlar oluşturmaktalar. Çiplerin arazi doldurmakta kullanılması hakkında konuşmalar var.

Ofis

En sonunda, ofisinizin bulunduğu büyük bir inşaat şirketinin merkezi olan binaya ulaşırsınız. İçeri girdiğinizde, bir lazerin, neredeyse size hiç hissettirmeden, sessizce irisinizi kontrol ederek yüzünüzü teşhis ettiğini fark edersiniz. Plastik güvenlik kartlarına gerek yok artık. Vücudunuz kimliğinizdir.

Konferans salonu neredeyse boş, masanın etrafında yalnızca birkaç iş arkadaşınız var. Sonra, kontakt lenslerinizde, diğer katılımcıların üç boyutlu görüntüleri hızla masa etrafında yerlerini alır. Ofise gelemeyenler holografik olarak buradadırlar.

Odaya şöyle bir göz gezdirirsiniz. Kontakt lensleriniz masadaki tüm insanları tanımlar, biyografilerini ve öz geçmişlerini gösterir. Epeyce önemli kimsenin orada olduğunu fark edersiniz. Katılan önemli insanları aklınızın bir köşesine yazarsınız.

Patronun görüntüsü ansızın koltuğunda belirir. "Beyler" diye seslenir, "muhtemelen haberiniz var, Manhattan çevresindeki setler birdenbire sızdırmaya başladı. Sorun ciddi, ama zamanında fark ettik, dolayısıyla bir çökme tehlikesi yok. Ancak, ne yazık ki, setlerin onarımı için indirdiğimiz robotlar başarısız oldular."

Birden ışıklar kararır ve sualtı setlerinin üç boyutlu görüntüleri ile tamamen çevrelenirsiniz. Tamamen suya batmış gibisiniz, büyük bir çatlağın olduğu setin görüntüsü gözünüzün tam önündedir.

Görüntüler tek tek geçerken, sızıntının tam olarak nerede oluştuğunu görebiliyorsunuz. Sette dikkatinizi çeken büyük ve garip bir yarığı görebiliyorsunuz. "Robotlar yeterli değiller." diyen patronunuz devam eder. "Bu, onların programlarında olmayan bir sızıntı türü. Durumu değerlendirebilecek, bir çözüm önerebilecek deneyimli insanları oraya indirmemiz gerekiyor. Başarısız olursak, New York'un, şimdi bazıları su altında olan diğer büyük şehirlerle aynı kaderi paylaşacağını hatırlatmama gerek yok sanırım."

Gruptaki herkes ürperir. Herkes, deniz seviyesi yükseldikçe terk edilmek zorunda kalınan büyük şehirlerin adlarını bilir. Gezegenin ana enerji kaynağı olarak yenilenebilir teknolojiler ve füzyon enerjisi onlarca yıl önce fosil yakıtların yerini almış olmasına karşın, insanlar hâlâ geçen yüzyılın ilk yarısında atmosfere bırakılmış karbondioksitten sıkıntı çekmektedir.

Uzun tartışmalardan sonra, insanların kumanda ettiği bir robot onarım ekibinin gönderilmesine karar verilir. İşte burası sizin işin içine girdiğiniz yerdir. Siz bu robotların tasarlanmasında yardımcı olmuştunuz. Eğitimli insan çalışanlar kapsüller

içine yerleştirilir, başları etrafına elektrotlar yerleştirilir. Beyin sinyalleri, bu çalışanların robotlarla telepatik temas kurmalarını sağlar. Kendi kapsülleri içinde, robotların gördüğü ve hissettiği her şeyi görebilir ve hissedebilirler. Bu, kişisel olarak bizzat orada olmak gibidir, ama yeni bir insanüstü vücut içerisindesinizdir.

İşinizle haklı olarak gurur duyuyorsunuz. Bu telepatik kontrollü robotlar değerlerini birçok kez kanıtladılar. Ay üssü büyük ölçüde, Dünya üzerinde rahatça ve güvenli bir şekilde kendi kapsüllerinde uzanan insan çalışanlar tarafından kontrol edilmekte. Ancak bu, bir radyo sinyalinin Ay'a ulaşması yaklaşık bir saniye sürdüğünden, çalışanların kendilerini bu zaman gecikmesine ayarlayabilmeleri için eğitilmek zorunda oldukları anlamına gelir.

(Mars üssüne de robotlar koymak istemiştiniz; ama bir sinyalin Mars'a ulaşması yirmi dakika kadar vakit aldığından ve sonra geri dönmesi de bir yirmi dakika aldığından, Mars'taki robotlar ile iletişimin çok zor olacağına karar verilmişti. Heyhat, tüm ilerlememiz boyunca ayarlayamayacağımız tek bir şey var: Işık hızı.)

Ama toplantıda bir şey hâlâ canınızı sıkmaktadır.

En sonunda, patronunuzun sözünü kesmek için cesaretinizi toplarsınız. "Efendim, bunu söylemekten nefret ediyorum; ama set içindeki sızıntıya bakarsak, çatlak, kendi robotlarımızdan birinin bıraktığı bir işaretmiş gibi kuşkulu duruyor."

Odayı hemen bir uğultu kaplar. Yüksek sesli itirazları duyabiliyorsunuz: "Kendi robotlarımız mı? Olanaksız. Saçma. Böyle bir şey daha önce hiç yaşanmadı." diyerek insanlar sizi protesto ederler.

Sonra patronunuz odayı susturur ve ciddiyetle yanıt verir. "Bu konuyu birinin gündeme getirmesinden korkuyordum, bu nedenle, bunun çok önemli bir konu olduğunu ve kesinlikle çok gizli tutulması gerektiğini söylememe izin verin. Kendi basın açıklamamızı yapana kadar, bu bilgiler bu odadan dışarı çıkmamalıdır. Evet, kaçağa aniden kontrolden çıkan kendi robotlarımızdan biri neden oldu."

Toplantıda kıyamet kopar. İnsanlar başlarını sallarlar. Bu nasıl olabilir?

"Robotlarımızın mükemmel bir geçmişi var." diye patronunuz ısrar eder. "Kesinlikle lekesiz. Tek bir robot bile şimdiye kadar herhangi bir zarara neden olmadı. Onların arıza güvenlik mekanizmalarının etkinliği defalarca kanıtlanmıştır. Biz bu geçmişin arkasında dururuz. Ancak, bildiğiniz gibi, gelişmiş robotlarımızın en son nesli kuantum bilgisayarlar kullanmakta; bunlar şu anda mevcut olan en güçlü bilgisayarlar, insan zekâsına yaklaşıyorlar. Evet, insan zekâsı. Kuantum kuramında, her zaman yanlış bir şeyin olacağına ilişkin küçük ama kesin bir olasılık vardır. Böyle bir durumda, her şey zıvanadan çıkar."

Haberle şaşkına dönmüşsünüzdür, sandalyenizde çöküp kalırsınız.

Tekrar Ev

Çok uzun bir gün geçirdiniz, ilk olarak sızıntıyı onarmak için robot onarım ekibini organize ettiniz, sonra, en azından bu sorun çözülene dek, tüm kuantum bilgisayar kullanan deneysel robotların devre dışı bırakılmasına yardım ettiniz. Sonunda tekrar eve geldiniz. Yorgun düşmüşsünüz. Kanepenize rahatça gömüldüğünüzde, Molly duvar ekranında belirir. "John, Doktor Brown'dan önemli bir mesajınız var."

Doktor Brown mı? Robot doktorunuz ne söyleyecek ki?

Molly'ye "Onu ekrana ver." dersiniz. Doktorunuz duvar ekranında belirir. "Doktor Brown" o kadar gerçek görünür ki bazen onun yalnızca bir yazılım olduğunu unutursunuz.

"Rahatsız ettiğim için üzgünüm, John, ama dikkatinizi çekmem gereken bir şey var. Geçen yıl, neredeyse sizi öldüren kayak kazasını hatırlıyor musunuz?"

Nasıl unutabilirsiniz ki? Alpler'in bittiği yerde kayak yaparken bir ağaca çarptığınızı hatırladıkça hâlâ ürperiyorsunuz. Alp karının çoğu zaten erimiş olduğundan, çok yüksekte, hiç bilmediğiniz bir tatil yeri seçmek zorunda kalmıştınız. Araziye alışık değildiniz, yanlışlıkla bir yamaçtan aşağı yuvarlanmış ve

saatte altmış beş kilometre ile bir grup ağaca çarpmıştınız. Offf!

Doktor Brown, "Benim kayıtlarım çarpmanın etkisiyle bilincinizi kaybettiğinizi, beyin sarsıntısı geçirdiğinizi ve ağır iç kanamalarınız olduğunu, ama giysilerinizin hayatınızı kurtardığını gösteriyor." diye devam eder.

Bilinçsiz olmanıza karşın, elbiseniz otomatik olarak bir ambulans çağırmış, tıbbi geçmişinizi yüklemiş ve kesin koordinatlarınızı belirlemişti. Daha sonra hastanede robotlar kanamayı durdurmak, küçük yırtıklı kan damarlarını dikmek ve diğer hasarları onarmak için mikrocerrahi uygulamışlardı.

"Mideniz, karaciğeriniz ve bağırsaklarınız onarılamayacak derecede hasar görmüştü." diye Doktor Brown devam eder. "Şansınız varmış ki, tam zamanında sizin için yeni bir dizi organ büyütebildik/üretebildik."

Ansızın kendinizi bir parça bir robot gibi hissedersiniz; çünkü vücudunuzun büyük bir kısmı doku fabrikasında üretilmiş organlardan yapılmıştır.

"Biliyorsunuz, John, parçalanmış kolunuzu da tamamen mekanik bir kolla değiştirtebilirdiniz, kayıtlarım böyle söylüyor. En güncel robot kolu, kolunuzdaki gücü beş kat arttırabilirdi. Ama reddettiniz."

"Evet" diye yanıt verirsiniz, "Sanırım ben hâlâ eski kafalı bir adamım. Her zaman çelik yerine kasları tercih ederim." dersiniz.

"John, yeni organlarınızı periyodik olarak kontrol etmek zorundayız. MRI[2] tarayıcınızı alın ve onu yavaşça karın bölgeniz üzerinden geçirin."

Banyoya gider ve cep telefonu büyüklüğündeki küçük bir cihazı alır ve onu yavaş yavaş organlarınızın üzerinden geçirirsiniz. İç organlarınızın üç boyutlu görüntülerini duvar ekranında hemen görürsünüz.

"John, vücudunuzdaki iyileşmeyi görmek için bu görüntüleri analiz edeceğiz. Bu arada, banyonuzdaki DNA alıcıları bu sabah pankreasınızda büyümekte olan kanser tespit ettiler."

---

[2] *the magnetic resonance imaging*: manyetik rezonans görüntüleme. (ç.n.)

"Kanser mi?" Hemen doğrulursunuz. Şaşkınsınızdır. "Ama kanserin yıllar önce tedavi edildiğini sanıyordum. Artık bu konuda konuşan bile yok. Bende nasıl kanser olabilir?"

"Aslında, bilim insanları hiçbir zaman kanseri tedavi etmedi. Kanser ile yalnızca bir ateşkesteyiz diyelim, berabereyiz, yenişemedik. Kanserin birçok türü bulunur. Nezle gibi. Onu da asla tedavi edemedik. Yalnızca bizden uzak tutuyoruz. Sizdeki kanser hücrelerini öldürmek için nanoparçacıklar sipariş ettim. Yalnızca birkaç yüz kanserli hücre var. Tamamen sıradan. Ancak bu müdahale olmazsa muhtemelen yedi yıl içinde ölürsünüz." diye ifadesiz bir tonda konuşur.

"Ooo, bu çok rahatlatıcı." dersiniz kendi kendinize.

"Evet, bugün bir tümör oluşmadan yıllar önce kanseri belirleyebiliyoruz." der Doktor Brown.

"Tümör mü? O nedir?"

"Aaa, bu ilerlemiş bir kanser türü için eski moda bir sözcüktür. Hemen hemen lügatten silindi. Artık onları asla görmüyoruz." diye eklcr Doktor Brown.

Sonra birden, tüm bu heyecan içinde, kardeşinizin sizin için birini ayarlamakla sizi tehdit ettiğini unuttuğunuzu fark edersiniz. Tekrar Molly'yi çağırırsınız.

"Molly, ben bu hafta sonu bir şey yapmıyorum, benimle çıkacak birini bulabilir misin? Sevdiğim insan tipini biliyorsun."

"Evet, tercihleriniz hafızamda kayıtlı. Ben interneti tararken bir dakika bekleyin." Bir dakika sonra, Molly olası adayların profillerini gösterir; bu adaylar da aslında o anda kendi duvar ekranları önünde oturmaktadırlar, onlar da kendi duvar ekranlarından aynı şeyi istemişlerdir.

Adayları taradıktan sonra, nihayet size hitap eden birini seçersiniz. Karen adındaki bu kişi bir şekilde özel görünüyor, diye kendi kendinize düşünürsünüz. "Molly, Karen'a bu hafta sonu müsait olup olmadığını soran nazik bir mesaj gönder. Denemek istediğim henüz açılmış yeni bir restoran var."

Molly, Karen'a, bir video posta formatında, profilinizi gönderir.

O gece, size bira içmek ve futbol izlemek için uğrayan bazı iş arkadaşlarınızla vakit geçirir, dinlenirsiniz. Arkadaşlarınız ho-

lografik görüntüleri ile oturma odanızda görünerek de maçı izleyebilirlerdi, ama heyecana bizzat kendileri katılan arkadaşlarla ev sahibi takıma tezahürat her zaman daha keyiflidir. Beraber eğlenme alışkanlığının, muhtemelen binlerce yıl önceden geldiğini, mağara adamlarının birbirleriyle bağ kurmak zorunda oldukları zamanlardan kaldığını hayal eder, gülümsersiniz.

Tüm salon birdenbire aydınlanır ve o an sanki bir [Amerikan] futbol sahasında, 50-yard çizgisi üzerindeymişsiniz gibi olur. Oyun kurucu bir ileri pas yaptığında, hemen onun yanında durursunuz. Oyun dört tarafınızda oynanmaktadır.

İlk yarı boyunca, siz ve arkadaşlarınız oyuncuları değerlendirmeye başlarsınız. Bira ve patlamış mısır eşliğinde, en çok kim idman yapar, en çok kim antrenman yapar, en iyi antrenörlere ve en iyi gen terapistine kimler sahiptir; ateşli bir şekilde hepsini tartışırsınız. Ev sahibi takımınızın, paranın satın alabileceği en iyi genlerle, ligdeki en iyi genetikçiye sahip olduğunda hepiniz hemfikirsinizdir.

Arkadaşlarınız gittikten sonra, hâlâ uyuyamayacak kadar heyecanlısınız. Böylece yatmadan önce hızlı bir poker oyunu oynamaya karar verirsiniz.

"Molly" diye sorarsınız, "geç oldu, ama bir poker oyunu kurmak istiyorum. Kendimi şanslı hissediyorum. Şu an benimle birkaç el oynamak isteyebilecek İngiltere, Çin, Hindistan ya da Rusya'dan birileri uyanıktır."

"Sorun değil." der Molly. Birkaç olası yüz ekranda görüntülenir. Her oyuncunun üç boyutlu bir görüntüsü oturma odanızda oluşurken, en iyi blöf yapabilecek olanı görme fikrinin tadını çıkarırsınız. "Binlerce kilometre ötedeki uzak ülkelerden insanların kapı komşunuzdan daha tanıdık olmaları komik." dersiniz kendi kendinize. Ülke sınırları bu günlerde çok da bir anlam taşımıyor.

Son olarak, yatmak üzereyken, banyo aynasında beliren Molly yine araya girer:

"John, Karen davetinizi kabul etti. Bu hafta sonu için her şey ayarlandı. Bu yeni restoranda yer ayırtacağım. Karen'ın kendisi hakkında yazdığı bilgileri görmek ister misiniz? Profilinin doğruluğunu saptamak için interneti taramamı ister misiniz? İnsan-

ların kendi profilleri hakkında ... mımm ... yalan söyledikleri bilinmektedir."

"Hayır" dersiniz. "Bunu hafta sonu için bir sürpriz olarak bırakalım." Poker oyunundan sonra kendinizi tekrar şanslı hissedersiniz.

Hafta Sonu

Hafta sonu geldi, alışverişe gitme ve Kevin için bir hediye satın alma zamanı. "Molly, alışveriş merkezini ekrana koyar mısın?"

Alışveriş merkezi birden duvar ekranında belirir. Kol ve parmaklarınızı sallarsınız ve duvar ekranındaki görüntü alışveriş merkezi boyunca bir yol izler. Oyuncak mağazasının görüntüsüne ulaşana kadar sanal bir tur yaparsınız. Evet, tam olarak istediğiniz robot evcil hayvan oyuncaklarına sahipler. Telepatik olarak aracınızdan sizi alışveriş merkezine götürmesini istersiniz. (Oyuncağı çevrim içi olarak da sipariş edebilirdiniz. Ya da e-posta ile gönderilecek detaylı planlara sahip olabilir ve evde birleştirici makinenize[3], programlanabilir madde[4] kullanarak, oyuncağı sıfırdan yaptırtabilirdiniz. Ancak, ara sıra evden çıkmak ve alışveriş yapmak her zaman iyidir.)

Manyetik arabanızda yol alırken, dışarıya bakar, yürüyüş yapan insanları görürsünüz. Oldukça güzel bir gündür. Ayrıca her çeşitten birçok robot da görürsünüz. Köpek gezdiren robotlar. Evcil robotlar. Robot tezgâhtarlar, aşçılar, resepsiyonistler. Tehlikeli işlerin, kendini tekrarlayan işlerin ya da yalnızca basit bir insan müdahalesi gerektiren işlerin hep robotlarca yapıldığı görülür. İşin doğrusu, robot endüstrisi şimdilerde çok büyük bir iş kolu. Tüm çevrenizde, robotları onarabilen, bakımını yapabilen, sürümünü yükseltebilen ya da siparişe göre yeni robotlar yapabilen şirketlerin reklamlarını görürsünüz. Robot alanında çalışan herkesin parlak bir geleceği var. Robot sektörü, geçen yüzyılın otomobil sektöründen daha büyük. Robotların çoğunun gözden ırak olduğunun farkındasınızdır, sessizce kentin altyapısını tamir ederler ve temel hizmetlerin devamını sağlarlar.

---

[3] *fabricator*

[4] *programmable matter*

Oyuncak mağazasına ulaştığınızda, robot bir tezgâhtar sizi girişte karşılar. "Size yardımcı olabilir miyim?" der.

"Evet, bir robot köpek satın almak istiyorum."

En son çıkan robot köpeklere bakarsınız. Bu robot hayvanların yapabildiklerinin ne kadar şaşırtıcı olduğunu söylersiniz kendi kendinize. Oynayabilirler, koşabilirler, atılanı alıp getirebilirler, bir köpeğin yapabileceği her şeyi yapabilirler; halı üzerine çişini yapmak hariç her şeyi. Belki de anne babaların çocukları için onları satın alması bu yüzden, diye aklınızdan geçirirsiniz.

"Altı yaşındaki yeğenim için robot bir evcil hayvan satın alacağım." dersiniz. O çok zekidir, aktif bir çocuktur. Ancak, bazen utangaç ve sessizdir de. Ne tür bir köpek onun kabuğundan çıkmasına yardımcı olabilir?"

Robot yanıtlar, "Özür dilerim, efendim. Bunlar benim programlamam dışında. Ancak, size bir uzay oyuncağı önerebilirim?"

Bu robotların, ne kadar çok yönlü olurlarsa olsunlar, insan davranışlarını anlayabilmeleri için daha uzun bir yol katetmeleri gerektiğini unutursunuz.

Sonra bir erkek giyim mağazasına gidersiniz. Çıkacağınız kişiyi etkilemek istiyorsanız, o eskimiş rüküş kıyafetinizi değiştirmenin zamanıdır. Tasarımcıların özel yapımı takım elbiseleri denersiniz. Hepsi çok şık, ama tümünün de bedeni yanlış. Hayal kırıklığına uğrarsınız. Sonra, sizin üç boyutlu hassas ölçülerinizi içeren kredi kartınızı çıkarırsınız. Bilgileriniz bilgisayara girilir; yeni bir takım elbisenin kesimi o an bir fabrikada yapılmaya başlandı bile, en kısa zamanda kapınıza teslim edilecek. Bunlarda hata olmaz, her zaman mükemmel bir şekilde vücudunuza uyar.

Son olarak markete gidersiniz. Raflardaki plastikler içindeki gizli çipleri tararsınız ve kontakt lenslerinizle, en ucuz ve en iyi ürünlerin şehirdeki hangi mağazada olduğunu görmek için fiyatları karşılaştırırsınız. Artık kimin en ucuza sattığını tahmin etmeniz gerekmiyor.

Randevu Zamanı

Bütün haftayı bu randevuyu dört gözle bekleyerek geçirdiniz. Karen ile buluşmak için hazırlanırken, kendinizi yeniden bir öğrenci gibi hissetmenize şaşırırsınız. Onu yemekten sonra dairenize davet etmeniz durumunda, eskimiş mobilyalarınızda ciddi bir tadilat yapmanız gerektiğine karar verirsiniz. Neyse ki, mutfak tezgâhları ve oturma odası mobilyalarının çoğu programlanabilir maddeden yapılmıştır.

"Molly" dersiniz, "Bana üretici firmanın yeni mutfak tezgâhları ve mobilyalar için olan kataloğunu gösterebilir misin? Mobilyaları yeniden programlamak istiyorum. Oldukça eski görünüyorlar."

En son mobilya tasarımlarının resimleri hemen ekrana gelir.

"Molly, bu mutfak tezgâhının, şu kanepenin ve bu masanın planlarını indirir ve yükler misin, lütfen?"

Siz randevunuz için hazırlanırken, Molly planları indirir ve yükler. Birdenbire mutfak tezgâhı, oturma odasındaki kanepe ve masa yavaş yavaş çözülmeye başlarlar, en sonunda macuna benzer bir şeye dönüşürler ve sonra yavaş yavaş yeni şekillerini almaya başlarlar. Bir saat içinde, daireniz yepyeni bir görünüm alır. (Son zamanlarda, internetteki gayrimenkul bölümüne baktığınızda, programlanabilir maddeden yapılmış evlerin moda haline gelmeye başladıklarını fark ettiniz. Aslına bakılırsa sizin mühendislik şirketinizin de, çölde tüm bir şehri tamamen programlanabilir maddeden yapma planları var. Bir düğmeye basıyorsun ve -puff!- birdenbire bir şehir ortaya çıkıyor.)

Dairenizin hâlâ biraz donuk göründüğüne karar verirsiniz. Elinizi sallarsınız ve duvar kâğıdının desen ve rengi hemen değişir. Duvarları yeniden boyatmak zorunda kalmaktansa akıllı duvar kâğıdına sahip olmanın kesinlikle daha iyi olduğunu söylersiniz kendi kendinize.

Yol üzerinden biraz çiçek kaparsınız ve sonra randevulaştığınız kişiyle buluşursunuz. Şaşırırsınız, hoşunuza gider. Ona hemen kanınız kaynar. İçinizde bir şeyler kıpırdanmaktadır. Akşam yemeğinde Karen'ın bir sanatçı olduğunu öğrenirsiniz. Normalde beş parasız, açlıktan ölmemek için kaldırım boyunca

üç kuruşa resim satıyor olması gerektiğinin esprilerini yapar. Tam tersine, o çok başarılı bir Web tasarımcısıdır. İşin doğrusu, kendisine ait bir şirketi var. Öyle görünüyor ki, herkes Web için en son tasarımları istiyor. Yaratıcı sanata yönelik devasa bir talep var.

Karen parmakları ile havada bazı daireler çizer ve ona ait bazı animasyonlar havada belirir. "Son çalışmalarımın bazıları işte bunlar" diye gururla konuşur.

"Biliyorsun, ben bir mühendis olarak bütün gün robotlarla çalışırım. Bazıları oldukça gelişmiştir, ama zaman zaman oldukça aptal davranışlar da gösterirler. Sizin çalışma alanınız ne durumda? Robotlar ilerleme kaydediyorlar mı?" diyerek bir yorumda bulunursunuz.

"Kesinlikle hayır." diye karşı çıkar. Karen, yalnızca yaratıcı insanlar ile çalıştığını, en değerli ürünlerin hayal gücüyle ortaya çıktığını ve en gelişmiş robotların bile bundan yoksun olduğunu söyler.

"Biraz eski kafalı olabilirim, ama benim çalışma alanımda, biz robotları yalnızca kopya çıkartmak ya da büro işlerini yaptırmak için kullanırız." diye gururla söyler. "Ama bir gün, bir fıkra anlatmak, bir roman yazmak, ya da bir senfoni eseri yaratmak gibi, robotların gerçekten orijinal bir şey yaptıklarını görmek isterim."

Bu henüz gerçekleşmedi, ama olabilir, diye düşünürsünüz kendi kendinize.

Karen konuşurken, bir soru zihninizden geçer. Kaç yaşında acaba? Yaşlanma süreci yıllar önce tıbbi olarak yavaşlatıldığı için, insanlar herhangi bir yaşta olabilirler. Ona ait Web sitesi kaç yaşında olduğunu söylemiyor. Ancak, yirmi beşin bir gün bile üstünde görünmüyor.

Onu evine bıraktıktan sonra, boş boş hayal kurmaya başlarsınız. Acaba onun gibi bir kişiyle yaşamak nasıl olur? Hayatınızın geri kalanını onunla geçirmek? Ama sizi rahatsız eden bir şey var. Tüm gün başınızın etini yemiştir.

Duvar ekranına yüzünüzü döner ve "Molly, benim için Doktor Brown'ı ara lütfen." dersiniz. Robot doktorlara günün her

saatinde ulaşabilmekten memnun olursunuz birden. Hiçbir zaman şikâyet etmezler ya da sızlanmazlar. Böyle bir şey programlamalarının bir parçası değildir.

Doktor Brown'ın görüntüsü birdenbire duvar ekranında belirir. "Evlat, seni rahatsız eden bir şey mi var?" diye babacan bir şekilde sorar.

"Doktor, size son zamanlarda beni rahatsız etmekte olan bir soruyu sormam gerekiyor."

Doktor Brown, "Evet, nedir o?" diye sorar.

"Doktor" dersiniz, "Benim ne kadar yaşayacağımı düşünüyorsunuz?"

"Yaşam sürenizin ne kadar olduğunu mu ima ediyorsunuz? Pekâlâ, ama gerçekten bilmiyoruz. Kayıtlarınız sizin yetmiş iki yaşında olduğunuzu söylüyor, ama biyolojik olarak organlarınız muhtemelen otuz yaşındadır. Siz, uzun yaşaması için genetik olarak yeniden programlanan ilk nesildensiniz. Yaşlanmayı durdurmayı seçtiğinizde yaşınız otuz civarındaydı. Sizin neslinizden, henüz yeterli sayıda ölen yok, dolayısıyla üzerinde çalışacak bir veriye sahip değiliz. Bu nedenle, ne kadar yaşayacağınızı bilmemizin bir yolu da yok."

"O zaman benim sonsuza kadar yaşayacağımı mı düşünüyorsunuz?" diye sorarsınız.

"Ve ölümsüz olabilir misiniz?" Dr. Brown kaşlarını çatar. "Hayır, öyle olduğunuzu düşünmüyorum. Henüz ölçülmemiş, oldukça uzun bir ömür süresine sahip olan birisiyle, sonsuza kadar yaşayan birisi arasında büyük bir fark var."

"Ama eğer yaşlanmıyorsam" diye karşı çıkarsınız, "o zaman ben bilemem ki ne zaman ... " kendinizi cümlenin ortasında durdurursunuz. "Oldu, tamam ... gördüğün gibi, ben yalnızca ... özel biriyle tanıştım ve onunla bir hayat planlamak isteyeceğimi varsayarsak, hayatımdaki aşamaları onunkilerle nasıl ayarlayacağım? Eğer benim neslim ölmek için henüz yeterince uzun yaşamadıysa" diye devam edersiniz, "o zaman, ne zaman evleneceğimi, çocuk sahibi olacağımı ve bir emeklilik planı yapacağımı nasıl bilebileceğim? Hayatımdaki kilometre taşlarını nasıl belirleyeceğim?"

Doktor Brown, "Ben bu sorunun yanıtını bilmiyorum. Görüyorsun, insan ırkı bir tür kobaydır artık." der. "Üzgünüm, John. Burada meçhul sulardasın."

Sonraki Birkaç Ay

Sonraki birkaç ay siz ve Karen için harika bir sürpriz olur. Onu bir sanal gerçeklik[5] salonuna götürürsünüz ve gülünç, sanal hayatlar yaşayarak, çok eğlenirsiniz. Tekrar çocukluğunuza dönmüşsünüzdür. Boş bir odaya girersiniz. Bir sanal dünya yazılımı, kontakt lensleriniz içine ışınlanır ve tüm görünüm birdenbire değişir. Programın birinde dinozorlardan kaçarsınız, ama nereye koşarsanız koşun, başka bir dinozor çalılardan önünüze fırlar. Bir diğer programda, geminize girmeye çalışan uzaylılar ya da uzay korsanlarıyla mücadele edersiniz. Bir başkasında, tür değiştirmeye karar verirsiniz ve havada süzülen iki kartala dönüşürsünüz. Bir başka programda, romantik bir Güney Denizi adasının tadını çıkarırsınız ya da havaya yayılan güzel bir müzik eşliğinde, ay ışığında dans edersiniz.

Bir süre sonra, siz ve Karen yeni bir şey denemek istersiniz. Sanal hayatlar yaşamak yerine, gerçek olan bir tanesini yaşamak istersiniz. Böylece, her ikinizin de tatil yapma vakti geldiğinde, Avrupa içinde hızlı bir tur atmaya karar verirsiniz.

Duvara, "Molly, Karen ve ben bir Avrupa tatili planlamak istiyoruz. Gerçek bir tatil. Lütfen uçuşları, otelleri ve spesiyaliteleri kontrol et. İlgimizi çekebilecek olası gösteri ya da organizasyonların listesini çıkar. Nelerin hoşumuza gittiğini biliyorsun." dersiniz. Birkaç dakika içinde, Molly detaylı bir güzergâh hazırlamıştır bile.

Daha sonra, Roma Forumu'nun[6] kalıntıları içinde yürürken, kontakt lenslerinizden Roma İmparatorluğu'nun canlandırmalarını görürsünüz. Dağınık sütunların, taşların ve kalıntıların yanlarından geçerken, bir zamanlar Roma İmparatorluğu'nun ihtişamının zirvesinde olduğu o kudrete bakakalırsınız.

---

[5] *virtual reality*

[6] *the Roman Forum*: Roma'da önemli sorunlarının tartışıldığı alan. (ç.n.)

Alışveriş her zaman zevklidir, İtalya'nın yerel dükkanlarında pazarlık yaparken bile. Konuştuğunuz kişinin altında beliren çevirileri açıkça görebilirsiniz. Kılavuz kitaplara ve kullanışsız haritalara gerek de yoktur artık. Her şey kontakt lenslerinizin içindedir.

Geceleri Roma üstündeki gökyüzüne bakarken, kontakt lenslerinizde yıldız kümelerini net bir şekilde görebiliyorsunuz. Gökyüzünü şöyle bir tarayınca, Satürn halkalarının büyütülmüş görüntülerini, havada süzülen kuyruklu yıldızları, güzel gaz bulutlarını ve patlamakta olan yıldızları görebiliyorsunuz.

Bir gün, Karen sonunda sırrını açığa çıkarır, gerçek yaşını söyler. Altmış birdir. Bu yaş sorunu bir şekilde önemini yitirmiştir artık.

"Öyleyse Karen, bu kadar uzun yaşadığımız için artık kendini daha mutlu hissediyor musun?"

"Evet, evet!" diye yanıt verir hemen. "Biliyorsun, büyükannem, kadınların evlendiği, bir aileye sahip olduğu, ya da bunları yapmayıp bir kariyer peşinde koşturduğu bir zamanda yaşadı. Ben üç kariyer yaparak, üç kez reenkarnasyon geçirdim ve asla pişman olmadım. İlk olarak, birkaç ülkede rehberlik yaptım, dünyayı gezdim. Harika bir hayattı. Turizm, pek çok iş yapabileceğin, oldukça büyük bir endüstri. Ancak sonra, kendime daha uygun bir şey yapmak istedim. Bu yüzden bir avukat oldum, mahkemelerde bulundum, önemsediğim insanları savundum. Sonra, sanatsal tarafıma eğilmeye karar verdim ve Web tasarımı şirketimi kurdum. Biliyor musun, hiç robot kullanmadığımı söylemekten gurur duyuyorum. Hiçbir robot rehberlik yapamaz, mahkemede bir davayı kazanamaz ya da güzel sanat eserleri üretemez."

Kendi kendinize, bunu zaman gösterecek, diye düşünürsünüz.

"Dördüncü bir kariyer daha planlıyor musun?" diye sorarsınız.

"Pekâlâ, daha iyi bir şey ortaya çıkarsa belki." Size gülümser.

"Karen" dersiniz sonunda, "eğer yaşlanmayı durdurursak, bilirsin işte, evlenmen, çocuk sahibi olman ve bir aile olman için

en uygun zamanı nasıl belirlersin? Biyolojik saat onlarca yıl önce pencereden çıkıp gitti. Bu yüzden ben düşünüyordum da, belki de bir yuva kurmanın ve bir aileye sahip olmanın zamanı geldi."

Karen biraz şaşırmış bir şekilde, "Çocuk sahibi olmayı mı kastediyorsun?" der. "Bu, ciddi olarak düşündüğüm bir şey değil. Yani, şimdiye kadar. Bu tamamen doğru adamın gelmesine bağlı." der yaramazca size gülümserken.

Daha sonra, siz ve Karen evliliği ve çocuk için hangi ismi seçebileceğinizi ve ayrıca çocukta hangi genleri istediğinizi tartışırsınız.

Duvar ekranına gider ve "Molly, bana hükümet tarafından onaylanmış en son genlerin listesini verebilir misin?" dersiniz. Listeyi tararken, saç rengi, göz rengi, boy, beden ve hatta bazı kişilik özellikleri için o an sunulan birçok çeşit gen görürsünüz. Bu liste her yıl büyüyor gibidir. Ayrıca tedavi edilebilen kalıtsal hastalıkların uzun bir listesini görürsünüz. Artık, yüzyıllardır ailenizde görülen kistik fibroz[7] hastalığından endişelenmenize gerek yok, rahatlarsınız.

Onaylanmış genler listesini tararken, kendinizi yalnızca geleceğin bir ebeveyni olarak değil, aynı zamanda hayalindeki çocuğu yaratan bir çeşit tanrı gibi hissedersiniz.

Sonra Molly, "Bir bebeğin DNA analizini yapan ve gelecekteki yüzü, vücut şekli ve kişiliği için mantıklı bir tahmin yapabilen bir program var. Bu programı indirmek ve gelecekte çocuğunuzun nasıl görünebileceğini görmek ister misiniz?" der.

"Hayır" dersiniz. "Bazı şeyler gizem olarak kalmalıdır."

Bir Yıl Sonra

Karen şimdi hamiledir, ama doktorları ona, şimdi turistlere de açık olan uzay asansörü ile bir yolculuk yapmasında herhangi bir tehlike olmadığının güvencesini verirler.

"Bilirsin işte" diye Karen'a itiraf edersiniz, "bir çocukken, her zaman uzaya gitmek istedim. Bilirsin, astronot işleri yap-

[7] *cyctic fibrosis*: genellikle çocuklarda, akciğer, karaciğer, pankreas ve bağırsaklarda görülen kalıtsal bir hastalık. (ç.n.)

mak gibi. Her zaman, bir gün tek bir kıvılcımla beni uzaya uçurabilecek milyonlarca galon uçucu roket yakıtı üzerinde oturduğumu düşündüm. Sonra uzay yolculuğuna olan hevesim biraz soğumaya başladı. Ancak uzay asansörü farklı. Temiz, güvenli ve hiçbir karışıklık yok. Uzaya bununla gidilir işte."

Siz ve Karen asansöre bindiğinizde, operatörün "yukarı" düğmesi gibi görünen bir şeyi ittiğini görürsünüz. Bir yanınız bir iç çamaşırı reyonu görmeyi umar. Bunun yerine, kendinizi uzaya doğru yükselirken hissedersiniz. Havada hızla yükselirken yavaş bir ivme hissedersiniz. Asansör göstergesi, "10 km, 20 km, 30 km ..." diye yazmaktadır.

Dışarıdaki manzaranın saniye saniye değiştiğini görürsünüz. Atmosferde yükselirken yanından geçtiğiniz kabarık bulutlara gözünüz takılır bir an. Sonra gökyüzünün rengi maviden mora, mordan koyu siyaha döner ve en sonunda tüm ihtişamlarıyla sizi çevreleyen yıldızları görürsünüz. Daha önce onları hiç görmediğiniz bir şekilde, uzakta alev alev parlayan, takımyıldızlarını ayırt etmeye başlarsınız. Yıldızlar, Dünya'dan göründükleri gibi titreşerek pırıldamıyorlar, aksine, milyarlarca yıldır yaptıkları gibi, parlak bir biçimde size bakıyorlar.

Asansör Dünya yüzeyinden yaklaşık 160 kilometre yukarıda yavaş yavaş durur. Uzaydan, daha önce yalnızca resimlerde gördüğünüz, göz kamaştırıcı bir manzaraya bakarsınız.

Aşağı baktığınızda, Dünya'yı tamamen yeni bir ışık içinde görürsünüz. Okyanusları, kıtaları ve mega kentlerin uzaya ulaşan ışıklarını görürsünüz.

Dünya uzaydan o kadar dingin görünür ki insanların bir zamanlar aptalca sınırlar yüzünden savaşlara giriştiklerine, kan döktüklerine inanmak çok zordur. Hâlâ böyle ülkeler var, ama iletişimin her an ve çok yaygın olduğu bir çağda, onlar bugün oldukça yabani, daha az anlamlı görünüyorlar.

Karen başını omzunuza koyduğu zaman, yeni bir gezegensel uygarlığın doğumuna tanıklık ettiğinizin farkına varmaya başlarsınız. Çocuğunuz bu yeni uygarlığın ilk vatandaşları arasında olacak.

Sonra arka cebinizden eski ve yıpranmış bir kitap çıkarırsınız ve ona yüz elli yıl önce ölen birinin sözcüklerini okursunuz.

Bu, size bir gezegensel uygarlığa ulaşmadan önce insanlığın karşı karşıya olduğu zorlukları hatırlatır.

Mahatma Gandhi bir zamanlar şöyle yazmıştı:

Şiddetin Kökeni:

Çalışmadan zenginlik,
Bilinçsiz keyif,
Karaktersiz bilgi,
Ahlaksız ticaret,
İnsansız bilim,
Özverisiz ibadet,
İlkesiz siyaset.

Notlar

(Yazar isimleri, "Okuma Önerileri" kısmında listelenen kitapları işaret eder.)

Giriş

7 *"Bir Amerikalı, 1 Ocak 1900 tarihli gazetesinde"*: Rhodes, ss. (*sayfalar*) 29-30.

7 *"Vatandaş için idare edilebilir (yönlendirilebilir) balon"*: www.learner.org/workshops/primarysources/corporations/docs/.

8 *"İcat edilebilecek her şey"*: alıntı, Canton, s. (*sayfa*) 247.

8 *"Aktörlerin konuştuğunu duymayı kim ister ki?"*: alıntı, Canton, s. 247.

8 *"Belki de beş bilgisayar için bir dünya pazarı"*: alıntı, Canton, s. 247.

8 *"Bir roketin boşlukta çalışabileceği"*: Cornish, s. 149. Ayrıca bkz. (*bakınız*): "The Facts that Got Away" *New York Times*, November 14, 2001.

1. Bilgisayarın Geleceği: Maddeden Üstün Zekâ

22 *"18.000 vakum tüpü içeren ve 30 ton ağırlığı olan ENIAC":* *Popular Mechanics,* alıntı, Kurzweil, s. 56. Ayrıca bkz.: Andrew Hamilton, "Brains That Click" *Popular Mechanics,* March 1940, s. 258.

24 *"Teknoloji dünyayı düzenleme işinde öyle hünerli ki":* Rhodes, s. 206.

27 *"Bu parçalar en sonunda":* Babak A. Parvie, "Augmented Reality in a Contact Lens", *IEEE Spectrum,* September 2009, www.spectrum.ieee.org/bio-medical/bionics/augmented-reality-in-a-contact-lens/0.

57 *"Deney esnasında, maymunların kendi vücutlarından":* Gary Stix, "Jacking into the Brain – Is the Brain the Ultimate Computer Interface?", *Scientific American,* November 2008, ss. 56–61.

58 *"Bu, onaltıncı yüzyılda teleskopun keşfinden sonra":* Jeff Wise "Thought Police: How Brain Scans Could Invade Your Private Life", *Popular Mechanics,* October 15, 2007, www.popularmechanics.com/science/health/neuroscience/4226614.

59 *"Tamamen yeni ve doğal görüntülerden oluşan büyük bir set içinden": New Scientist,* October 15, 2008, issue 2678.

62 *"Başkalarının düşüncelerinden istifade edebilir miyiz?":* David Baltimore, "How Biology Became Information Science", in Denning, ss. 53–54.

62 *"Bir profesörün dersini ortada keserseniz":* Age. (*yukarıda adı geçen eser*), s. 54.

65 *"Muhtemelen Star Trek 'tricorder'i benzeri bir şey":* Bernhard Blümich, "The Incredible Shrinking Scanner: MRI-like Machine Becomes Portable", *Scientific American,* November 2008, s. 68.

2. Yapay Zekânın Geleceği: Makinelerin Yükselişi

71 *"Bilim İnsanları Makinelerin İnsanları Zekâları ile Alt Etmelerinden Endişe Ediyorlar":* John Markoff, *New York Times,* July 25, 2009, p. A1, www.nytimes.

com/2009/07/26/science/26robot.html?scp=1&sq=Scientists Worry Machines May Outsmart Man&st=cse.

71 *"teknoloji uzmanları dinsel denilebilecek öngörüler":* Age.

74 *"döşeme üzerinde kocaman izler bırakmadan":* Kaku, s. 75.

74 *"Makineler yirmi yıl içinde bir":* Crevier, s. 109.

75 *"Sanki bir grup insan":* Paul W. Abrahams, "A World Without Work", in Denning and Metcalfe, s. 136.

76 *"Günümüzde 49 dolara dünya şampiyonlarından":* Richard Strozzi Heckler, "Somatics in Cyberspace", in Denning, s. 281.

80 *"Bugüne kadar, yapay zeka programları":* Sheffield ve diğ. (*ve diğerleri*), s. 30.

80 *"2007'ye kadar normal bir kişinin" :* Kurzweil, s. 267.

83 *2006'da, 950.000 endüstriyel robotun ve 3.540.000 hizmet: World Robotics 2007,* IFR Statistical Department (Frankfurt: International Federation of Robotics, 2007).

95 *"Beynin nasıl çalıştığının keşfi":* Fred Hapgood, "Reverse Engineering the Brain", *Technology Review,* July 11, 2006, www.technologyreview.com/re-ad_article.aspx?id=17111.

96 *Birkaç hafta boyunca yarı-bilinçli bir durumda kalmış:* John M. Harlow, M.D., "Passage of an Iron Rod Through the Head", *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* 11, May 1999, pp. 281–83, www.neuro.psychi-atryon- line. org/cgi/content/full/11/2/281.

100 *"Bir insan beynini inşa etmek":* Jonathan Fildes, "Artificial Brain '10 Years Away,'" BBC News, July 22, 2009, http://news.bbc.co.uk/2/hi/8164060. stm.

101 *"Bu bir zaman sorunu değil" :* Jason Palmer, "Simulated Brain Closer to Thought", BBC News, April 22, 2009, http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/ tech/8012496.stm.

101 *"Bu zihnin bir Hubble Teleskopu'dur":* Douglas Fox, "IBM Reveals the Biggest Artificial Brain of All Time", *Popular Mechanics,* December 18, 2009, www.popularmechanics.com/technology/engineering/extreme-machines/4337190.

103 *"Bunu çözdükten sonra, insan beynini":* Sally Adee, "Reverse Engineering the Brain", *IEEE Spectrum,* June 2008,

http://spectrum.ieee.org/biome-dical/ ethics/reverse-engineering-the-brain/0.

105 *"Otuz yıl içinde, süperinsan zekası":* Vernor Vinge, "What Is the Singularity?" paper presented at the VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute, March 30–31, 1993. A slightly changed version appeared in *Whole Earth Review,* Winter 1993, http://mindstalk.net/vinge/vinge-sing.html.

105 *"uzaktan da olsa buna benzer bir şey":* Tom Abate, "Smarter Than Thou? Stanford Conference Ponders a Brave New World with Machines More Powerful Than Their Creators", *San Francisco Chronicle,* May 12, 2006, http://articles.sfgate.com/2006-05-12/business/17293318_1_raykurz-weil-machines-artificial-intelligence.

106 *"Beyni bir değirmen büyüklüğüne gelene":* Kurzweil, s. 376. *Filozof David Chalmers bu konu üzerine yazılmış 20.000 makale kataloglamıştı:* http://consc.net/mindpapers.com.

110 *"kendilerinin çok daha muhteşem keşiflerini":* Sheffield, s. 38.

111 *"Bir konuşma teknolojinin giderek hızlanan":* Kurzweil, s. 10.

113 *"Bu, ufuk ötesinden gelen zeki makinelerin":* Abate, *San Francisco Chronicle,* May 12, 2006.

113 *"zeka düzeyi 140 olan insanlar için zeki bir tasarım":* Brian O'Keefe, "The Smartest (or the Nuttiest) Futurist on Earth", *Fortune,* May 2, 2007, http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2007/05/14/100008848/.

114 *"Bu, sanki çok miktarda güzel yiyeceği":* Greg Ross, "An Interview with Douglas R. Hofstadter", *American Scientist,* January 2007, www.amerianscientist.org/bookshelf/pub/douglas-r-hofstadter.

116 *"sosyal olarak zeki varlıklara evrilecek":* P. W. Singer, "Gaming the Robot Revolution", *Slate,* May 21, 2009, www.slate.com/id/2218834/.

117 *"Küçük bir çocukken beyni bir telefon şebekesi":* Rodney A. Brooks, "Making Living Systems", in John Brockman, ed., *Science at the Edge: Conversations with the Leading Scientific Thinkers of Today* (New York: Sterling, 2008), s. 250.

119 *"2100'e geldiğimizde, günlük yaşamımızın her yerinde":* Rodney A. Brooks, "Flesh and Machines", in Denning, s. 63.

120 *"Little League oyunlarında yakalayıcının":* Pam Belluck, "Burst of Technology Helps Blind to See", *New York Times,* September 27, 2009, p. A1, www.nytimes.com/2009/09/27/health/research/27eye.html?_r=1&scp=1&sq="burst of technology"&st=cse.

121 *"Benim için muhteşem birşeydi":* BBC-TV, October 18, 2009.

122 *"Gelecek on ile yirmi yıl içinde":* Rodney A. Brooks, "The Merger of Flesh and Machines", in John Brockman, ed., *The Next Fifty Years* (New York: Vintage, 2002), s. 189.

123 *"Bundan elli yıl sonra":* Age., ss. 191–92.

128 *"Beynim ile bir süperbilgisayar arasında":* Stock, s. 23.

3. Tıbbın Geleceği: Mükemmellik ve Ötesi

136 *"Bugün biyoloji bir bilişim bilimidir":* David Baltimore, "How Biology Became an Information Science", in Denning, s. 43.

137 *"Kendinize ait genoma bakarken güçlü":* Nicholas Wade, "Cost of Decoding a Genome Is Lowered", *New York Times,* August 10, 2009, s. D3, www.nytimes.com/2009/08/11/science/11gene.html.

143 *"Embriyonik kök hücleleri iyiyi, kötüyü ve çirkini temsil eder":* Jeanne Lenzer, "Have We Entered the Stem Cell Era?" *Discover,* November 2009, s. 33, http://discovermagazine.com/2009/nov/14-have-we-entered-the-stem-cell-era/article_view?b_start:int=1&-C=.

145 *"Muhteşem bir şeydi bu":* Age.

148 *2001'e gelene dek, tüm dünyada:* Stock, s. 5.

149 *Ama başarısızlıklar da yaşandı:* Age., s. 36.

151 *"Bugün gördüklerimiz kansere bakışımızı değiştirecek":* Kate Kelland, "Gene Maps to Transform Scientists' Work on Cancer", Reuters, December 18, 2009.

152 *"Kanser, terapilerimize karşı, bizi devamlı":* David Baltimore, "How Biology Became an Information Science", in Denning, s. 54.

154 *"Homo sapiens*, tam olarak özgür olan ilk canlı türü": Kurzweil, s. 195.
156 *"Tek eşlilik gibi kompleks sosyal davranışların evriminde":* Stock, s 108.
157 *"Sanki çok fazla hatırlıyorlar":* Jonah Lehrer, "Small, Furry ... and Smart?" *Nature* 461 (October 2009): 864.
158 *"Anlama yeteneğinin önündeki engeller çok büyüktü":* Age.
158 *Aslında, bilim insanları unutma ve hatırlama:* Jonah Lehrer, "Smart Mice", *The Frontal Cortex*, October 15, 2009, http://scienceblogs.com/cortex/2009/10/smart_mice.php.
159 *"İyi görünümlü insanların daha başarılı":* Sheffield ve diğ., s. 107.
162 *"Biyolojide ölümün kaçınılmazlığını işaret eden":* Kurzweil, s. 320.
164 *"Eğer insanlarda age-1 gibi bir gen varsa":* Kaku, s. 211.
165 *En sonunda, 2009'da, çok uzun zamandır:* Nicholas Wade, "Tests Begin on Drugs hat May Slow Aging", *New York Times*, August 17, 2009, s. D4, www.nytimes.com/2009/08/18/science/18aging.html?ref=caloric_restriction.
167 *Bilim insanları, sirtuin etkinleştiricilerinin, fareleri:* Nicholas Wade, "Quest for a Long Life Gains Scientific Respect", *New York Times*, September 29, 2009, s. D4, www.nytimes.com/2009/09/29/science/29aging.html?ref = caloric_restriction.
168 *Meslektaşı Sinclair, işin doğrusu, her gün:* Nicholas Wade, "Scientists Find Clues to Aging in a Red Wine Ingredient's Role in Activating a Protein", *New York Times*, November 26, 2008, s. A30, www.nytimes.com/2008/11/27/health/27aging.html?scp=6&sq=sinclair%20resveratrol&st=cse.
169 *"Beş ya da altı ya da yedi yıl içinde":* Wade, "Quest for a Long Life", *New York Times*, September 28, 2009, s. D4, www.nytimes.com/2009/09/29/ science/29aging.html?ref=caloric_restriction.
171 *"Yirmi otuz yıl içinde bu tür müdaheleler":* Kurzweil, s. 253.

173 *"Tanrı'yı oynamaktan duyduğumuz ızdırap ve daha uzun":* Stock, s. 88.
173 *Bilim insanları 2002'de, ellerindeki en iyi nüfus:* Ciara Curtin, "Fact or Fiction?: Living People Outnumber the Dead", *Scientific American,* March 2007.
173 *İnsan ırkına her yıl 79 milyon insan katılıyor:* Brown, s. 5.
177 *"2050'ye kadar, [yaşamın] dilini konuşabileceğimize inanıyorum":* Richard Dawkins, *A Devil's Chaplain: Reflections on Hope, Lies, Science, and Love* (New York: Houghton Mifflin Mariner, 2004), s. 113.
177 *Çok daha ilginç olan ise genomun 118 harf taşıyan:* Katherine S. Pollard, "What Makes Us Human?" *Scientific American,* May 2009, s. 44.
180 *Sonra da, bu hücre embriyonik durumuna geri:* Nicholas Wade, "Scientists in Germany Draft Neanderthal Genome", *New York Times,* February 12, 2009, s. A12, www.nytimes.com/2009/02/13/science/13neanderthal.html?scp=3&sq=neanderthal&st=cse.
180 *"Onları Harvard'a mı yoksa bir hayvanat bahçesine":* Age.
180 *"kuşkusuz etik kaygılara yol açacaktır":* Dawkins, s. 114.
180 *"Bir yıl önce, bunun bilimkurgu olduğunu söylerdim":* Kate Wong, "Scientists Sequence Half the Woolly Mammoth's Genome", *Scientific American,* January 2009, s. 26, www.scientificamerican.com/article.cfm?id=woolly-mammoth-genome-sequenced.
189 *"Geleneksel Darwin evrimi şu an insanlarda":* Stock, s. 183.

4. Nanoteknoloji: Hiçbir Şeyden Her Şey mi?

194 *"Nanoteknolojinin en büyük hayali, atomları temel":* Carl T. Hall, "Brave New NanoWorld Lies Ahead, "San Francisco Chronicle, July 19, 1999, http://articles.sfgate.com/1999-07-19/news/17694442_1_atom-olecules-nanotech.
194 *"En nihai amaç, yalnızca toz parçacıkları boyutunda":* Age.
195 *"Nanoteknoloji insan performansını arttırma":* alıntı, Kurzweil, s. 226.

204 *Bu nanoparçacıkların püf noktası büyüklükleridir:* James R. Heath, Mark E. Davis, and Leroy Hood, "Nanomedicine—Revolutionizing the Fight Against Cancer", Scientific American, February 2009, s. 44.

204 *"Kendiliğinden oluşma, karışık birçok kimyasal adımın":* Emily Singer, "Stealt
Nanoparticles Attack Cancer Cells", Technology Review, November 4, 2009,
www.technologyreview.com/business/23855/.

205 *"Bu temelde, bir kanser hücresini kaynayan":* "Special Gold Nanoparticles Show Promise for 'Cooking' Cancer Cells", www.eurekalert.org/pub_ releases/2009-03/acs-sgn030909.php.

206 *Bir moleküler makineyi yönlendirmenin bir diğer:* Thomas E. Mallouk and Ayusman Sen, "How to Build Nanotech Motors", *Scientific American*, May 2009, s. 72.

210 *"Günümüzde klinik bir kanser biyo-işaretçi örneğinin":* Katherine Harmon, "Could a Microchip Help to Diagnose Cancer in Minutes", *Scientific American* blog post, September 28, 2009, http://www.scientificamerican.com/blog/post.cfm?id=could-a-microchip-help-to-diagnose-2009-09-28.

212 *"Moore yasası ne zaman çökecek?": Electronic News,* September 18, 2007, www.edn.com/article/CA647968.

212 *"En az bir onbeş-yirmi yıl daha Moore yasası ile": Electronic News,* July 13, 2004. See also Kurzweil, s. 112, and www.nanotech-now.com/news.cgi? story_id=04803.

216 *"Fizikçinin bakış açısından, grafen bir altın madenidir":* Alexis Madrigal, "Scientist Builds World's Smallest Transistor, Gordon Moore Sighs with Relief", *Wired,* www.wired.com/wiredscience/2008/04/scientists-buil/.

216 *"Elde edebileceğiniz en küçük [transistör] budur":* Age.

218 "2050'ye geldiğimizde, oda sıcaklığında çalışan": Vint Cerf, "One Is Glad to Be of Service", in Denning, s. 229.

221 *"Taşınabilir bir cihaz düşünün":* Sharon Gaudin, "Intel Sees Future with Shape-shifting Robots, Wireless Power", *Computerworld,* August 22, 2008,

www.computerworld.com/s/article/9113301/Intel_sees_futu-
re_with_shape_shifting_robots_wireless_power?taxonomy Id=12&pageNumber=2.

222 *"Önümüzdeki kırk yıl içinde, bu sıradan bir teknoloji olacak":* Age.

224 *"Neden olmasın? Üzerinde düşünmeye değer ilginç bir konu":* Age.

227 *"Nasıl bir delikanlıyı ve bir kızı birbirlerine":* "Rudy Baum, "Nanotechnology: Drexler and Smalley Make the Case for and Against 'Molecular Assemblers,' " *Chemical & Engineering News* 81, December 1, 2003, ss. 37–42, http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html.

232 *"Olur da kendi kendine toplanan bir makine":* BBC/Discovery Channel, *Visions of the Future,* Part II, 2007.

234 *"Nanoteknoloji, fotolitografinin geliştiği gibi gelişecek":* Rodney A. Brooks, "Flesh and Machines", in Denning, s. 63.

5. Enerjinin Geleceği: Yıldızlardan Enerji

237 *Dünya toplamda 14 trilyon wattlık bir güç harcamaktadır:* Kurzweil, a. 242.

237 Amerika *Birleşik Devletleri'nin petrol rezervlerinin hızla tükendiğini:* www.mkinghub-bert.com/speech/prediction.

239 *"Gıda ve kirlilik birincil sorunlar değildir":* Sheffield, s. 179.

241 *Çin yakında rüzgar enerjisi üretiminde:* www.gwec.net/index.php?id=125.

244 *"Burada General Motors'ta, tüm dahiler":* Tad Friend, "Plugged In", *The New Yorker,* August 24, 2009, ss. 50–59.

246 *"Elinizi egzoz borusuna koyuyorsunuz":* "GM Convinced the Future Is in Fuel Cells", CBS News, September 11, 2009, www.cbsnews.com/stories/
2009/09/11/tech/main5302610.shtml?tag=mncol;lst;6.

252 *Bu tesis, 6,5 milyon metre-karelik bir arazinin 800 bin metre-karelik:* Business Wire, www.businesswire.com/portal/ge/index. Ayrıca bkz. www.swampfox.ws/node/26502.

254 *Grönland'ın buz sahanlığı 2007 yılında 62 kilometre-kare küçüldü:* Brown, s. 63.

254 *On binlerce yıldır durağan olan Antarktika buzulu:* Brown, s. 64.

254 *Colorado Üniversitesi'nin Arktik ve Alp Araştırma Enstitüsü'ndeki:* Brown, s. 65.

255 *1900 yılında, dünya 150 milyon varil petrol tüketti:* Brown, ss. 56–57.

259 *"Sınırlarında mültecilerle çarpışan Pakistan, Hindistan ve Çin'in":* Peter Schwartz and Doug Randall, "An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National Security", Global Business Network, October 2003, s. 18. Bu Raporun PDF dokümanı için bkz.: www.gbn.com/search.php?topnavSearch=envision+pakistan%2C+india&x=0&y=0.

262 *Ancak, denizlere bırakılabilecek atıklar konusunu düzenleyen:* Cornelia Dean, "Experts Ponder the Hazards of Using Technology to Save the Planet", *New York Times,* August 12, 2008, s. F4, www.nytimes.com/2008/08/12/health/12iht-ethics.3.15212327.html?_r=1&scp=10&s=planktos&st= cse.

262 *Sıvılaştırılmış gaz yerin 2400 metre altına:* Matthew L. Wald, "Refitted to Bury Emissions, *Plant Draws Attention", New York Times, September 29, 2009, s. A19, www.nytimes.com/2009/09/22/science/earth/22coal.html?ref=american_electric_power_company.*

262 *"Bizler genomları, hücrenin yazılımı, hatta .... Zaten gezegenimiz üzerinde bunu nasıl .... Bizler, bu alanın, muhtemelen bir on yıl":* J. Craig Venter, alıntı, *Oil and the Future of Energy: Climate Repair, Hydrogen, Nuclear Fuel, Renewable and Green Sources, Energy Efficiency,* editors of Scientific American (Guilford, Conn.: Lyons Press, 2007), ss. 220–21. Venter'in bir sunumundan: "Synthetic Genomics" at the Conference on Synthetic Biology (SB2.0), Berkeley, California, May 20, 2006. Ses kaydı için bkz.: http://webcast.berkeley.edu/event_details.php?webcastid=15766.

263 *"karbon bankası":* Freeman J. Dyson, "Can We Control the Carbon Dioxide in the Atmosphere?" *Energy* 2 (1977): ss. 287–91.

264 *30 mililitrelik bir bardak su, 500.000 varil petrolün enerji içeriğine:* Sheffield, s. 158.

265 *"Arjantinlilerin kullandığı diğer materyalin ne olduğunu":* Ralph Lapp, alıntı, "Perón's Atom", *Time,* April 2, 1951, www.time.com/time/magazine/ article/0,9171,814503,00.html.

265 *"Çok daha az":* Seife, s. 76.

269 *"Santral yerle bir olsa bile, tel örgülerin":* W. Wayt Gibbs, "Plan B for Energy: 8 Revolutionary Energy Sources", *Scientific American,* September 2006; yeni basım, April 2, 2009, www.scientificamerican.com/article. cfm?id=plan-b-for-energy-8-ideas.

270 *"On yıl önce, bazı bilim insanları, füzyonun":* Age.

271 *Topakçıktaki düzensizlik 50 nanometreden:* Seife, s. 211.

273 *Haznenin ağırlığı toplamda 23.000 ton olacaktır ... başlangıçta reaktöre giren enerji miktarının on katını:* ITER, www.iter.org/factsfigures.

274 *ITER hâlâ yalnızca bir bilim projesidir:* Gibbs, "Plan B", *Scientific American,* September 2006.

284 *"SSP bize, tamamen sürdürülebilir, küresel ölçekli":* Scientific American dergisi editörleri, *Oil and the Future of Energy,* s. 217.

284 *Washington Post'ta yazan bilimkurgu yazarı Ben Bova:* Ben Bova, "To the Next President" (orijinal başlık: "An Energy Fix Written in the Stars", guest editorial, *Washington Post,* October 12, 2008), www.nss.org/settlement/ssp/bova.htm.

285 *"Kulağa bilimkurgu çizgi film gibi geliyor": International Herald Tribune,* September 2, 2009, s. 14. Ayrıca bkz.: Shigeru Sato and Yuji Okada, "Mitsubishi, IHI to Join $21 Bln Space Solar Project", August 31, 2009; www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=aJ529lsdk9HI.

285 *"Bu giderlerlerin mevcut tahminlerin yüzde birine indirilmesi":* Shigeru Sato and Yuji Okada, "Mitsubishi, IHI to Join $21 Bln Space Solar Project", Bloomberg, August 31, 2009, www.bloomberg.com/apps/news?pid= newsarchive&sid=aJ529lsdk9HI.

6. Uzaya Yolculuğun Geleceği: Yıldızlara Yolculuk

291 *Bir olasılık Europa Buz Kırma Uydusu'dur:* http://science.nasa.gov/sci-ence-news/science-at-nasa/1999/ast02feb99_1/.

302 *Ayda her şeyin gidişatını değişteren olay:* http://lcross.arc.nasa.gov.

310 *"Bu belirsiz bir pazar": New York Times,* September 16, 2010, s. A3.

310 *Fizikçi Freeman Dyson, gökleri bir gün ortalama:* Dyson, ss. 88–99.

314 *"İletim hatları için tonlarca [nanotüp] yapmanız":* Katherine Bourzac, "Making Carbon Nanotubes into Long Fibers", *Technology Review,* November 10, 2009, www.technologyreview.com/energy/23921/.

318 *Başlangıçta görev o kadar zordu ki hiç kimse*: BBC-TV, November 5, 2009.

320 *Ama en sonunda, Mayıs 2010'da, Japon Uzay Keşif Ajansı:* http://en.wiki-pedia.org/wiki/Ikaros.

321 *"Benim için, Orion.... Bir seyahat ile 2000 bombadan":* Nicholas Dawidoff, "The Civil Heretic", *New York Times,* March 25, 2009, www.nytimes.com/2009/03/29/magazine/29Dyson-t.html?pagewanted=7&_r=1.

326 *"Güneş Sistemi'nin keşfi, küçük ama güçlü":* Vint Cerf, "One Is Glad to Be of Service", in Denning, ss. 229–30.

327 *2007 ve 2009'da, Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri:* Scott A. Dickson, "Enabling Battlespace Persistent Surveillance: The Form, Function and Future of Smart Dust", April 2007 (Blue Horizon Paper, Center for Strategy and Technology, Air War College).

7. Sermayenin Geleceği: Kazananlar ve Kaybedenler

335 *"Müslüman âlimlerin, bilgi edinmeyi":* Umi Hani Sharani, "Muslims Almost Totally Dependent on Others, Says Mahathir", Muslim Institute, April 15, 2006, www.musliminstitute.com/article.php?id=499.

340 *"Tanrı korusun. Aynen buhar motorunda olduğu gibi":* William J. Holstein, "To Gauge the Internet, Listen to the Steam Engine", *New York Times,* August 26, 2001, http://www.nytimes.com/2001/08/26/business/26SVAL.html?scp=1&sq=%22to%20gauge%20the%20internet%22&st=cse.

341 *"1780'den sonra İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki":* Virginia Postrel, "Avoiding Previous Blunders", *New York Times,* January 1, 2004, www.nytimes.com/2004/01/01/business/01scene.html.

342 *"Yüzyıl önce, demiryolu şirketleri New York Borsası'nda":* Age.

342 *"19. yüzyılda, Amerika'da demiryolunun hızlı bir çıkışı":* Thomas L. Friedman, "Green the Bailout", *New York Times,* September 28, 2008, s. WK11, www.nytimes.com/2008/09/28/opinion/28friedman.html.

342 *1900 ila 1925 yılları arasında açılan:* Steve Lohr, "New Economy; Despite Its Epochal Name, the Clicks-and-Mortar Age May Be Quietly Assimilated", *New York Times,* October 8, 2001, www.nytimes.com/2001/10/08/business/new-economy-despite-its-epochal-name-clicks-mortar-age-ay-be-quietly.html?scp=30&sq=automobile&st=nyt.

343 *"21. yüzyılın başları finansal sektörler etrafında":* Age.

345 *"İnternetten alım-satıma dayalı kendin-yap":* Charles Gasparino, "Merrill Lynch to Offer Online Trading", ZDNet News, June 1, 1999, www.zdnet. com/news/merrill-lynch-to-offer-online-trading/95883.

345 *"Bir endüstri lideri tarihte nadiren yüz seksen derece":* Age.

348 *"Uygulamada, yığınlar halindeki bu 'bilgi' yalnızca çöptür":* McRae, s. 175.

354 *"Bugün, bilgi ve beceri, tek başlarına karşılaştırmalı":* Thurow, s. 68.
355 *"Diğer her şeyin rekabet denkleminden çıkmasıyla":* Thurow, s. 74.
355 *"İngiltere 1991'de görünmez ihraçlardan":* McRae, s. 12.
355 *"Genel enflasyon etkisi düzeltildikten sonra":* Thurow, s. 67.
357 *"Ellerin ve zihinlerin, tarladan fabrikaya, ofise":* James Grant, "Sometimes the Economy Needs a Setback", *New York Times*, September 9, 2001, www.nytimes.com/2001/09/09/opinion/sometimes-the-economy-eeds-a-setback.html.
359 *"Başarı ya da başarısızlık, bir ülkenin, geleceğin insan-yapısı":* Thurow, s. 72.
359 *"Büyümenin eski motorları – toprak, sermaye":* McRae, ss. 12–13.
360 *"Dünya Bankası, yaklaşık 2,8 milyar insanın":* Toffler, s. 288.

8. İnsanlığın Geleceği: Gezegensel Uygarlık

374 *"İnsanlar kaçınılmaz olarak etraflarına bakmaya başlayacaklar":* Kenichi Ohmae, *The End of the Nation State: The Rise of Regional Economies* (New York: Free Press, 1995), s. 45.
389 *Bin yıl içinde, insanın madde üzerindeki:* Benjamin Franklin, letter to Joseph Priestley, alıntı, Cornish, s. 173.
391 *"Bilim düzenli bilgidir":* http://www.brainyquote.com/quotes/authors/i/immanuel_kant_2.html.
391 *"Şu anda toplumun en keder verici tarafı":* http://www.brainyquote.com/quotes/topics/topic_science4.html.
392 *"Demokrasi, zaman zaman denenmiş diğerleri":* http://www.brainyquote.com/quotes/keywords/democracy.html.
392 *"Demokrasi, hak ettiğimizden daha iyi olmayan":* http://www.brainyquote. com/quotes/authors/g/george_bernard_shaw_2.htm.
393 *"Tarih az ya da çok zırvadır":* alıntı, Rhodes, s. 61.

9. 2100'deki Yaşamdan Bir Gün

410 *Şiddetin Kökeni:*
http://thinkexist.com/quotation/the_roots_of_violence-wealth_without_work/191301.html.

Okuma Önerileri

Archer, David. *The Long Thaw: How Humans Are Changing the Next 100,000 Years of Earth's Climate.* Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009.

Bezold, Clement, ed. *2020 Visions: Health Care Information Standards and Technologies.* Rockville, MD: United States Pharmacopeial Convention, 1993.

Brockman, Max, ed. *What's Next? Dispatches on the Future of Science.* New York: Vintage, 2009.

Broderick, Damien. *The Spike: How Our Lives Are Being Transformed by Rapidly Advancing Technologies.* New York: Forge, 2001.

Broderick, Damien, ed. *Year Million: Science at the Far Edge of Knowledge.* New York: Atlas, 2008.

Brooks, Rodney A. *Flesh and Machines: How Robots Will Change Us.* New York: Vintage, 2003.

Brown, Lester. *Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization.* New York: Norton, 2009.

Canton, James. *The Extreme Future: The Top Trends That Will Reshape the World for the Next 5, 10, and 20 Years.* New York: Dutton, 2006.

Coates, Joseph F., John B. Mahaffie, and Andy Hines. *2025: Scenarios of U.S. and Global Society Reshaped by Science and Technology*. Greensboro, NC: Oakhill Press, 1997.

Cornish, Edward, ed. *Futuring: The Exploration of the Future*. Bethesda, MD: World Future Society, 2004.

Crevier, Daniel. *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*. New York: Basic Books, 1993.

Davies, Paul. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

Denning, Peter J., ed. *The Invisible Future: The Seamless Integration of Technology into Everyday Life*. New York: McGraw Hill, 2002.

Denning, Peter J., and Robert M. Metcalfe. *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*. New York: Copernicus, 1997.

Dertouzos, Michael. *What Will Be: How the New World of Information Will Change Our Lives*. New York: HarperCollins, 1997.

Didsbury, Howard F., Jr., ed. *Frontiers of the 21st Century: Prelude to the New Millennium*. Bethesda, MD: World Future Society, 1999.

———. *21st Century Opportunities and Challenges: An Age of Destruction or an Age of Transformation*. Bethesda, MD: World Future Society, 2003.

Dyson, Freeman J. *The Sun, the Genome, and the Internet: Tools of Scientific Revolutions*. New York: Oxford University Press, 1999.

Foundation for the Future. *Future of Planet Earth: Seminar Proceedings*. Bellevue, WA: Foundation for the Future, 2009; www.futurefoundation.org/ publications/index.htm.

———. *The Next Thousand Years*. Bellevue, WA: Foundation for the Future, 2004.

Friedman, George. *The Next 100 Years: A Forecast for the 21st Century*. New York: Doubleday, 2009.

Hanson, William. *The Edge of Medicine: The Technology That Will Change Our Lives*. New York: Palgrave Macmillan, 2008.

Kaku, Michio. *Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century*. New York: Anchor, 1998.

Kurzweil, Ray. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology.* New York: Viking, 2005.

McElheny, Victor K. *Drawing the Map of Life: Inside the Human Genome Project.* New York: Basic Books, 2010.

McRae, Hamish. *The World in 2020: Power, Culture, and Prosperity.* Cambridge, MA: Harvard Business School, 1995.

Mulhall, Douglas. *Our Molecular Future: How Nanotechnology, Robotics, Genetics, and Artificial Intelligence Will Transform Our World.* Amherst, NY: Prometheus, 2002.

Petersen, John L. *The Road to 2015: Profiles of the Future.* Corte Madera, CA: Waite Group, 1994.

Pickover, Clifford A., ed. *Visions of the Future: Art, Technology and Computing in the Twenty-first Century.* New York: St. Martin's Press, 1994.

Rhodes, Richard, ed. *Visions of Technology: A Century of Vital Debate About Machines, Systems, and the Human World.* New York: Simon & Schuster, 1999.

Ridley, Matt. *The Rational Optimist: How Prosperity Evolves.* New York: HarperCollins, 2010.

Rose, Steven. *The Future of the Brain: The Promise and Perils of Tomorrow's Neuroscience.* New York: Oxford University Press, 2005.

Seife, Charles. *Sun in a Bottle: The Strange History of Fusion and the Science of Wishful Thinking.* New York: Viking Penguin, 2008.

Sheffield, Charles, Marcelo Alonso, and Morton A. Kaplan, eds. *The World of 2044: Technological Development and the Future of Society.* St. Paul, MN: Paragon House 1994.

Stock, Gregory. *Redesigning Humans: Choosing Our Genes, Changing Our Future.* Boston: Houghton Mifflin, 2003.

Thurow, Lester C. *The Future of Capitalism: How Today's Economic Forces Shape Tomorrow's World.* New York: William Morrow, 1996.

Toffler, Alvin, and Heidi Toffler. *Revolutionary Wealth.* New York: Knopf, 2006.

van der Duin, Patrick. *Knowing Tomorrow? How Science Deals with the Future.* Delft, Netherlands: Eburon, 2007.

Vinge, Vernor. *Rainbows End.* New York: Tor, 2006.
Watson, Richard. *Future Files: The 5 Trends That Will Shape the Next 50 Years.* London: Nicholas Brealey, 2008.
Weiner, Jonathan. *Long for This World: The Strange Science of Immortality.* New York: HarperCollins, 2010.

Dizin

1917 Bolşevik Devrimi, 177
1986 Nobel Fizik Ödülü, 241
2001, 90, 178, 272, 460, 493, 497, 505-506, 509
3 *Mach*, 371
60 Minutes, 201
A
A.Q. Khan, 303
A.R. Luria, 189
Abraham Hertzberg, 375
Adam Smith, 422, 426
Adem ve Havva, 192
Affymetrix, 252
AIBO, 112
AIDS, 222, 230
Aisei, 106
Alan Turing, 91
Alaska, xiv, 229, 447
Albert Einstein, 2
Alcino Silva, 189
Aldous Huxley, 190, 223
Aldrin, 365
Alkmene, 184
Allen Teleskop Dizisi, 460
Almaden Araştırma Merkezi, 241
ALS, 66
Altıncı Gün, 173
Alzheimer, 164, 170-171, 183, 200
American Electric Power, 316
Amerikan Doğa Tarihi Müzesi, 437
Amerikan Petrol Enstitüsü, 286
Andre Geim, 259
Ansari X Ödülü, 370
Antarktika, 307, 368, 502
Anthony Atala, 168
Antianjiyogenez, 182
Antonio Damasio, 109
Apophis, 358
Ares I, 361
Argonne Ulusal Laboratuvarı, 247
ARIES-AT, 331
Arizona Devlet Üniversitesi, 39

Arktik ve Alp Araştırma Enstitüsü, 307, 502
Arnold Schwarzenegger, 71, 173, 187, 265
Arthur C. Clarke, 377
Arthur Schopenhauer, 23
ASIMO, 84, 86-87, 101-103, 107, 148
Asilomar, 84-86, 133
ASPM geni, 213
Aşil, 188-189
AT&T, 15
Atala, 168
Atlantik Okyanusu, 280
Atlas Okyanusu, 315
Augustine Komisyonu, 356
Augustine Raporu, 357
Australopithecus, 213
Avatar, 80, 147, 349, 420
Avrupa Birliği, 448
Avustralya, 217, 226, 304
Ayusman Sen, 249
B
Babak A. Parviz, 31
Baldwin, 377
Baltimore, 186
Bangladeş, 210, 312-313
Banteng, 159, 211
Barack Obama, 300, 356
Basel, 55
Batı Avrupa, 402
Batı Nil virüsü, 307
Batı Virginia, 316
BBC, ix, xi, 4, 74, 87, 164, 174, 279, 338, 495, 497, 501, 504
Ben Bova, 285, 343, 503
Benjamin Franklin, 467-468, 506
Bernard Blümich, 75
Beşinci Nesil Bilgisayar Sistemleri Projesi, 89
BeyinKapısı, 65-66
BIND, 246, 247
Bill Gates, 439
Bill Joy, 277
Birinci Dünya Savaşı, 161, 229-230, 408
Birleşmiş Milletler, 210, 307-308, 315
Birmingham Uluslararası Havaalanı, 341
Birmingham Uluslararası Tren İstasyonu, 341
Blade Runner, 136
Blue Gene, 117-120, 122
Blümich, 76-77, 494
Boeing Şirketi, 372
Bombay, 225
Boulder, 196
BrightSource Enerji Şirketi, 293
Britanya İmparatorluğu, 440
Brooklyn, 180
Brooks, 139-140, 142, 146, 496-497, 501, 509
Brown, x, xi, 65, 88, 146, 209, 273, 479, 480-481, 486-488, 499, 502, 509
Brown hareketi, 273
Bucky topları, 243
Buffalo Üniversitesi, 244
Burt Rutan, 370
Bussard, 386, 388
Buz Çağı, 226, 313
Buzz Aldrin, x, 354, 364
Büyük Hadron Çarpıştırıcısı, 390, 397, 458
Büyük Tufan, 192
C
California Teknoloji Enstitüsü, 72
California Üniversitesi, 69, 103, 109, 143, 196, 248, 264, 323, 361

Canton, xi, 493, 509
Cape Canaveral, 6, 372
Carl Sagan, 345
Carl von Clausewitz, 453
Carnegie Mellon Üniversitesi, 60, 269, 397
Carneige Hall, 92
Cascio, 283
CAT, 60, 406
catoms, 266
CAVE, 43
Cenevre, 389, 458
Centaur, 364
CERN, xi, 389-390, 397
Cesur Yeni Dünya, 223
Charles Gasparino, 415, 505
Charles H. Duell, 9
Charles Simonyi, 371
Chelyabinsk, 300
Chemical and Engineering News, 272
Chicago Üniversitesi, 247
Christian Cipriani, 145
Christoph Westphal, 202
Christopher Reeve, 170
Churchill, 25, 470
CIA, xv, 261
Colorado Üniversitesi, 170, 196, 307, 502
Columbia, xii-xiii, 8, 360
Columbia Üniversitesi, 129
Connecticut Eyaleti, 307
Constellation, 356, 360-361
Cornell Üniversitesi, 395
COROT, 347, 460
Cosmos 1, 384
Cosmos Studios, xi, 384
Crockett, 305
Culham Bilim Merkezi, 330
Cyberspace, 7, 495
CYC, 95
Cynthia Breazeal, 111

Ç

Çernobil, 298-299

D

Dan Brown, 389
Dana Andrews, 388
Daniel, xi, xv, 188, 510
Daniel Gilbert, 188
Dante, 189
DARPA, 34, 393
Dave McGinnis, 390
David Baltimore, 72, 157, 162, 182, 494, 497
David E. Baldwin, 324
David Sinclair, 199, 202
Davies, xi, 170, 510
Davy Crockett, 305
Dawkins, 212-214, 216-218, 499
Dawn, 120, 121
Deep Blue, 90, 130, 153
Deimos, 359
Demi Moore, 238
DEMO füzyon reaktörü, 331
Derek Tidman, 375
Detroit, 97, 106, 296
DIII-D, 323
Discovery, ix, 4, 35, 74, 87, 164, 279, 295, 501
Discovery Communications, 295
DNA, 11, 44, 100, 121, 158-167, 174, 182, 193, 201, 203, 211, 213-217, 220, 228-229, 252, 264, 274, 347, 349-350, 474, 480, 490
Doc Brown, 332
Doğa Ana, 26, 96, 99, 121, 137, 141, 219, 249, 258, 274, 278, 327
Doktor McCoy, 106
Donoghue, 65, 66
Dorian Gray'in Portresi, 194

Doris Taylor, 171
Douglas Hofstadter, xii, 125, 131, 136
Dr. Frankenstein, 168
Duke Üniversitesi, 67, 74, 146
Dünya Bankası, 312, 433, 506
Dünya'dan Ay'a, 6, 374
Dwight Eisenhower, 9
E
E. Michael Campbell, 325
E.O. Wilson, 184
Ebola virüsü, 222, 455
Edinburgh Üniversitesi, 174
Edison, 289, 291, 412
Edward Luttwak, 454
Edward Moses, 325
Edwards Hava Kuvvetleri Üssü, 381
EEG, 67-68, 71, 73, 78, 81, 148
Einstein, x, xii-xiii, xv, 11, 141, 155, 240, 292, 352, 386, 389, 457-458, 469
Einstein'dan Ötesi, 4
Eliezer Yudkowski, 138
Emory Üniversitesi, 65, 187
Empire State Binası, 237
Enerji Araştırma Merkezi, 323
Enerji Ekonomisi Enstitüsü, 343
Engizisyon, 402
ENIAC, 26, 494
Enterprise, 29, 280, 391
Eos, 157, 158
EpCAM, 253
Eric Horvitz, 84
Eritropoietin hormonu, 190
Erwin Schrödinger, 161
Eski Dünya, 369
Europa, 348-351, 504
Europa Buz Kırma Uydusu, 350, 504
Europa Jüpiter Sistemi Uydusu, 350
Excalibur KK, 344
Eyfel Kulesi, 330, 376
F
Fantastic Voyage, 244
Farnsworth, 333-334
Farrokh Najmabadi, 323, 331
Fermilab, 389-390
Feynman, 236-237
Fırtına, 21, 190
Filipinler, 314
First Solar, 293
Flash Gordon, 2, 445
Fleischmann, 321-322, 334
Florida, 6, 293, 364, 372, 413
Florida Power & Light Şirketi, 293
fMRI, 68-75
Ford, 289, 296, 412
Francis Crick, 161
Fred Hapgood, 113, 495
Freeman Dyson, xi, 317, 372, 385, 440, 463, 504
Freitas, 205
Friday, 377
Füzor, 334
G
Galapagos Çatlağı, 350
Gargini, 256
Gary Kasparov, 90
Gates, xii
GE-Hitachi Nükleer Enerji, 305
Geleceğe Dönüş, 332, 339
Gen Bencildir, 212
General Atomics, 323, 385
General Electric, 304-305
General Motors, 294-296, 501
George Bernard Shaw, 470
George Church, xi, 215
George Harrison, 47

George W. Bush, 116, 356
Gerald Smith, x, 389
Gerald Sussman, 157
Gerard O'Neill, 370
Gerd Binnig, 241
Gerhard Schröder, 436
Gero Miesenböck, 116
Gılgamış Destanı, 192
Glenn, xiii, 354
Global Bussiness Network, 313
Goddard, xii
Goldilocks bölgesi, 348
Goldstein, 270
Good Will Hunting, 159
Gordon Moore, 25, 256, 500
Gödel, Escher, Bach, xii, 125
GPS, 31, 34, 36, 56, 85, 98, 475
Grafen, 259-260, 500
Greg Stock, 152, 207
Gregory Benford, 190
Grönland, 306, 502
Guarente, 199, 201
Gutenberg, 403, 407
H
H.G. Wells, 220, 225
H1N1, 222, 229, 455
Hamish McRae, 419, 427
Hans Moravec, xiv, 94, 132, 149
Hanson Robotics, 138
HAR1, 214
Harold Gerrish, 391
Harrison Ford, 136
Harry M. Warner, 9
Harry Potter, 52
Harvard, x-xiii, 159, 184, 188, 199, 202, 215, 246-247, 499, 511
Hayalet, 238
Hayat Nedir?, 161
Hayflick sınırı, 205
Hebb kuralı, 92, 186
Heckler, 495
Heinrich Rohrer, 241
Heisenberg belirsizlik ilkesi, 50, 239
Helen Keller, 23
Helmholtz bobini, 76
Henry Ford, 289, 297, 412, 423, 471
Henry Markram, 119
Hera, 184
Hertzberg, 375
Hewlett-Packard, 39, 234
HGH, 225
HIV virüsü, 222
Hiperuzay, 4
Hiroşima, 358
Hitler, 25, 220
Ho Chi Minh, 313
Hollywood, xiv, 7, 29, 71, 84, 118, 125, 173, 209, 289, 343, 395, 419, 420, 428, 449-450, 461
Homeros, 193
Honda, 86, 296
Honey, I Shrunk the Kids, 236
Hood, 254
Horst Stormer, 233
HOX genleri, 219
Huxley, 223, 224
Hüseyin, iv
I
I, Robot, 137
Ian Wilmut, 174
IBM, xiv, 9, 90, 117, 118, 153, 241-243, 408, 495
ICBM, 34
IKAROS, 384
Immanuel Kant, 470
Indian Point, 299
Intel Şirketi, 25, 256

Isaac Asimov, 137, 354, 470
Isaac Newton, 10, 220, 355, 405
ITER, 324, 327, 330-331, 503
İ
İkinci Dünya Savaşı, 95, 121, 220, 301-302, 352, 408, 450
İkinci Nicholas, 177
İlahi Komedya, 189
İleri Çalışmalar Enstitüsü, 440
İleri Telekomünikasyon Araştırmaları Bilgisayarlı Sinir-Bilim Laboratuvarı, 72
İmparator Qin, 193
İncil, 83, 192-193, 228, 279, 403
İnsan Genom Projesi, 121, 123, 162-163, 176, 181
İnsülin-benzeri büyüme faktörleri, 190
iRobot, 140
İspanyol gribi, 229
İzlanda Üniversitesi, 309
J
J. Craig Venter, 317, 502
Jack ve Fasulye Sırığı, 376
Jamais Cascio, 282
James Cameron, 349
James Canton, 285
James Clerk Maxwell, 11, 406
James Tour, 248
James Watson, 157, 161
Japon Ticaret Bakanlığı, 343-344
Japon Uzay Araştırma Ajansı, 344
Japon Uzay Keşif Ajansı, 384, 504
Jason Campbell, 267
Jerome Schentag, 244
Jin Zhang, 248
Joel Garreau, 279
John Donoghue, xi, 65-66
John Elbon, 372
John Glenn, 354
John Steele Gordon, 409
John von Neumann, 133, 153
John Wanamaker, 9
Johns Hopkins Tıp Okulu, 186
Johnson, xiii, 382-384
Joseph Tsien, 185
Joshua Freedman, 69
Joy, xvi
Juan Perón, 320
Jules Verne, 5-7, 374
Julian Simon, 441
Julius Caesar, 471
Jurassic Park, 211, 217
K
Kanser Genom Projesi, 181
Kara Veba, 455
Karasal Gezegen Bulucu, 348
Kardashev, 444, 446, 461-462
Katolik Kilisesi, 175
Keio Üniversitesi, 52
Kendrick Kay, 69
Kensuke Kanekiyo, 343
Kepler Mission teleskobu, 347
Khan, 303
KISMET, 111
Kızıl Hava Kuvvetleri, 300
Kimera, 219
King Kong, 237
Konstantin Tsiolkovsky, 376
Kostya Novoselov, 259
Koyun Dolly, 174
Köln Üniversitesi, 332
Kraliçe Victoria, 176
Kristof Kolomb, 8, 369, 402, 426
Kurzweil, 133-135, 494-496, 498-501, 511
Kutsal Kâse, 199
Kuzey Carolina Devlet Üniversitesi, 35

Kuzey Yarımküre, 313
Kyoto, 71, 148, 452
L
LAGR, 98, 103
Lanza, 158-160, 170, 212, 220
LaserMotive, 380-381
Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı, 118, 324
Lawson kriteri, 319
Lazer Interferometre Uzay Anteni, 351
LCD, 31, 266
LCROSS, 363
LED, 33, 39, 264
Lee Kuan Yew, 438
Leik Myrabo, 373
Leonard P. Guarente, 199
Leonardo da Vinci, 6-7, 10
Leroy Hood, 254, 500
Les Johnson, 382
Lester Thurow, 401, 427, 431
LISA, 351-353
Lincoln Center, 66
Livermore Ulusal Laboratuvarı, 421
Loki, 301
Londra Borsası, 411
Londra Sözleşmesi, 315
Lorentz kuvveti, 397
Los Angeles, 69, 101, 152, 189, 207, 226, 362
Lotus Development Corporation, 135
Louıs Pasteur, 233
Louise Brown, 175
Lozan Federal Teknik Üniversitesi, 119
Lucy Genom Projesi, 213
M
MacArthur Vakfı, 74
Madagaskar, 217, 403
Maglev treni, 341
Magneto, 80
Mağara Adamı İlkesi, 17, 19-20, 150, 152, 226, 281, 284, 420, 452
Mahathir Mohamad, 403
Mallouk, 500
Malthus, 208
Manchester Üniversitesi, 259
Manhattan Projesi, 95, 121
Mark Weiser, xv, 23
Markram, 119-120
Marquess, 174
Mars, xv-xvi, 41, 98, 140, 149, 227, 344, 349, 354, 356-357, 359, 361, 363-369, 381, 389, 398, 401-402, 466, 474, 478
Martel, 250
Martin Fleischmann, 321
Martin Hoffert, 342
Marvin Minsky, xiv, 126, 141
Maryland, 43, 179, 186
Mason Peck, 395, 397-398
Massachusetts Genel Hastanesi, 253
Mavi Beyin Projesi, 119
Max Frish, 28
Max Planck Evrimsel Antropoloji Enstitüsü, 214
Max Planck Institute for Polymer Research, 75
Mayo Clinic, 160
McGinnis, 390
McKinsey & Company, 449
Medical Center, 101
Mekong Deltası, 312
Melekler ve Şeytanlar, 389
MEMS, 243
Men in Black, 240
Merrill Lynch, 415, 505
Mexico City, 455

Mezopotamya, 192
MIT, x-xv, 30, 58, 89, 95, 104, 111, 113, 126, 142, 159, 199, 262, 282, 427-428, 431
MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı, 139
Michael Faraday, 11, 406
Michael J. Fox, 339
Michael Rose, 196
Microsoft, 47, 84, 257, 371, 460
Miesenböck, 116
Miguel A.L. Nicolelis, 67
Ming Hanedanı, 403
Minneapolis, 104
Minnesota Üniversitesi, 171
Minsky, 126, 141
Mir Uzay İstasyonu, 384
Missisipi Nehri Köprüsü, 105
Mitch Kapor, 135
Mitsubishi Electric, 343
MLX01, 341
Montreal Protokolü, 452
Moore, 25, 28, 46-51, 90, 152, 163, 235, 252, 256, 258, 288, 409, 500
Moore yasası, 25, 28, 47, 152, 163, 235, 256, 288, 500
Moravec, 149
More, 25, 280, 496
Moses, 325
Mountaineer enerji santrali, 316
MRI, 13, 44, 57, 75-78, 100, 115, 167, 258, 262, 277, 335, 339, 406, 480, 494
MRI-MOUSE, 76, 77
müItipl miyelom, 202
Mylar reflektörü, 384
N
Najmabadi, 331
NanoSail-D, 384
NASA, x-xv, 25, 135, 297, 342, 346, 356, 358, 361-363, 365, 370, 380, 382, 384, 391, 394-396, 496
NASA Ames Laboratuvarı, 135
NASA Plum Brook İstasyonu, 382
Nature, 65, 498
Nazi, 220
Neandertal, 214-216
Neil Armstrong, 354
Nellis Hava Kuvvetleri Üssü, 293
Neumann, 457-458
Neuromancer, 7
NeuroSky, 68
New York Şehir Üniversitesi, 324, 436
New York Times, xiii, 9, 84, 320, 411, 493-494, 497-499, 502, 504-506
NIF tesisleri, 324
Nicolelis, 67
Nikolai Kardashev, 444
Nikolas Neecke, 55
Nil Deltası, 312
Nissan Motors, 295
NMDA, 185-186
North Carolina, 35, 168, 305
Novoselov, 260
NR2B, 185-186
Nuh Tufanı, 193
O
Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı, 302, 333
Obama, 343, 356, 361, 364, 372
Odin, 301
Odysseia, 193
Ohio, 362, 382, 496
Olanaksızın Fiziği, 4
OLED, 39-40

Olimpos Dağı, 345, 441
Omid Farokhzad, 247
Orion projesi, 305
Ortadoğu, 289
Oscar Wilde, 194
Osmanlı İmparatorluğu, 402-404
Otto von Bismarck, 454
Oxford Ekonomi Tarihi Ansiklopedisi, 410
Oxford Üniversitesi, 116, 212
Oxfordshire, 330
Oz Büyücüsü, 108
Ö
Östrojen, 195
P
p53, 45, 166, 179, 182
Pääbo, 215
Pacifik Gas and Electric Şirketi, 293
Pandora, 233
Paolo Gargini, 256
Paralel Dünyalar, 4
Parkinson, 170-171, 183
Parviz, 31-33
Pas Kuşağı, 50, 435
Patrick, xiii, xv, 238, 511
Patrick Swayze, 238
Pattie Maes, xiii, 58
Paul Abrahams, 89
Paul Allen, 371, 460
Paul Crutzen, 314
Paul Kennedy, 404
Pauli dışarlama ilkesi, 238, 273
Pearl Street İstasyonu, 406
Peck, 395, 396, 397
Pekin Teknoloji Enstitüsü, 55
Penfield, 115
Pennsylvania Eyalet Üniversitesi, 389
Pennsylvania Üniversitesi, 178
Pentagon, 34-35, 38, 89, 115, 118, 124, 305, 313, 369, 393
Pentium, 91, 98, 256-257
Peri tozu, 173
Perón, 320, 503
Peter Diamandis, 374
Peter Glaser, 342
Philip Kuekes, 234
Philo Farnsworth, 333
Phobos, 359
Pinatubo Dağı, 315
Pinokyo, 46, 108
Pittsburgh Üniversitesi, 173
Planck enerjisi, 458
Planetary Society, xii, 384
Planktos, 315
Pons, 321-322, 334
Popular Mechanics, 26, 494-495
Predator, 84-85, 138, 393
Prens Charles, 278
Princeton Üniversitesi, 185, 370
Principia, 405
Prometheus, 233, 285, 511
Q
Quake, 164
R
Radical Evolution, 279
Ragnarök, 301
Ralph Lapp, 320, 503
Ray Kurzweil, xiii, 133
RCA, 334
Rensselaer Teknik Okulu, 373
Resveratrol, 199-202
Reykjavik, 309
Rhode Adası, 307
Rice Üniversitesi, 248, 379
Richard Branson, 371
Richard Dawkins, 212, 499
Richard Feynman, 194, 235, 241

Richard Heckler, 90
Richard Klein, 215
Richard Nixon, 180
Richard Smalley, 234, 272
Richter, 320-321, 334
Robert A. Freitas Jr., 205
Robert Goddard, 9, 373
Robert Lanza, xiii, 158, 211
Robert W. Bussard, 386
Robert Zubrin, xvi, 388
Rodney Brooks, x, 139, 141, 145, 282
Roma İmparatorluğu, 55, 207, 401-402, 448, 488
Ron Marquess, 174
Ronald Reagan, 449
Ronald Richter, 320
Roosevelt, 25
Roslin Enstitüsü, 174
Rover Projesi, 385
Rowan Üniversitesi, 43
Rusi Taleyarkhan, 333
Rusya Bilimler Akademisi, 384
S
Saddam Hüseyin, 303
Sahra Çölü, 292
San Diego, 36, 159, 323
Sanayi Devrimi, 207, 308, 406, 411, 443
Santa Clara Üniversitesi, 394
Santa Cruz, 248
Saturn V, 361
Schuster, 216, 511
SCID, 178
Science, ix, xi-xv, 4, 31, 43, 235, 269, 276, 330, 338, 425, 494, 496-497, 499, 509, 510-512
Scientific American, xi, 272, 494, 499-500, 502-503
Scuola Superiore Sant'Anna, 145
Semicon West, 256
Seth Goldstein, xii, 269
Seth Lloyd, xiii, 262
Seth Shostak, xv, 460
SETI, xv, 459-460
Shakespeare, 21, 471
Shana Kelly, 253
Shen, 103
SIR2, 199, 201
SIV, 222
Sicim teorisi, 4
Sigmund Freud, 140
Silahlı Kuvvetler Yenileyici Tıp Enstitüsü, 172
Silex, 304
Silikon Bilinç, 155
Silikon Çağı, 50, 435
Silikon Vadisi, 23, 50-51, 294, 397, 427, 435, 436
Simonyi, 372
Sinclair, 200-201, 498
Sirtris Pharmaceuticals, 202
Smalley, 272-274, 501
SOD, 196
Soğuk Füzyon Ulusal Enstitüsü, 321
Sony PlayStation, 26
SpaceShipOne, xiii, 370
SpaceShipTwo, 371, 374
SRG, 30
SRT2104, 202
SRT501, 202
STAIR, 97-98, 103
Stanford, xi, xiv-xv, 97, 104, 163, 215, 496
Stanford Üniversitesi, 97
Stanislaw Ulam, 133
Stanley Pons, 321
Stephan C. Schuster, 216
Stephen Badylak, 173
Stephen Davies, 170

Stephen Hawking, 66
Stephen R. Quake, 163
Steve Jobs, 439
Steven Post, 473
Sun Microsystems, 277
SunPower Şirketi, 293
Suretler, 80, 85, 147
Surrogates, 80, 85, 147
Susumu Tachi, 52
Süpermen, 59, 144
Svante Pääbo, 214
Sverdlovsk, 300
Sylvain Martel, 250
Ş
Şarbon, 230
Şinto, 102
T
Tac Mahal, 18
Taleyarkhan, 333
Tanja, 61
Tanja Schultz, 61
Taylor, xv, 171-172, 305-306
Tay-Sachs hastalığı, 177, 180
Terminator 2 Judgment Day, 265
Terminatör, 32, 85, 124, 265
Tesla Motors, 294
Tesla Roadster, 294
Tevatron, 390
The Boys from Brazil, 220
The Empire Strikes Back, 144
The Engines of Creation, 272
The Flight of the Bumblebee, 107
The Fountains of Paradise, 377
The Incredible Shrinking Man, 236
The Oprah Winfrey Show, 201
Theodore Taylor, 305
Things to Come, 220
Thomas Edison, 11, 289, 304, 406, 408, 418
Thomas Johnson, 196
Thomas Mallouk, 249
Thomas Malthus, 207
Thomas More, 280
Thomas Watson, 9
Three Mile Adası, 298-299
Thurow, 427-428, 506, 511
Thwaites Buzulu, 307
Tithonus, 157-158
Tomaso Poggio, xiv, 95
Toronto Üniversitesi, 253
Total Recall, 71
Toyota, 107, 295
Truva Savaşı, 189
Tunguska, 358
Turing makinesi, 91
Tübingen Üniversitesi, 65, 68
Twister, 393
Tyrannosaurus rex, 43, 217
U
UCLA, xi, xv, 101, 152, 189, 207, 226
Ulam, 133
Ulusal Ateşleme Tesisi, 324
Ulusal Nanoteknoloji Girişimi, 235
Ulusal Sağlık Enstitüleri, 176, 179
Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu, 342
Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör, 327
Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktörü, 324
Ural Dağları, 300
URENCO, 303
Utah, 159, 321
Utopia, 280
Uzay Asansörü Oyunları, 380
Uzay İstasyonu, 361, 371-372
Uzay Uçuşları İçin İleri Otomasyon, 394

Uzay Yolu, 10, 29, 42, 44, 59, 75-76, 78, 106, 108-109, 167, 252, 280, 391, 445, 446
Ü
Üçüncü George, 176
V
Valhalla, 441
van der Waals kuvveti, 273
Venter, 317, 502
Venüs, 83, 365, 384
Verne, 5-7, 10, 375
Vernor Vinge, 125, 133, 496
Vikingler, 301
Vint Cerf, 263, 392, 500, 504
Virgin Atlantic, 371
Virgin Galactic, 371
Voyager, 349, 381
Vulcan, 78, 83- 84, 233-234
W
Wake Forest Üniversitesi, 168, 276
Wall Street, 17, 301, 311, 443, 448
Wall-E, 463
Walter, x, 129, 167
Walter Gilbert, x, 167
Walter Mischel, 129
Waseda Üniversitesi, 107
Washington Post, 343, 503
Washington Üniversitesi, 30-31, 254, 375
Watergate Skandalı, 354
Webb Miller, 216
Weimin Shen, 103
Westminster Kilisesi, 220
Wilder Penfield, 114
William F. Buckley, 24
William Gibson, 7
William Haseltine, 203
Wisconsin Üniversitesi, 198
WMAP, 351
World Watch Institute, 209
X
X Prize, 370, 374
X-Men, 79
Y
Yağmur Adam, 153
Yann LeCun, 98
Yapay Zekâ için Tekillik Enstitüsü, 138
Yaratılış, 83, 192
Yasak Gezegen, 21, 80-81
Yeni Ahit, 279
Yeni Dünya, 8, 369, 404, 468
Yıldız Savaşları, 38, 59, 63, 78, 144, 391, 445
Yirminci Yüzyılda Paris, 5
Yucca Dağı, 300
Yudkowski, 138
Yuri Artsutanov, 377
Yüksek Güçlü Lazer Enerjisi Araştırma Tesisleri, 326
Z
Zaman Makinesi, 225
ZDNet, 415, 505
Zeus, 157, 184, 233, 285
Zhang, 397-398
Zürih Araştırma Laboratuvarı, 243

MICHIO KAKU,

New York City University'de teorik fizik profesörüdür ve sicim kuramını bulanlardandır. *Einstein'dan Ötesi*, *Olanaksızın Fiziği* ve *Einstein'ın Evreni* gibi önemli kitapların yazarı olan Kaku, birçok bilimsel TV ve radyo programının da yapımcısıdır.



GELECEĞİN FİZİĞİ

MICHIO KAKU

Michio Kaku, *Geleceğin Fiziği* adlı bu kitabında; önümüzdeki yüzyılın baş döndürücü ve kışkırtıcı bir görünümünü, geleceği laboratuvarlarında şimdiden icat eden, dünyanın önde gelen bilim insanlarıyla yaptığı görüşmelere dayanarak bize aktarıyor. Kaku; tıpta, bilgisayarlarda, yapay zekâda, nanoteknolojide, enerji üretiminde ve uzay yolculuğunda devam eden devrimsel gelişmeleri bilimsel bir bakışla sunuyor.

2100 yılına geldiğimizde; belki de nesneleri zihnimizin gücüyle hareket ettireceğiz. Arabalar kendi kendilerini sürecek, hatta bir hava yastığı üzerinde rahatlıkla uçacaklar. Bu arada, genetik araştırmalarındaki hızlı ilerlemeler, yaşlanmayı yavaşlatabilmemize, hatta tersine çevirebilmemize olanak sağlayacak. İğne büyüklüğündeki uzay gemileri yakın yıldızlara gidecek. Nanoteknolojideki ilerlemeler, atmosferin binlerce kilometre üzerine çıkarabilecek efsanevi uzay asansörüne yol açabilecek. Tüm bu olağanüstü gelişmelerin yanı sıra, duygusal robotlar, antimadde roketleri, X-ışınıyla görme ve yeni yaşam formlarını yaratabilme yetenekleri de geleceğin dünyasında bizleri bekleyecek.

Kaku, belli başlı teknolojilerin ne kadar ileriye gidebileceklerini ve onların nihai sınırları ile risklerini sorguluyor. 2100'e giden yıllara, heyecan verici bir bakış atmak için çok büyük miktarda bilgiyi bir araya getiren *Geleceğin Fiziği*, önümüzdeki yüzyılın nefes kesecek bilimsel devrimlerinin içine doğru muhteşem bir yolculuk sunuyor.

ISBN 978-605-9856-18-8
9 786059 856188
₺25
ODTÜ YAYINCILIK
odtuyayincilik.com.tr